

Національний лісотехнічний університет України
Інститут деревообробних технологій і дизайну
Кафедра технології меблів та виробів з деревини

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

**на тему : Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із
вживаної деревини, м. Львів**



Виконав: студент II курсу, групи ТВД-61м

Галапач Павло Миронович

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»



Керівник: доктор техн. наук, проф. Гайда С.В.

Рецензент:  доц. Петришак І.В. ___

м. Львів – 2024 рік

Національний лісотехнічний університет України

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технології меблів та виробів з деревини

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМВД



проф. Кійко О.А.

“ 11 ” 07 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Галапач Павлу Мироновичу

1. Тема роботи: **Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із вживаної деревини, м. Львів**

керівник роботи: доктор техн. наук, проф. Гайда С.В.

затверджені наказом по університету від 11 липня 2023 року, № С-306

2. Термін подання студентом роботи: 15 грудня 2023 року.

3. Вихідні дані до магістерської роботи:



Опис підприємства, організації, лабораторії. Технологічний процес виготовлення, лабораторія випробування. Існуюче обладнання та пристрої. Техніко-економічне обґрунтування стану питання за показниками за 2022 рік. Аналіз стану питання та завдання досліджень. Особливості перероблення деревини та практичних розробок у деревообробному та меблевому виробництві. Методика проведення досліджень. Відомості з охорони праці та економіки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Техніко-економічне обґрунтування. Науково-методичний розділ. Охорона праці. Розділ з економіки. Висновки. Анотація. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- Генеральний план підприємства. Лабораторії випробувань.
- Техніко-економічні показники.
- Презентація магістерської роботи у вигляді 20 слайдів, представлених у програмі “Power-Point”.

6. Консультанти розділів роботи:


Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Сомар Г.В.		

7. Дата видачі завдання _____ 17.липня 2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз деревинних відходів в Україні	17.07-30.07	Виконав
2.	Теоретичне обґрунтування досліджень	01.08-15.08	Виконав
3.	Складання методики досліджень	16.08-20.08	Виконав
4.	Експериментальні дослідження	21.08-20.11	Виконав
5.	Обробка даних досліджень	16.11-06.12	Виконав
6.	Оформлення рисунків та таблиць	07.12-12.12	Виконав
7.	Написання розділу з економіки	13.12-16.12	Виконав
8.	Написання висновків та пропозицій	11.12-16.12	Виконав
9.	Оформлення пояснювальної записки	10.12-17.12	Виконав
10.	Збір рецензій	18.12-20.12	Виконав

Студент:  студ. Галапач П.М.

Керівник роботи:  проф. Гайда С.В.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
АНОТАЦІЯ.....	6

ВСТУП.....	9
------------	---

Розділ I

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ..	11
1.1. Ліквідна деревина та обсяги заготівлі первинної деревини.....	11
1.2. Додаткові резерви деревинної сировини, зокрема вживаної	13
1.3. Методи отримання криволінійних заготовок з деревини.....	15
1.4. Наукові основи гнуття	15
1.5.. Технологія гнуття деревини.....	20
1.5.1. Виготовлення прямолінійних заготовок.....	20
1.5.2. До гнуттєва пластифікація деревини	21
1.5.3. Процес гнуття деревини	22
1.6.. Особливості гнуття деревини на основі деревинних залишків, відходів та вживаної деревини..	24
1.7. Висновки до першого розділу.....	27

Розділ II

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГНУТТЯ ВЗІРЦІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ	29
2.1. Область експерименту та її аналіз.....	29
2.2. Фактори постійні та змінні для проведення експерименту	30
2.3. Методика оброблення взірців для проведення гнуття	32
2.4. Установка для гнуття для отримання вихідних даних	34
2.5. Висновки до третього методичного розділу	38

Розділ IV

3. ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ТЕРМІНУ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ, ВІКОВИХ КАТЕГОРІЙ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ТА НАСИЧЕНОСТІ ВОЛОГОЮ ВЗІРЦІВ НА ДОВЖИНУ ГНУТОЇ ЗАГОТОВКИ	40
3.1. Статистична обробка даних експерименту для трьох досліджуваних порід із вживаної деревини	40
3.2. Результати експериментального визначення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини	42
3.3. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини ясеня	50
3.4. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини сосни	55
3.5. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини дуба	60
3.6. Висновки до четвертого експериментального розділу	65

Розділ 4.	
ОХОРОНА ПРАЦІ	66
4.1. Особливості охорони праці щодо залучення вживаної деревини до матеріального перероблення	66
4.2. Заходи з охорони праці щодо ефективного залучення вживаної деревини до матеріального перероблення	67
Розділ 5.	
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	69
5.1. Початкові дані для розрахунку кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД	69
5.2. Зведена таблиця розрахунку кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД.....	70
3.2. Висновки до п'ятого розділу.....	71
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	75
ДОДАТКИ	77

Анотація

Проаналізовано стан заготівлі ліквідної деревини в Україні, що становить на рівні 16-22 млн. м³. З'ясовано, що лісистість України нижче середнього і становить 10,4 млн га. З'ясовано проблеми заготівлі первинної деревини: Важкодоступне розташування стиглих лісів. Екологічні обмеження. Відсутність лісозаготівельних доріг. Малий відсоток ділової деревини. Специфічні торги на деревину. Обмеження на продаж у лісництвах. Обмеження на породний склад. Зростаючі витрати на логістику. Проблеми продажу круглого лісу. Занижені ціни на оплату заготівельникам. Проблеми із лісовими залишками та відходами. Перебільшені ціни на дров'яну сировину на нижньому складі. Обґрунтовано, як вирішити проблеми первинної сировини: Заготівля за пріоритетними сортиментами. Продаж за сортністю та класами якості. Перероблення круглого лісу на відповідні сортименти в Україні на 100%. Розроблення лісових доріг. Пропонування адекватних цін на первинну сировину. Не реалізовувати первинну круглу деревину за кордоном. Малим підприємствам встановити середньо зважені обсяги закупівлі на місцях дислокації у безпосередній близькості до лісництв. Активно використовувати залишки та відходи деревини. Знаходити шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини. Обговорено та проаналізовано причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання. Зокрема, це відсутність загально-прийнятої програми, наукової бази, обладнання для подрібнення, пристроїв для очищення, установок для сортування щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення. Описано методи та способи виготовлення отримання кривизни на заготовках: випилювання з дошки або плит, гнуття за заданим контуром; гнуття з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням; гнуття деревини в пресах; склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону. Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD. Обґрунтовано наукові основи гнуття, суть яких у наступному: Створення навантаження більшого за опір деревини. Збільшення довжини опуклого зовнішнього боку заготовки. Зменшення довжини опуклого внутрішнього боку заготовки. Середня лінія гнутої заготовки має однакову довжину як прямолінійна заготовка. Описано операції гнуття з використанням вживаної деревини: вхідний контроль. заготівля. сортування. сушіння під відкритим небом. очищення. відтинання дефектів. поверхневе очищення. видалення металевих включень. створення бази. розкрій згідно специфікацій. гідротермічне оброблення. пропарювання. гнуття. технологічну витримку. сушіння. контроль якості. Розроблено завдання досліджень у відповідності до проаналізованих проблем та актуальності стану питання. Обґрунтовано та проаналізовано область експерименту : вхідні фактори впливають на область експерименту, вхідні фактори мають область, тобто крайні значення, область

значень – це всі значення факторів під час дослідження, вхідні фактори – це керовані фактори, якщо вхідні не міняються то вони контрольовані, область експерименту – це вхідні та вихідні фактори та об'єкт досліджень, Об'єкт досліджень – це матеріал та/або процес над чим працюють, Фактори об'єкта – деревина, технологічні параметри, Фактор деревини – вживана деревина конкретних порід з їх розмірами та вологістю, а також віку спожитої деревини, Фактор технологічний – тривалість гідротермічної обробки, температура взірців. Таким чином, є багато факторів, які мають вплив на об'єкт досліджень. Для реалізації задумів необхідно розробити методичну сітку досліджень та провести повно факторний план експерименту. Обґрунтовано та проаналізовано постійні та змінні для проведення експерименту. Визначено, що постійними будуть: Метод гнуття, Тип гідро-термічної обробки, Умови середовища, Властивості вживаної деревини, щільність зокрема, Умови попереднього використання вживаної деревини, Поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм. Обґрунтовано та проаналізовано та приймаємо за основу досліджень приймаємо три змінних фактори: термін проведення гідротермічної обробки, вік категорій вживаної деревини, насиченість вологою взірців вживаної деревини. Використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва прийнято змінні фактори в таких діапазонах: вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років. термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв. насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%. Проаналізовано вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки: насиченість вологою взірців вживаної деревини – сприяє покращенню гнуття; термін проведення гідротермічної обробки – збільшення часу веде до зростання кількості вологи у взірцях, що сприяє гнуттю. вік вживаної деревини – визначимо в процесі експериментів. Створено методичні сітки досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема ясена, сосни, дуба. Описано всі основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях: підготовка взірців відповідних розмірів 1000x20x10 мм, оброблення температурою 90...95°C. у воді, витримання у ємкості з водою зазначений відлік часу згідно методичної сітки досліджень, забезпечення насиченості вологою контролювання вологості взірців згідно методичної сітки досліджень, застосування приладу для вологості SW-200A, Розглянуто безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях: застосування гнутаючого пристрою. становлення взірця у пристрій, прижим взірця у гнутаючому пристрої у торцевому упорі, повертання важеля за годинниковою стрілкою, огинання заготовки навколо металевого диску, зупинка гнуття тільки при

появі тріщин, замір бездефектної дуги, занесення розмірів у журнал досліджень. Проведено три серії експериментів для трьох найпоширеніших порід вживаної деревини на предмет встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини. Виконано статистичну обробку даних експерименту стосовно встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини. Отримано три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини. Перевірено, що три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини є адекватними. Встановлено, що найменше значення довжини дуги виявлено для деревини дуба, що становить 32,65 мм, потім для деревини сосни, що становить 33,675 мм, а найбільше для деревини ясеня, що становить 35,75 мм. Аналіз довжини дуги залежно від конкретного фактору показав, що збільшення часу термічної обробки збільшує довжину дуги; збільшення вологості вживаної деревини збільшує довжину дуги; збільшення терміну експлуатації вживаної деревини збільшує довжину дуги, тобто чим старіша вживана деревина, тим краще вона гнеться. А це пов'язано з тим, що лігнін в старшій вживаній деревині змінює свої властивості та свою структуру, що сприяє плавному та безперервному якісному гнуттю.

ВСТУП

Актуальність теми. Вживана деревина у найближчому майбутньому може частково доповнювати первинну деревину. Обсяги заготівлі первинної деревини в Україні становлять в межах 16-22 млн. м³. А потенційні обсяги вживаної деревини становлять 1,8-2,1 млн. тон або 3,6-4,0 млн.м³. Тому залучення цього додаткового резерву деревини до матеріального перероблення є актуальною проблемою сьогодення.

Мета – Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із вживаної деревини, як майбутніх заготовок для меблевого виробництва.

Об'єкт – отримання криволінійних заготовок із вживаної деревини.

Предмет – виготовлення гнутих деталей методом гнуття масивної вживаної деревини з попереднім гідротермічним обробленням.

Методи дослідження: планування експерименту, проведення експериментальних досліджень; вимірювання; статистичне оброблення результатів.

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати стан заготівлі ліквідної деревини в Україні, що становить на рівні 16-22 млн. м³. З'ясувати, що лісистість України нижче середнього і становить 10,4 млн га. З'ясувати проблеми заготівлі первинної деревини.

2. Обґрунтувати, як вирішити проблеми первинної сировини.

3. Описати шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини. Обговорити та проаналізувати причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання.

4. Описано методи та способи виготовлення отримання кривизни на заготовках: випилювання з дошки або плит, гнуття за заданим контуром; гнуття з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням; гнуття деревини в пресах; склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону. Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD.

5. Обґрунтувати наукові основи гнуття.

6. Описано операції гнуття з використанням вживаної деревини.

7. Розроблено завдання досліджень у відповідності до проаналізованих проблем та актуальності стану питання

8. Обґрунтувати та проаналізувати область експерименту : вхідні фактори впливають на область експерименту, область значень, область експерименту, предмет досліджень.

9. Обґрунтувати та проаналізувати постійні та змінні для проведення експерименту. Детально описати: метод гнуття, тип гідро-термічної обробки, умови середовища, властивості вживаної деревини, щільність зокрема, умови попереднього використання вживаної деревини, поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм.

10. Обґрунтувати та проаналізувати три змінних фактори: термін проведення гідротермічної обробки, вік категорій вживаної деревини,

насиченість вологою взірців вживаної деревини, використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва прийнято змінні фактори в таких діапазонах: вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років. термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв. насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%.

11. Проаналізувати вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки.

12. Створити методичні сітки досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема ясена , сосни, дуба.

13. Описати всі основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях.

14. Розглянути безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях.

15. Провести три серії експериментів для трьох найпоширеніших порід вживаної деревини на предмет встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

16. Виконати статистичну обробку даних експерименту стосовно встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

17. Отримати три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

18. Перевірити, що три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини є адекватними.

19. Встановити, яка із порід найкраще гнеться та має найдовшу довжину дуги. Виконати обґрунтування щодо особливостей гнуття тої чи іншої породи.

Розділ І

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Ліквідна деревина та обсяги заготівлі первинної деревини

Щороку виконуються планові рубки та проводиться заготівля деревини. Задача не проста, оскільки лісистість України нижче середнього і становить 10,4 млн га. Статистика заготівлі за роками подана у табл. 1.1. та на рис. 1.1.

Табл. 1.1. Заготівля деревини в Україні, млн. м³ в рік

Рік	млн. м ³ в рік
2010	16,146
2011	17,510
2012	17,507
2013	18,022
2014	18,333
2015	21,924
2016	22612
2017	21,923
2018	22,529
2019	20,869
2020	17,826
2021	17,649
2022	15,934



Рис. 1.1. Динаміка деревинної сировини згідно статистичних даних за останні вісім років заготівлі на теренах України

Проблеми заготівлі первинної деревини:

- Важкодоступне розташування стиглих лісів
- Екологічні обмеження
- Відсутність лісозаготівельних доріг
- Малий відсоток ділової деревини
- Специфічні торги на деревину
- Обмеження на продаж у лісництвах
- Обмеження на породний склад
- Зростаючі витрати на логістику
- Проблеми продажу круглого лісу
- Занижені ціни на оплату заготівельникам
- Проблеми із лісовими залишками та відходами
- Перебільшені ціни на дров'яну сировину на нижньому складі.

Вирішення проблеми первинної сировини:

- Заготівля за пріоритетними сортами
- Продаж за сортністю та класами якості
- Перероблення круглого лісу на відповідні сорти в Україні на 100%.
- Розроблення лісових доріг
- Пропонування адекватних цін на первинну сировину
- Не реалізовувати первинну круглу деревину за кордоном.
- Малим підприємствам встановити середньо зважені обсяги закупівлі на місцях дислокації у безпосередній близькості до лісництв.
- Активно використовувати залишки та відходи деревини.
- Знаходити шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини

1.2. Додаткові резерви деревинної сировини, зокрема вживаної

Останніми роками в Україні почали цікавитись вживаною деревиною, потенційні обсяги становлять близько 2 млн. тон.

Причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання.

- Не наявність загально-прийнятої програми щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність наукової бази щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність обладнання для подрібнення щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність пристроїв для очищення щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність установок для сортування щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних

матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність спеціальних приспособлень для розкрою щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність практичних рекомендацій щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність технічних умов щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність майданчиків для заготівлі щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність утилізаційних програм щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність безпечних технологій щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у

виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність сучасних шляхів щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

- Не наявність досвіду якісного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

1.3. Методи та способи виготовлення криволінійних заготовок

Як відомо є кілька методів отримання кривизни на заготовках:

- випилювання з дошки або плит,
- гнуття за заданим контуром;
- гнуття з попереднім пропилюванням;
- гнуття з одночасним склеюванням;
- гнуття деревини в пресах;
- склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону.
- Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD.

1.4. Наукові основи гнуття

Суть наукових основ гнуття деревини наступна:

- Створення навантаження більшого за опір деревини.
- Збільшення довжини опуклого зовнішнього боку заготовки.
- Зменшення довжини опуклого внутрішнього боку заготовки.
- Середня лінія гнутої заготовки має однакову довжину як прямолінійна заготовка. Рис. 1.2.

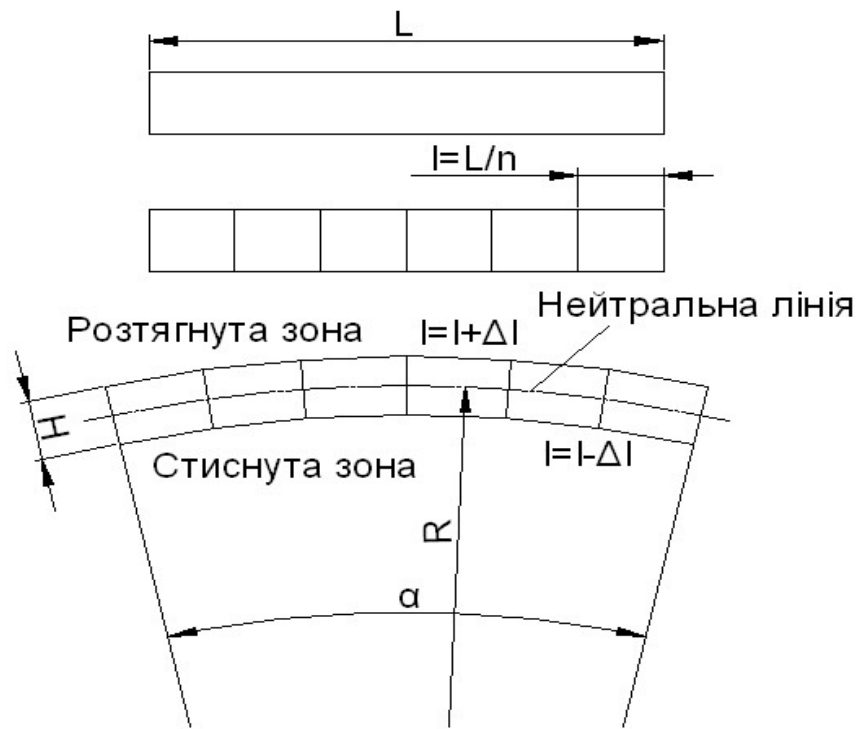


Рис.2.1. Схема гнуття заготовки

Формула довжини заготовки L_0 з радіусом R на кут α (рис.2.2)

$$L_0 = \pi R \frac{\alpha}{180}, \quad (2.1)$$

Довжина заготовки (дуги):

$$L_1 = \pi \left(R + \frac{H}{2} \right) \frac{\alpha}{180}, \quad (2.2)$$

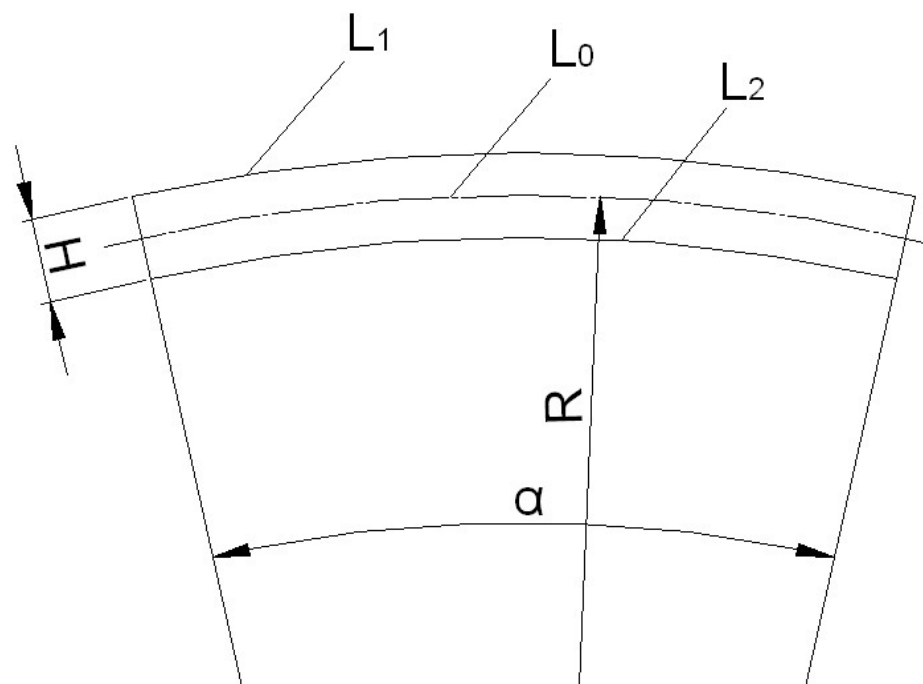


Рис. 2.2. Схема згину

Абсолютне видовження ΔL :

$$\Delta L = L_1 - L_0 = \pi(R + \frac{H}{2}) \frac{a}{180} - \pi R \frac{a}{180}, \quad (2.3)$$

Відносне видовження:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{\pi(R + \frac{H}{2}) \frac{a}{180} - \pi R \frac{a}{180}}{\pi R \frac{a}{180}} = \frac{H}{2R}, \quad (2.4)$$

2.3 Пропарена заготовка має наступні деформації та напруження як на рис.



Рис. 1.3. Криві стиску та розтягу що характеризують видовження та укорочення волокон деревини.

Традиційно відомо, що бездефектне гнуття деревини при $T=20^{\circ}\text{C}$ $W=8\%$ можливе, якщо $\frac{H}{R} = \frac{1}{100} \dots \frac{1}{80}$.

Традиційно відомо, що бездефектне гнуття деревини при $T=60-80^{\circ}\text{C}$ $W=25-30\%$ можливе, якщо $\frac{H}{R} = \frac{1}{100} \dots \frac{1}{80}$.

Традиційно відомо, що бездефектне гнуття деревини при $T=80-95^{\circ}\text{C}$ $W=30\%$ можливе, якщо $\frac{H}{R} = \frac{1}{60} \dots \frac{1}{50}$,

Схема нагрівання деревини на рис. 2.4.

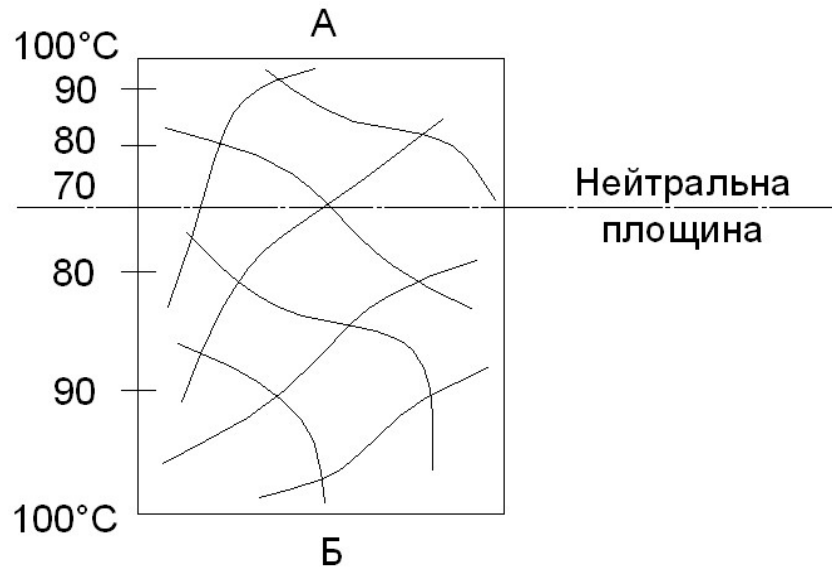


Рис.2.4. Оптимальність нагрівання А – зона, що буде розтягуватись; Б – зона, що буде стискатись

Гнуття з використанням шини на рис. 2.5.

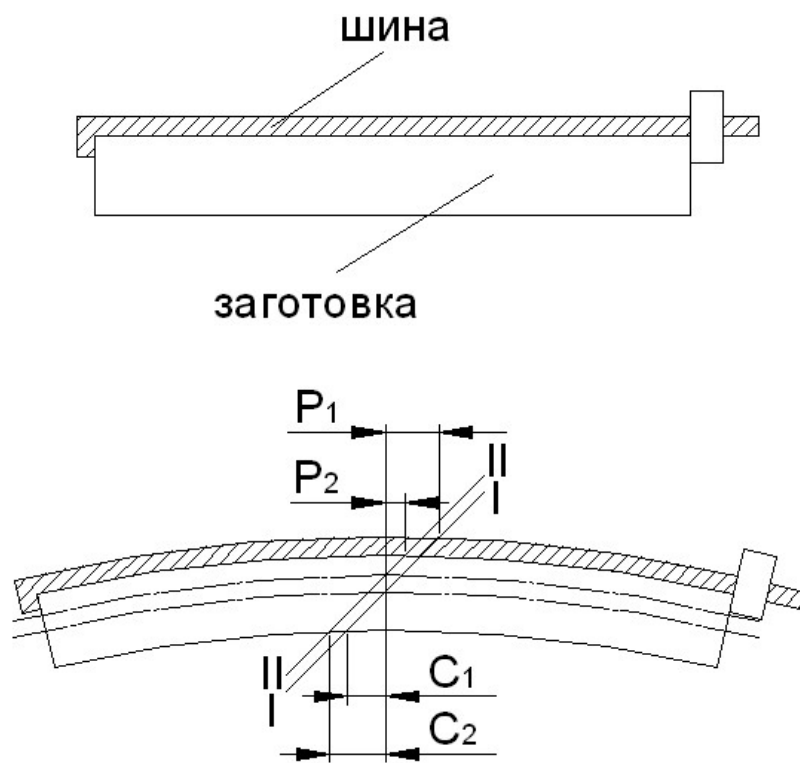


Рис.2.5. Принцип гнуття із шиною

Сьогодні у галузі застосовують шини завтовшки 0,2...2,5 мм і рекомендовано наступні співвідношення наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Відношення $\frac{H}{R}$

Порода	Бук	Дуб	Береза	Ялина	Сосна
$\frac{H}{R}$	$\frac{1}{2,5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5,7}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{11}$

Використання шаблон з насічкою на зовнішній стороні на рис. 2.6.

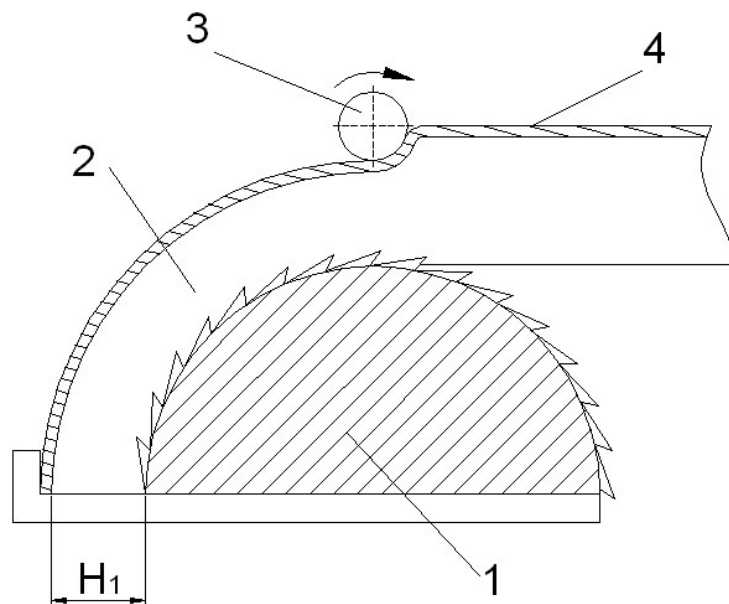


Рис.2.6. Схема гнуття із зубчастим шаблоном

Рух заднього упору у гнута́рному пристрої на рис. 2.7.

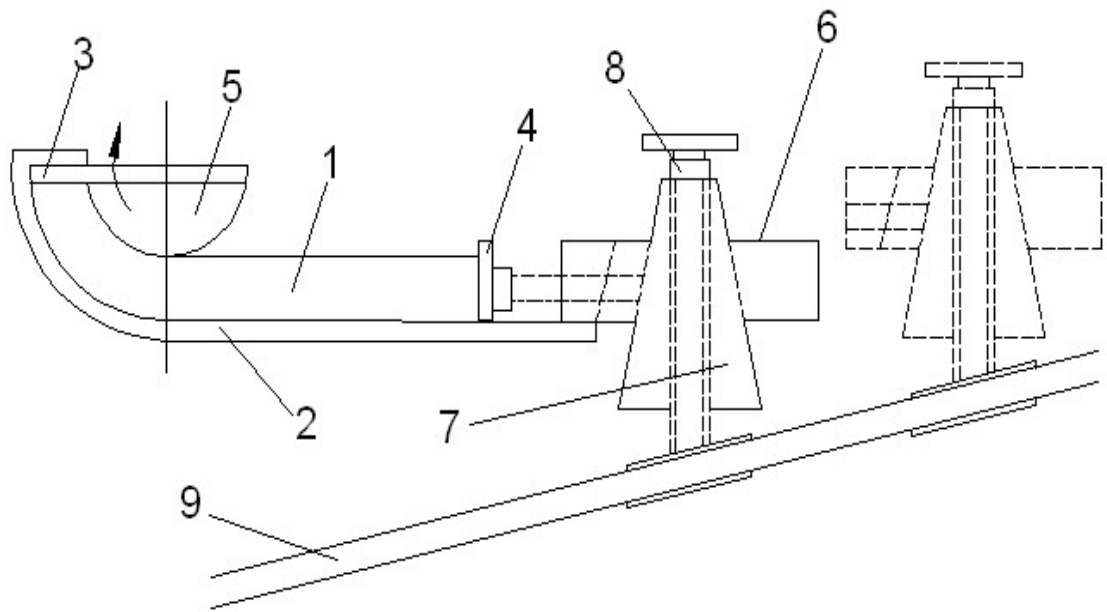


Рис. 2.7. Принципова схема гнуття з шиною і рухомим заднім упором

1.5. Технологія гнуття масивної деревини

1.5.1. Виготовлення прямолінійних заготовок

Технологічні операції заготовок:

- Створення колотих заготовок
- Створення пиляних заготовок
- Створення випиляних з дощок заготовок

Технологічні схеми випилювання заготовок:

- поздовжньо-поперечну схему для твердих порід
- поперечно-поздовжню схему для шпилькових порід
- повздовжня схема при гнутті на рис. 2.8

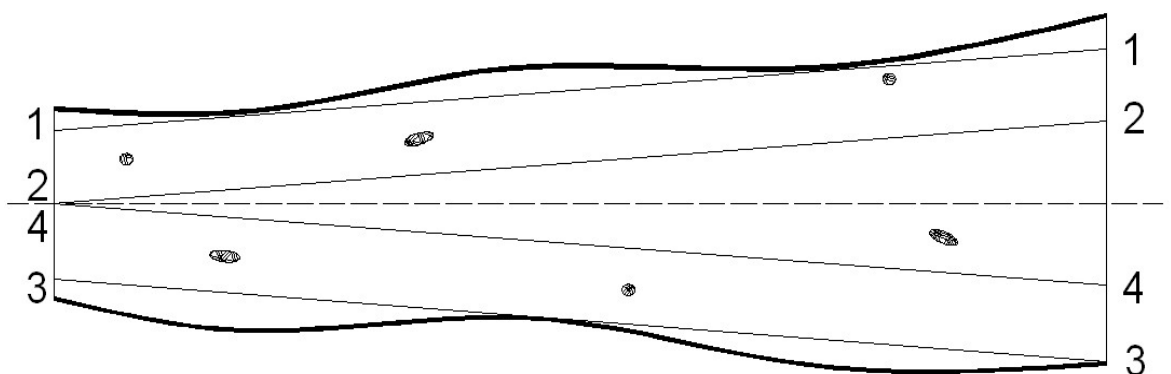


Рис. 2.8. Повздовжня схема при гнутті на рис. 2.8

Поперечний переріз заготовок на рис.2.9..

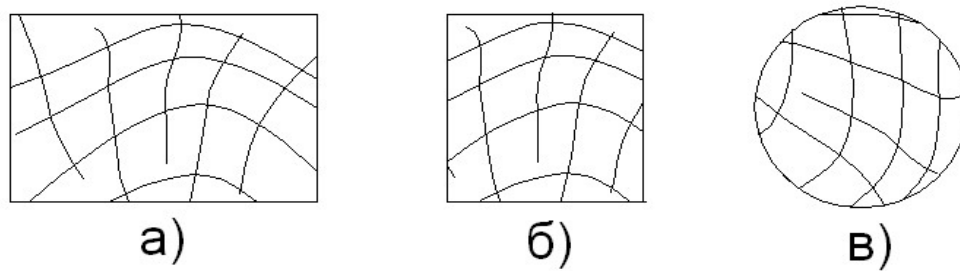


Рис.2.9. Для гнуття форми поперечного перетину заготовок

1.5.2. До гнуттєва пластифікація деревини

Поширені методи пластифікації:

- нагрівання у полі СВЧ;
- проварювання;
- просочування різними розчинами.
- пропарювання;
- оброблення аміаком;

Пропарювання починається при вологості близької до 25%. Рис. 2.10.

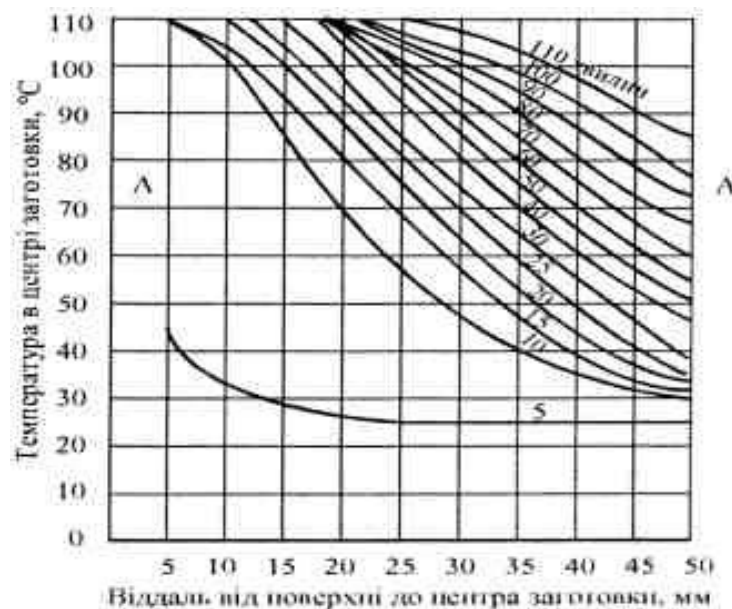


Рис.2.10. Діаграма часу пропарювання брусків перед гнуттям

Проварювання, коли пропарювання з технологічних причин ускладнене. Температура води 90-95 °С. Час проварювання в залежності від розмірів і вологості деталей 1-2,5 год

Обробка аміаком, який вступає в реакцію з геміцелюлозою та лігніном, пластифікує деревину. Бруски деревини поміщають в ємність з 20-25%-им розчином аміаку Тривалість до 6 діб

Прогрівання деталей в полі СВЧ різко прискорює процес пластифікації. Дозволяє застосовувати заготовки вологістю 10 ... 12 %, що скорочує час їх сушіння після гнуття.

Просочування деревини розчинами підвищує її пластичність.

- просочування деревини 40%-им водним розчином сечовини
- просочення лужним розчином сечовини і формальдегіду.
- просочування її 30%-им водним розчином диціандіаміду

1.5.3. Процес гнуття деревини

Класифікація та особливості процесу гнуття:

- за ступенем механізації: з ручним приводом; з механізованим приводом;
- за площиною згину: горизонтальна, вертикальна
- за фіксацією шаблону щодо знімання:
- за рухомістю шаблону щодо рухливості:
- за наявністю обтискання поперек волокон за наявності роликів:
- за формою шаблону щодо зубчиків та гладкості:
- за способом подальшого сушіння холодне або гаряче:
- за величиною гнутого контуру щодо замкненості:
- за початком гнуття від торця чи від середини:
- за формою одержаної заготовки в одній чи в двох площинах (рис. 2.11):

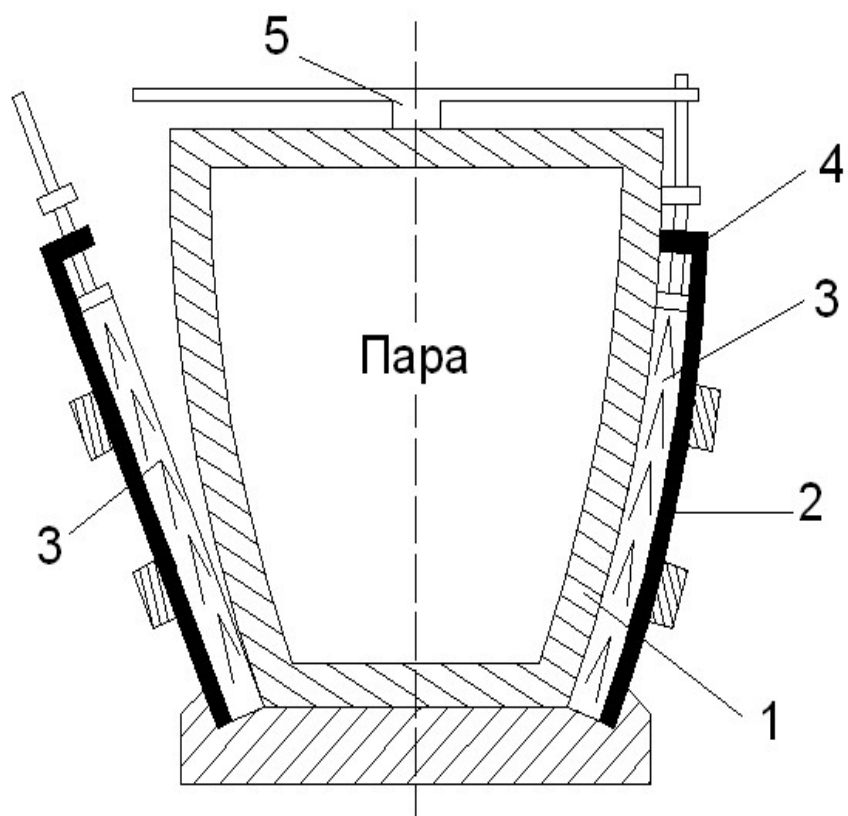


Рис.2.11. Гнуття у верстаті

Схема вертикального ланцюгового гнутаючого верстату на рис. 2.12

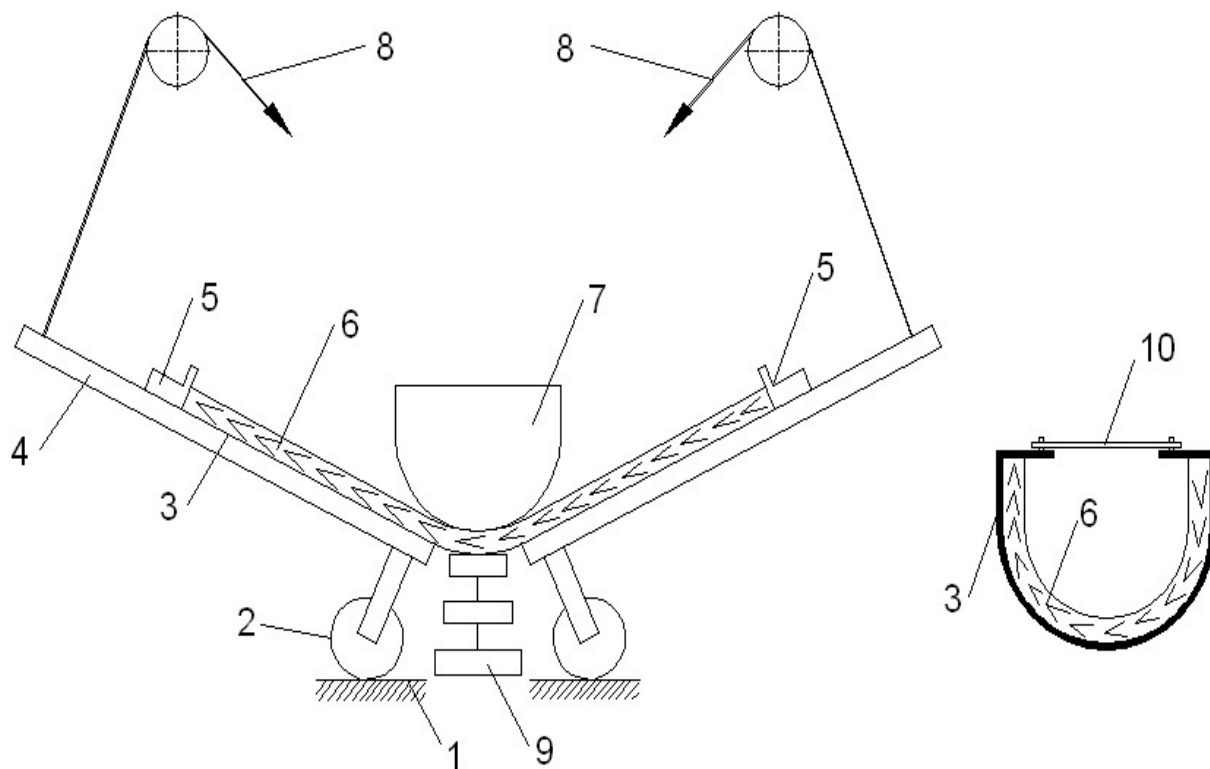


Рис.2.11. Схема ланцюгового гнутаючого пристрою

РМ біля горизонтального гнутаючого верстата для холодного гнуття на рис.2.13.

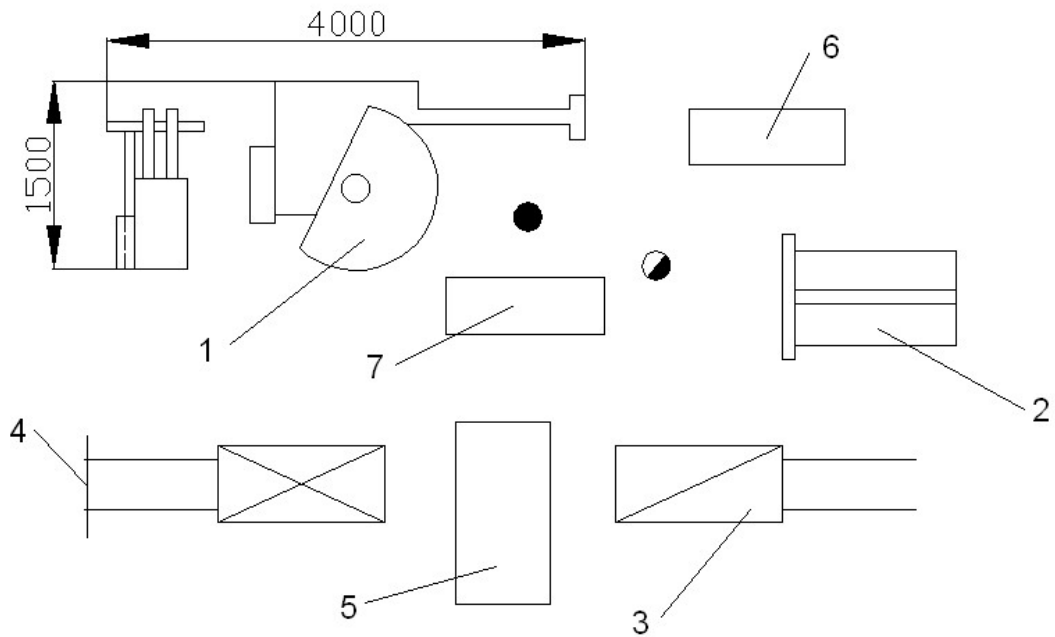


Рис.2.13. Схема організації РМ горизонтального гнутаючого верстата:

1.6. Особливості гнуття деревини на основі деревинних залишків, відходів та вживаної деревини

Принципова схема застосування деревинних відходів подано у табл.1.3. де наведено технологічний маршрут операцій для гнуття

Поопераційний опис:

- вхідний контроль
- заготівля
- сортування
- сушіння під відкритим небом
- очищення
- відтинання дефектів
- поверхневе очищення
- видалення металевих включень
- Створення бази
- Розкрій згідно специфікацій
- гідротермічне оброблення
- Пропарювання
- Гнуття
- технологічну витримку
- сушіння
- контроль якості

Технологічний маршрут

Назва	Матеріал	Технологічний маршрут											
		Вхідний контроль	Сушіння	Щіткові в та ручний інструмент	Фуговальні	Круглопилкові	Автоклави	Гнутарні	витримка	камери	Контроль	Подальше оброблення	
1	2	3		4	5	6	7	8		9			10
Гнутий елемент	ВЖД	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Завдання досліджень:

1. Проаналізувати стан заготівлі ліквідної деревини в Україні, що становить на рівні 16-22млн. м3 . З'ясувати, що лісистість України нижче середнього і становить 10,4 млн га. З'ясувати проблеми заготівлі первинної деревини.
2. Обґрунтувати, як вирішити проблеми первинної сировини.
3. Описати шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини. Обговорити та проаналізувати причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання.
4. Описано методи та способи виготовлення отримання кривизни на заготовках: випилювання з дошки або плит, гнуття за заданим контуром; гнуття з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням;

гнуття деревини в пресах; склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону. Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD.

5. Обґрунтувати наукові основи гнуття.

6. Описано операції гнуття з використанням вживаної деревини.

7. Розроблено завдання досліджень у відповідності до проаналізованих проблем та актуальності стану питання

8. Обґрунтувати та проаналізувати область експерименту : вхідні фактори впливають на область експерименту, область значень, область експерименту, предмет досліджень.

9. Обґрунтувати та проаналізувати постійні та змінні для проведення експерименту. Детально описати: метод гнуття, тип гідро-термічної обробки, умови середовища, властивості вживаної деревини, щільність зокрема, умови попереднього використання вживаної деревини, поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм.

10. Обґрунтувати та проаналізувати три змінних фактори: термін проведення гідротермічної обробки, вік категорій вживаної деревини, насиченість вологою взірців вживаної деревини, використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва прийнято змінні фактори в таких діапазонах: вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років. термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв. насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%.

11. Проаналізувати вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки.

12. Створити методичні сітки досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема ясена , сосни, дуба.

13. Описати всі основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях.

14. Розглянути безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях.

15. Провести три серії експериментів для трьох найпоширеніших порід вживаної деревини на предмет встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

16. Виконати статистичну обробку даних експерименту стосовно встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

17. Отримати три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

18. Перевірити, що три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини є адекватними.

19. Встановити, яка із порід найкраще гнеться та має найдовшу довжину дуги. Виконати обґрунтування щодо особливостей гнуття тої чи іншої породи.

1.7. Висновки до першого розділу

1. Проаналізовано стан заготівлі ліквідної деревини в Україні, що становить на рівні 16-22 млн. м³ . З'ясовано, що лісистість України нижче середнього і становить 10,4 млн. га.

2. З'ясовано проблеми заготівлі первинної деревини: Важкодоступне розташування стиглих лісів. Екологічні обмеження. Відсутність лісозаготівельних доріг. Малий відсоток ділової деревини. Специфічні торги на деревину. Обмеження на продаж у лісництвах. Обмеження на породний склад. Зростаючі витрати на логістику. Проблеми продажу круглого лісу. Занижені ціни на оплату заготівельникам. Проблеми із лісовими залишками та відходами. Перебільшені ціни на дров'яну сировину на нижньому складі.

3. Обґрунтовано, як вирішити проблеми первинної сировини: Заготівля за пріоритетними сортиментами. Продаж за сортністю та класами якості. Перероблення круглого лісу на відповідні сортименти в Україні на 100%. Розроблення лісових доріг. Пропонування адекватних цін на первинну сировину. Не реалізовувати первинну круглу деревину за кордоном. Малим підприємствам встановити середньо зважені обсяги закупівлі на місцях дислокації у безпосередній близькості до лісництв. Активно використовувати залишки та відходи деревини. Знаходити шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини.

4. Обговорено та проаналізовано причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання. Зокрема, це відсутність загально-прийнятої програми, наукової бази, обладнання для подрібнення, пристроїв для очищення, установок для сортування щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.

5. Описано методи та способи виготовлення отримання кривизни на заготовках: випилювання з дошки або плит, гнуття за заданим контуром;

гнуття з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням; гнуття деревини в пресах; склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону. Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD.

6. Обґрунтовано наукові основи гнуття, суть яких у наступному: Створення навантаження більшого за опір деревини. Збільшення довжини опуклого зовнішнього боку заготовки. Зменшення довжини опуклого внутрішнього боку заготовки. Середня лінія гнутої заготовки має однакову довжину як прямолінійна заготовка.

7. Описано операції гнуття з використанням вживаної деревини: вхідний контроль. заготівля. сортування. сушіння під відкритим небом. очищення. відтинання дефектів. поверхнєве очищення. видалення металевих включень. створення бази. розкрій згідно специфікацій. гідротермічне оброблення. пропарювання. гнуття. технологічну витримку. сушіння. контроль якості.

8. Розроблено завдання досліджень у відповідності до проаналізованих проблем та актуальності стану питання

Розділ II

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ВИПРОБУВАННЯ НА ГНУТТЯ ВЗІРЦІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

2.1. Область експерименту та її аналіз

Розглядаючи стан питання, розмірковуємо з наступних та загальноприйнятих положень:

- вхідні фактори впливають на область експерименту
- вхідні фактори мають область, тобто крайні значення
- область значень – це всі значення факторів під час дослідження
- вхідні фактори – це керовані фактори
- якщо вхідні не міняються то вони контрольовані
- область експерименту – це вхідні та вихідні фактори та об'єкт досліджень.
- Об'єкт досліджень – це матеріал та/або процес над чим працюють
- Фактори об'єкта – деревина, технологічні параметри.
- Фактор деревини – вживана деревина конкретних порід з їх розмірами та вологістю, а також віку спожитої деревини.
- Фактор технологічний – тривалість гідротермічної обробки, температура взірців.

Таким чином, є багато факторів, які мають вплив на об'єкт досліджень. Для реалізації задумів необхідно розробити методичну сітку досліджень та провести повнофакторний план експерименту.

2.2. Фактори постійні та змінні для проведення експерименту

Будь-які експерименти, що пов'язані з технологічними процесами, мають велику кількість різних впливових факторів. І постійних, і змінних.

Зокрема, постійними будуть:

- Метод груття
- Тип гідро-термічної обробки
- Умови середовища
- Властивості вживаної деревини, щільність зокрема
- Умови попереднього використання вживаної деревини
- Поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм.

Змінними факторами вибираємо ті які в процесі експериментів дадуть можливість досягнути мети досліджень:

Тому за основу досліджень приймаємо три змінних фактори:

- термін проведення гідротермічної обробки,
- вік категорій вживаної деревини
- насиченість вологою взірців вживаної деревини

Серед прийнятих порід для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини вибираємо найбільш поширені: ясен, сосна, дуб.

Використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва приймаємо змінні фактори в таких діапазонах:

- вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років.
- термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв.
- насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%.

Вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки:

- насиченість вологою взірців вживаної деревини – сприяє покращенню гнуття;

- термін проведення гідротермічної обробки – збільшення часу веде до зростання кількості вологи у взірцях, що сприяє гнуттю.
- вік вживаної деревини – визначимо в процесі експериментів.

Таким чином, створюємо методичну сітку досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема **ясена** (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Методична сітка експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **ясена**

Назва фактору	Натур.	Код.	Натуральні			Кодовані			Δ
			-1	0	1	-1	0	1	
Час обробки	<i>t</i>	x_1	16	32	48	-1	0	1	16
Вологість взірця	<i>w</i>	x_2	14	21	28	-1	0	1	7
Вік взірця	<i>n</i>	x_3	8	16	24	-1	0	1	8

Методична сітка досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема для **сосни має вигляд** (табл.2.2).

Таблиця 2.2

Методична сітка експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **сосна**

Назва фактору	Натур.	Код.	Натуральні			Кодовані			Δ
			-1	0	1	-1	0	1	
Час обробки	<i>t</i>	x_1	16	32	48	-1	0	1	16
Вологість взірця	<i>w</i>	x_2	14	21	28	-1	0	1	7
Вік взірця	<i>n</i>	x_3	8	16	24	-1	0	1	8

Методична сітка досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема для дуба має вигляд (табл.2.3).

Таблиця 2.3

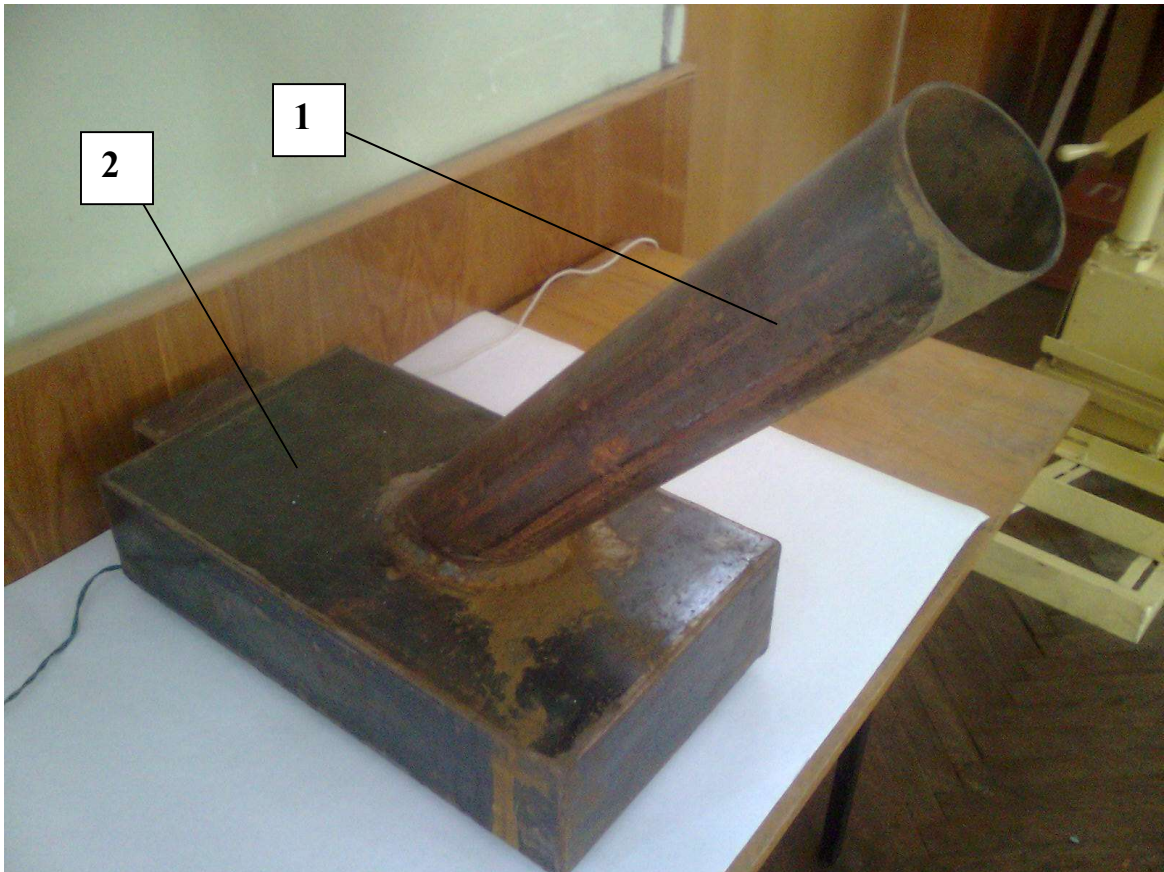
Методична сітка експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини дуба

Назва фактору	Натур.	Код.	Натуральні			Кодовані			Δ
			-1	0	1	-1	0	1	
Час обробки	<i>t</i>	x_1	16	32	48	-1	0	1	16
Вологість взірця	<i>w</i>	x_2	14	21	28	-1	0	1	7
Вік взірця	<i>n</i>	x_3	8	16	24	-1	0	1	8

2.2. Методика оброблення взірців для проведення гнуття

Основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях:

- підготовка взірців відповідних розмірів 1000x20x10 мм
- оброблення температурою 90...95°C. у воді
- витримування у ємкості з водою зазначений відлік часу згідно методичної сітки досліджень (рис. 2.1.)
- забезпечення насиченості вологою згідно методичної сітки досліджень
- контролювання вологості взірців згідно методичної сітки досліджень
- застосування приладу для вологості SW-200A (рис. 2.2.)
- зняття показників з приладу для вологості SW-200A (рис. 2.2.)
-



**Рис.2.1. Пристрій гідротермічної обробки:
1 – горловина; 2 – бак з водою**



Рис. 2.2. Прилад для контролю та вимірювання вологості SW-200A



Рис.2.2. Зняття показників з приладу для вологості SW-200A

Так як вологість деревини виміряна при розташуванні датчика уздовж її волокон відповідає вологості вимірної методом висушування за ГОСТ 16588-79, то слід проводити вимірювання розташовуючи кільцеві контакти датчика вологоміра вздовж волокон деревини. При появі на індикаторі знака "-" перед цифрами дані вимірювань достовірні. Для підвищення достовірності вимірювань їх слід проводити в декількох точках досліджуваного зразка, кожен раз здійснюючи автоматичне налаштування (для чого слід короткочасно натиснути на кнопку), при цьому переконуючись у правильності вибору виду вимірювання.

2.4. Установка для гнуття для отримання вихідних даних

Безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях:

- Застосування гнутаючого пристрою рис. 2.4.
- Встановлення взірця у пристрій
- Прижим взірця у гнутаючому пристрої у торцевому упорі
- Повертання важеля за годинниковою стрілкою
- Огинання заготовки навколо металевого диску.
- Зупинка гнуття тільки при появі тріщин.
- Замір бездефектної дуги, рис. 2.4.
- Занесення розмірів у журнал досліджень.

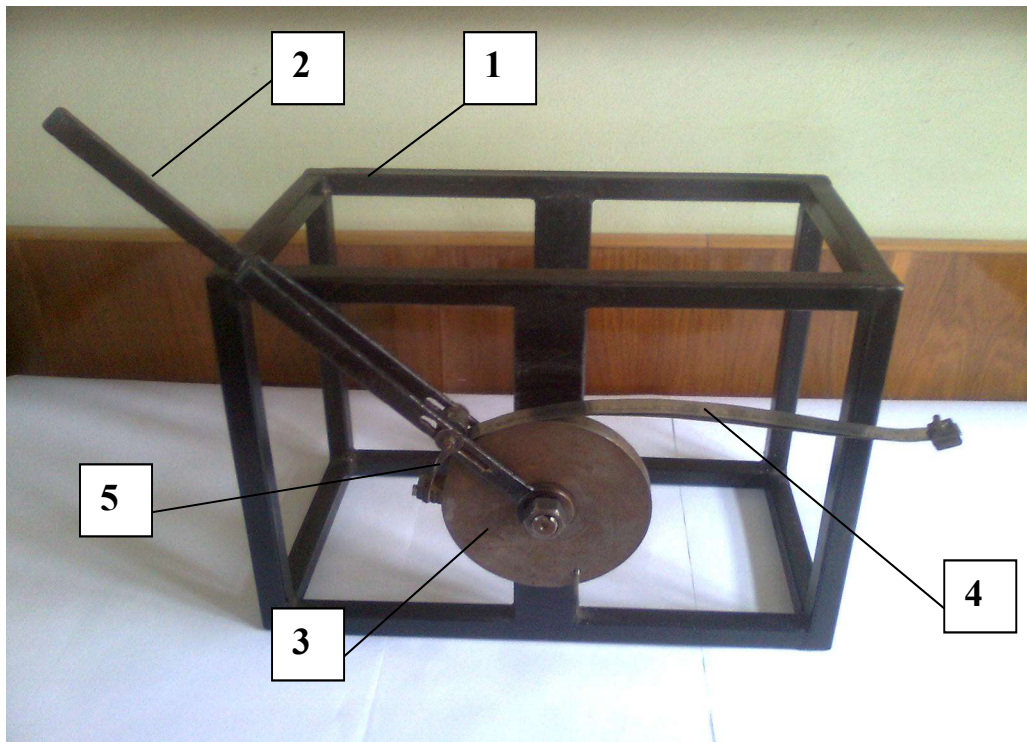


Рис.2.4. Гнутарний експериментальний лабораторний механізований пристрій:

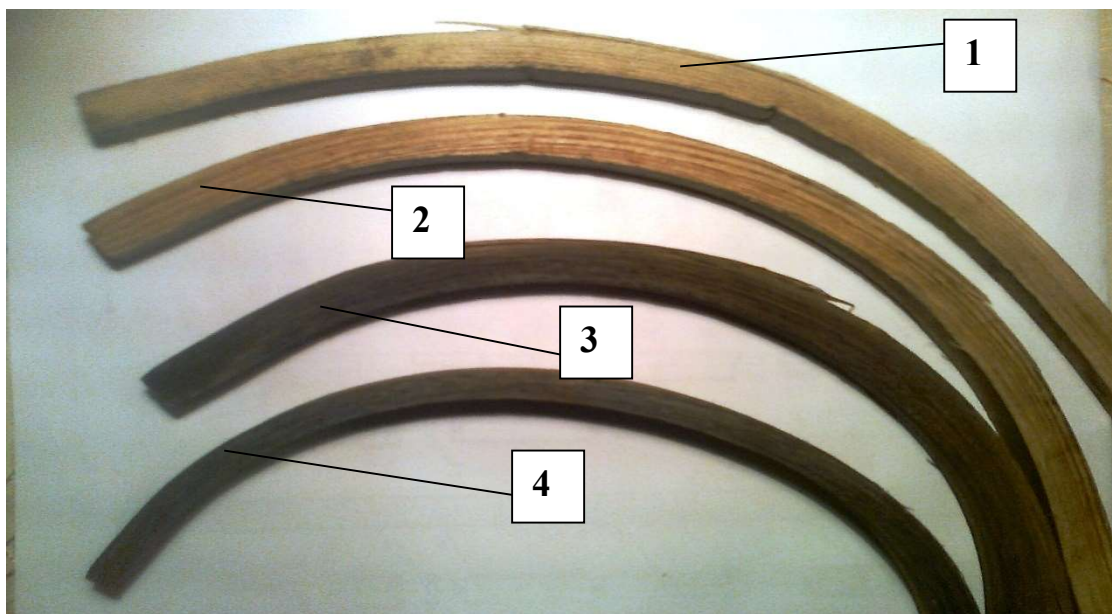


Рис.2.5. Взірці вживаної деревини після гнуття

Етапи та хронологія гнуття на рис 2.6 - 2.10...



Рис.2.6. Закладання взірця в гнударний експериментальний лабораторний механізований пристрій у притисний механізм ручного приводу

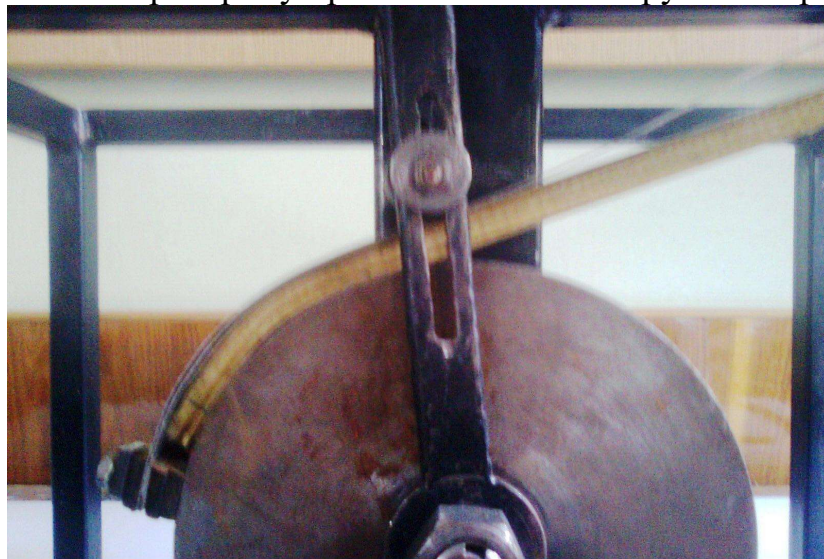


Рис.2.7. Рух ручного притисного механізму у гнударному експериментальному лабораторному пристосібленні з отриманням дуги 90-110 мм



Рис.2.8. Рух ручного притисного механізму у гнударному експериментальному лабораторному пристосібленні з отриманням дуги 190-210 мм

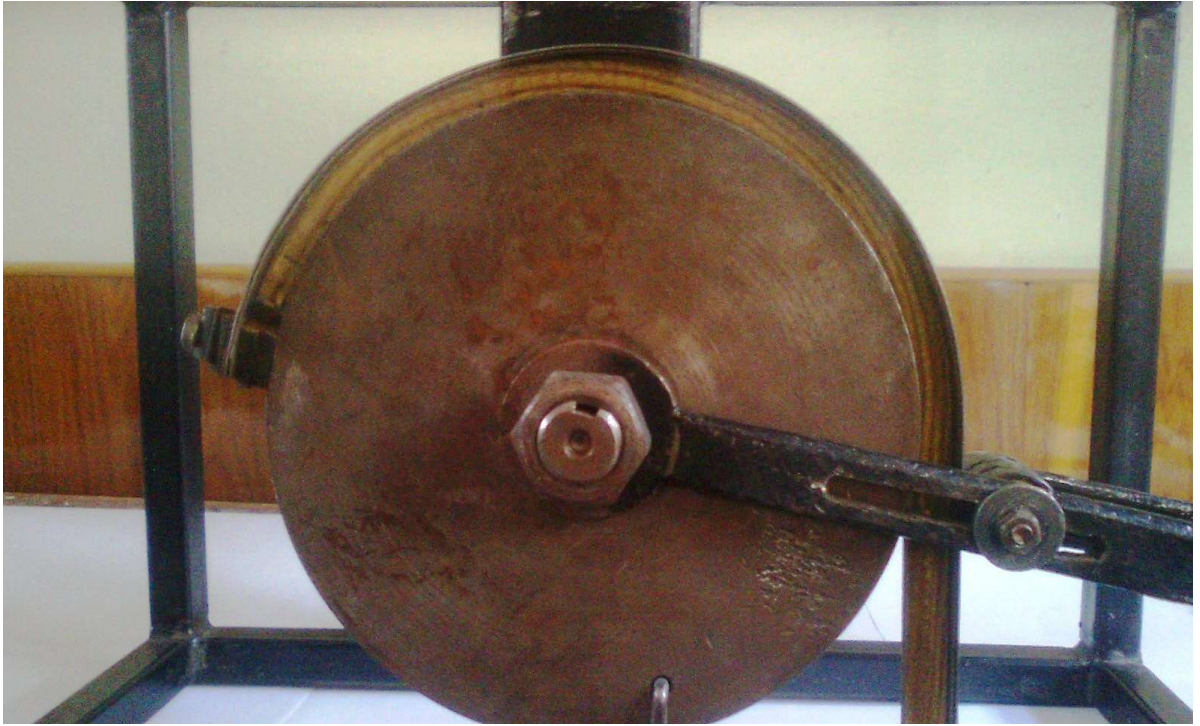


Рис.2.9. Рух ручного притисного механізму у гнударному експериментальному лабораторному пристосібленні з отриманням дуги 245-255 мм



Рис.2.10. Рух ручного притисного механізму у гнударному експериментальному лабораторному пристосібленні з отриманням дуги 295-305 мм

2.5. Висновки до другого методичного розділу

1. Обґрунтовано та проаналізовано область експерименту : вхідні фактори впливають на область експерименту, вхідні фактори мають область, тобто крайні значення, область значень – це всі значення факторів під час дослідження, вхідні фактори – це керовані фактори, якщо вхідні не міняються то вони контрольовані, область експерименту – це вхідні та вихідні фактори та об'єкт досліджень, Об'єкт досліджень – це матеріал та/або процес над чим працюють, Фактори об'єкта – деревина, технологічні параметри, Фактор деревини – вживана деревина конкретних порід з їх розмірами та вологістю, а також віку спожитої деревини, Фактор технологічний – тривалість гідротермічної обробки, температура взірців. Таким чином, є багато факторів, які мають вплив на об'єкт досліджень. Для реалізації задумів необхідно розробити методичну сітку досліджень та провести повнофакторний план експерименту.

2. Обґрунтовано та проаналізовано постійні та змінні для проведення експерименту. Визначено, що постійними будуть: Метод гуття, Тип гідротермічної обробки, Умови середовища, Властивості вживаної деревини, щільність зокрема, Умови попереднього використання вживаної деревини, Поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм.

3. Обґрунтовано та проаналізовано та приймаємо за основу досліджень приймаємо три змінних фактори: термін проведення гідротермічної обробки, вік категорій вживаної деревини, насиченість вологою взірців вживаної деревини

4. Використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва прийнято змінні фактори в таких діапазонах: вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років. термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв. насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%.

5. Проаналізовано вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки: насиченість вологою взірців вживаної деревини – сприяє покращенню гнуття; термін проведення гідротермічної обробки – збільшення часу веде до зростання кількості вологи у взірцях, що сприяє гнуттю. вік вживаної деревини – визначимо в процесі експериментів.

6. Створено методичні сітки досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема ясена , сосни, дуба.

7. Описано всі основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях: підготовка взірців відповідних розмірів 1000x20x10 мм, оброблення температурою 90...95°C. у воді, витримування у ємкості з водою зазначений відлік часу згідно методичної сітки досліджень, забезпечення насиченості вологою згідно

методичної сітки досліджень, контролювання вологості взірців згідно методичної сітки досліджень, застосування приладу для вологості SW-200A, зняття показників з приладу для вологості SW-200A.

8. Розглянуто безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях: застосування гнутарного пристрою . становлення взірця у пристрій, прижим взірця у гнутарному пристрої у торцевому упорі, повертання важеля за годинниковою стрілкою, огинання заготовки навколо металевого диску, зупинка гнуття тільки при появі тріщин, замір бездефектної дуги, занесення розмірів у журнал досліджень.

Розділ III

3. ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ТЕРМІНУ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ, ВІКОВИХ КАТЕГОРІЙ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ТА НАСИЧЕНОСТІ ВОЛОГОЮ ВЗРІЦІВ НА ДОВЖИНУ ГНУТОЇ ЗАГОТОВКИ

3.1. Статистична обробка даних експерименту для трьох досліджуваних порід із вживаної деревини

Статистичну обробку даних експерименту для трьох досліджуваних порід із вживаної деревини здійснювали традиційними методами та розрахунками. Для визначення статистичних показників використовували літературні джерела [28, 36, 37, 40, 41, 42].

Зокрема, були використані традиційні залежності, формули та звісно довідкові величини:

А) Лінійну регресійну модель, яка описується виразом:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,u=1}^k b_{iu} x_i x_u, \quad (3.1)$$

де, b_0 - вільний член; b_i - коефіцієнти; b_{iu} - коефіцієнти взаємодіях,

Б) Формула між кодованими та натуральними величинами:

$$x_i = \frac{X_i - X_{0i}}{\Delta X_i}, \quad (3.2)$$

де, x_i - кодоване; X_i - натуральне; X_{0i} - значення середнє; ΔX_i - інтервал

В) Середнє значення \bar{y} і середньоквадратичне відхилення S , критерій

Стьюдента:

$$t_{\text{розр}} = \frac{|y_c - \bar{y}|}{S}, \quad (3.3)$$

Г) Середні значення та дисперсії:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij}, \quad (3.4)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2, \quad (3.5)$$

де, n - кількість дублів; y_{ji} - результат i -ого у j -ому i .

Е) Перевірку однорідності дисперсій за G -критерієм Кохрена,:

$$G_p = \frac{S_{j \max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}, \quad (3.6)$$

де $S_{j \max}^2$ – дисперсія найбільша.

Г) Дисперсію відтворюваності: $S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}, \quad (3.7)$

Є) а) Коефіцієнт – вільний член: $b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{y}_j, \quad (3.8)$

Є) б) коефіцієнти при факторах:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} \bar{y}_j, \quad (3.9)$$

Є) в) коефіцієнти при взаємодіях:

$$b_{iu} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{uj} \bar{y}_j, \quad (3.10)$$

Й) Значущість коефіцієнтів:

$$|b_i| \geq t(q, f_y) S\{b_i\}, \quad (3.11)$$

К) Середньоквадратичне відхилення:

$$S\{b_i\} = \sqrt{\frac{S_y^2}{Nn}}, \quad (3.12)$$

Л) Межі інтервалу:

$$b_i - t_{\text{табл.}} \cdot S\{b_i\} \leq \beta_i \leq b_i + t_{\text{табл.}} \cdot S\{b_i\}, \quad (3.13)$$

М) Адекватність математичної моделі:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{n}{f_{\text{ад}}} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - y_j^p)^2, \quad (3.14)$$

Н) Значення критерію Фішера:

$$F_{\text{рісд.}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{іаіоа}}^2}, \quad (3.15)$$

де, $S_{\text{більша}}^2$ та $S_{\text{менша}}^2$ – дисперсії адекватності та відтворюваності,

3.2. Результати експериментального визначення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту отримано дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена (табл.3.1.).

Таблиця 3.1

Дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена

No	Величина фактору						Довжина дуги заготовки, см				
	знач. натур..			знач. кодов..			1	2	3	4	5
	t	w	n	x ₁	x ₂	x ₃					
1	16	14	8	-1	-1	-1	17	20	14	21	23
2	48	14	8	1	-1	-1	10	7	13	11	13
3	16	28	8	-1	1	-1	12	18	13	19	16
4	48	28	8	1	1	-1	11	19	20	11	18
5	16	14	24	-1	-1	1	12	13	12	16	10
6	48	14	24	1	-1	1	15	10	11	13	15
7	16	28	24	-1	1	1	11	6	12	8	13
8	48	28	24	1	1	1	36	44	32	39	40

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту отримано дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини сосни (табл.3.1.).

Таблиця 3.2

Дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини сосна

No	Величина фактору						Довжина дуги заготовки, см				
	знач. натур..			знач. кодов..			1	2	3	4	5
	t	w	n	x ₁	x ₂	x ₃					
1	16	14	8	-1	-1	-1	22	23	15	24	25
2	48	14	8	1	-1	-1	16	10	9	9	12
3	16	28	8	-1	1	-1	12	15	15	11	11
4	48	28	8	1	1	-1	8	18	18	12	14
5	16	14	24	-1	-1	1	11	14	15	16	12
6	48	14	24	1	-1	1	13	20	12	19	16
7	16	28	24	-1	1	1	10	18	10	15	19
8	48	28	24	1	1	1	36	34	33	34	35

Реалізуюючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту отримано дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини дуба (табл.3.1.).

Таблиця 3.3

Дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини дуб

No	Величина фактору						Порядковий номер спостереження				
	знач. натур..			знач. кодов..			1	2	3	4	5
	t	w	n	x ₁	x ₂	x ₃					
1	16	14	8	-1	-1	-1	25	22	7	15	20
2	48	14	8	1	-1	-1	10	5	22	14	11
3	16	28	8	-1	1	-1	13	14	20	16	17
4	48	28	8	1	1	-1	9	18	17	12	16
5	16	14	24	-1	-1	1	9	11	10	11	13
6	48	14	24	1	-1	1	20	8	12	18	9
7	16	28	24	-1	1	1	26	8	12	8	16
8	48	28	24	1	1	1	38	37	36	32	29

Реалізуюючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту проведено визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок, тобто провели перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи G-критерій Кохрен для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена (Дані в табл.3.3.). Результати перевірки позитивні – дисперсії однорідні.

Таблиця 3.4

Визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок – перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи G-критерій Кохрена для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена

No	Знач. серед..	Дисперсія у вибірці S ²	S ² _{max}	критерій Кохрена	
				розр.	теор.
1	19,00	12,50	20,200	0,234	0,360
2	10,80	6,20			
3	15,60	9,30			
4	15,80	19,70			
5	12,60	4,80			
6	12,80	5,20			
7	10,00	8,50			
8	38,20	20,20			
Сума		86,40			

Реалізуюючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту проведено визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок, тобто провели перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи

G-критерій Кохрен для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **сосни** (Дані в табл.3.3.). Результати перевірки позитивні – дисперсії однорідні.

Таблиця 3.5

Визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок – перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи G-критерій Кохрена для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **сосна**

No	Знач. серед..	Дисперсія у вибірці S^2	S^2_{max}	критерій Кохрена	
				розр.	теор.
1	21,80	15,70	18,30	0,22	0,36
2	11,20	8,70			
3	12,80	4,20			
4	14,00	18,00			
5	13,60	4,30			
6	16,00	12,50			
7	14,40	18,30			
8	34,40	1,30			
Сума		83,00			

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту проведено визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок, тобто провели перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи G-критерій Кохрен для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **дуба** (Дані в табл.3.3.). Результати перевірки позитивні – дисперсії однорідні.

Таблиця 3.6

Визначення середніх даних та значень дисперсій вибірок – перевіряння однорідності дисперсій, використовуючи G-критерій Кохрена для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **дуба**

No	Знач. серед..	Дисперсія у вибірці S^2	S^2_{max}	критерій Кохрена	
				розр.	теор.
1	17,80	49,70	56,00	0,26	0,36
2	12,40	39,30			
3	16,00	7,50			
4	14,40	14,30			
5	10,80	2,20			
6	13,40	28,80			
7	14,00	56,00			
8	34,40	14,30			
Сума		212,10			

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту розраховано Регресійні коефіцієнти вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена

Дані результати наведені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Визначення коефіцієнтів рівняння регресії вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини ясена

No	Кодування факторів			Добуток взаємодій			Усереднена величина	Результати добутків					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃		x ₁ *y	x ₂ *y	x ₃ *y	x ₁ x ₂ *y	x ₁ x ₃ *y	x ₂ x ₃ *y
1	-1	-1	-1	1	1	1	19,00	-19,00	-19,00	-19,00	19,00	19,00	19,00
2	1	-1	-1	-1	-1	1	10,80	10,80	-10,80	-10,80	-10,80	-10,80	10,80
3	-1	1	-1	-1	1	-1	15,60	-15,60	15,60	-15,60	-15,60	15,60	-15,60
4	1	1	-1	1	-1	-1	15,80	15,80	15,80	-15,80	15,80	-15,80	-15,80
5	-1	-1	1	1	-1	-1	12,60	-12,60	-12,60	12,60	12,60	-12,60	-12,60
6	1	-1	1	-1	1	-1	12,80	12,80	-12,80	12,80	-12,80	12,80	-12,80
7	-1	1	1	-1	-1	1	10,00	-10,00	10,00	10,00	-10,00	-10,00	10,00
8	1	1	1	1	1	1	38,20	38,20	38,20	38,20	38,20	38,20	38,20
Сума							134,80	20,40	24,40	12,40	36,40	36,40	21,20
Регресійні коефіцієнти							16,85	2,55	3,05	1,55	4,55	4,55	2,65

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту розраховано Регресійні коефіцієнти вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини сосна.

Дані результати наведені у табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Визначення коефіцієнтів рівняння регресії вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини сосни

No	Кодування факторів			Добуток взаємодій			Усереднена величина	Результати добутоків					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃		x ₁ *y	x ₂ *y	x ₃ *y	x ₁ x ₂ *y	x ₁ x ₃ *y	x ₂ x ₃ *y
1	-1	-1	-1	1	1	1	21,80	-21,80	-21,80	-21,80	21,80	21,80	21,80
2	1	-1	-1	-1	-1	1	11,20	11,20	-11,20	-11,20	-11,20	-11,20	11,20
3	-1	1	-1	-1	1	-1	12,80	-12,80	12,80	-12,80	-12,80	12,80	-12,80
4	1	1	-1	1	-1	-1	14,00	14,00	14,00	-14,00	14,00	-14,00	-14,00
5	-1	-1	1	1	-1	-1	13,60	-13,60	-13,60	13,60	13,60	-13,60	-13,60
6	1	-1	1	-1	1	-1	16,00	16,00	-16,00	16,00	-16,00	16,00	-16,00
7	-1	1	1	-1	-1	1	14,40	-14,40	14,40	14,40	-14,40	-14,40	14,40
8	1	1	1	1	1	1	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40
Сума							138,20	13,00	13,00	18,60	29,40	31,80	25,40
Регресійні коефіцієнти							17,28	1,63	1,63	2,33	3,68	3,98	3,18

Реалізуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту розраховано Регресійні коефіцієнти вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини дуба

Дані результати наведені у табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Визначення коефіцієнтів рівняння регресії вихідної величини для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини дуба

No	Кодування факторів			Добуток взаємодій			Усереднена величина	Результати добутків					
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃		x ₁ *y	x ₂ *y	x ₃ *y	x ₁ x ₂ *y	x ₁ x ₃ *y	x ₂ x ₃ *y
1	-1	-1	-1	1	1	1	17,80	-17,80	-17,80	-17,80	17,80	17,80	17,80
2	1	-1	-1	-1	-1	1	12,40	12,40	-12,40	-12,40	-12,40	-12,40	12,40
3	-1	1	-1	-1	1	-1	16,00	-16,00	16,00	-16,00	-16,00	16,00	-16,00
4	1	1	-1	1	-1	-1	14,40	14,40	14,40	-14,40	14,40	-14,40	-14,40
5	-1	-1	1	1	-1	-1	10,80	-10,80	-10,80	10,80	10,80	-10,80	-10,80
6	1	-1	1	-1	1	-1	13,40	13,40	-13,40	13,40	-13,40	13,40	-13,40
7	-1	1	1	-1	-1	1	14,00	-14,00	14,00	14,00	-14,00	-14,00	14,00
8	1	1	1	1	1	1	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40	34,40
Сума							133,20	16,00	24,40	12,00	21,60	30,00	24,00
Регресійні коефіцієнти							16,65	2,00	3,05	1,50	2,70	3,75	3,00

На основі формули 3.7 визначено дисперсії відтворюваності для трьох порід із вживаної деревини, які становили наступні показники :

- Для породи ясен: $S_y^2 = 10,800$;
- Для породи сосна: $S_y^2 = 10,375$;
- Для породи дуб: $S_y^2 = 26,5125$.

На основі наступних обчислень визначено Середньоквадратичні відхилення коефіцієнтів рівнянь регресії для трьох порід із вживаної деревини, які становили наступні показники :

- Для породи ясен: $S\{b_i\} = 0,520$;
- Для породи сосна: $S\{b_i\} = 0,509$;
- Для породи дуб: $S\{b_i\} = 0,813$.

Реалізуюючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту виконано перевірку значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **ясен** із встановленням достовірних інтервалів, що у табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **ясен** із встановленням достовірних інтервалів

Коефіцієнт	Знач. коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Границі для інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	16,85	1,0600	Значуще	15,7900	17,9100
b_1	2,55		Значуще	1,4900	3,6100
b_2	3,05		Значуще	1,9900	4,1100
b_3	1,55		Значуще	0,4900	2,6100
b_{12}	4,55		Значуще	3,4900	5,6100
b_{13}	4,55		Значуще	3,4900	5,6100
b_{23}	2,65		Значуще	1,5900	3,7100

Реалізуюючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту виконано перевірку значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **сосна** із встановленням достовірних інтервалів, що у табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **сосна** із встановленням достовірних інтервалів

Коефіцієнт	Знач. коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Границі для інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	17,275	1,0389	Значуще	16,2361	18,3139
b_1	1,625		Значуще	0,5861	2,6639
b_2	1,625		Значуще	0,5861	2,6639
b_3	2,325		Значуще	1,2861	3,3639
b_{12}	3,675		Значуще	2,6361	4,7139
b_{13}	3,975		Значуще	2,9361	5,0139
b_{23}	3,175		Значуще	2,1361	4,2139

Реалізовуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту виконано перевірку значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **дуб** із встановленням достовірних інтервалів, що у табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння регресії для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини **дуб** із встановленням достовірних інтервалів

Коефіцієнт	Знач. коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Границі для інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	16,65	1,6608	Значуще	14,9892	18,3108
b_1	2		Значуще	0,3392	3,6608
b_2	3,05		Значуще	1,3892	4,7108
b_3	1,5		Незначуще	-0,1608	3,1608
b_{12}	2,7		Значуще	1,0392	4,3608
b_{13}	3,75		Значуще	2,0892	5,4108
b_{23}	3		Значуще	1,3392	4,6608

Реалізовуючи матрицю виконання досліджень згідно методичної сітки експерименту виконано перевірку адекватності математичних моделей для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини. Використано F-критерій Фішера, на основі якого порівнюють дисперсії адекватності S_y^2 та відтворюваності S_{ad}^2 .

Отримано дисперсії адекватності для вживаної деревини даних порід:

- Для породи ясен: $S_{\hat{a}\hat{a}}^2 = 240,10$;
- Для породи сосна: $S_{\hat{a}\hat{a}}^2 = 21,025$;
- Для породи дуб: $S_{\hat{a}\hat{a}}^2 = 122,50$.

Визначені значення F-критерій Фішера для трьох порід деревини становлять:

- Для породи ясен: $F_{рісд.} = 22,2315$;
- Для породи сосна: $F_{рісд.} = 2,0267$;
- Для породи дуб: $F_{рісд.} = 4,6205$.

Якщо розрахункове значення менше за табличне яке становить 250, то математичні моделі адекватні

Результат експерименту – рівняння регресій повних факторних планів в натуральних значеннях факторів:

Для породи ясен:

$$1) u_{ясен} = 60,9 - 1,2625 \cdot t - 1,6 \cdot w - 1,9375 \cdot n + 0,04063 \cdot t \cdot w + 0,0355 \cdot t \cdot n + 0,047 \cdot w \cdot n;$$

Для породи сосна:

$$2) u_{сосна} = 61,5 - 1,0844 \cdot t - 1,7 \cdot w - 1,8938 \cdot n + 0,03281 \cdot t \cdot w + 0,031 \cdot t \cdot n + 0,057 \cdot w \cdot n;$$

Для породи дуб:

$$3) u_{дуб} = 49,7 - 0,85 \cdot t - 1,2 \cdot w - 1,875 \cdot n + 0,0241 \cdot t \cdot w + 0,02929 \cdot t \cdot n + 0,054 \cdot w \cdot n.$$

Маючи такі математичні моделі, можемо знайти числове значення шуканої величини від для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою у будь якій точці експерименту.

3.3. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини ясена

Для побудови графіків для кожної породи, зокрема ясена, було визначено значення вихідної величини за отриманим рівнянням регресії при різних діапазонах контрольованих вхідних факторах, що подано у табл. 3.12.

Так як досліджували три змінних фактори для вживаної деревини із ясена, то було побудовано три групи лінійних графіків залежності контрольованої вихідної величини від певного фактору, а інші фіксувалися та подавалися в легенді кожного графіка. (рис. 3.1-3.9)

Таблиця 3.13

Вихідна величина, що визначення за результатами зміни вхідних факторів для вживаної деревини для породи ясен

№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік
	x1	x2	x3				x1	x2	x3				x1	x2	x3		
1	16	14	8	21,4500	x3=-1	1	16	14	8	21,4500	x2=-1	1	16	14	8	21,4500	x1=-1
2	48	14	8	8,3500		2	16	14	24	10,1500		2	16	28	8	13,1500	
3	16	21	8	17,3000		3	32	14	8	14,9000		3	16	14	16	15,8000	
4	48	21	8	13,3000		4	32	14	24	12,7000		4	16	28	16	12,8000	
5	16	28	8	13,1500		5	48	14	8	8,3500		5	16	14	24	10,1500	
6	48	28	8	18,2500		6	48	14	24	15,2500		6	16	28	24	12,4500	
1	16	14	16	15,8000	x3=0	1	16	21	8	17,3000	x2=0	1	32	14	8	14,9000	x1=0
2	48	14	16	11,8000		2	16	21	24	11,3000		2	32	28	8	15,7000	
3	16	21	16	14,3000		3	32	21	8	15,3000		3	32	14	16	13,8000	
4	48	21	16	19,4000		4	32	21	24	18,4000		4	32	28	16	19,9000	
5	16	28	16	12,8000		5	48	21	8	13,3000		5	32	14	24	12,7000	
6	48	28	16	27,0000		6	48	21	24	25,5000		6	32	28	24	24,1000	
1	16	14	24	10,1500	x3=1	1	16	28	8	13,1500	x2=1	1	48	14	8	8,3500	x1=1
2	48	14	24	15,2500		2	16	28	24	12,4500		2	48	28	8	18,2500	
3	16	21	24	11,3000		3	32	28	8	15,7000		3	48	14	16	11,8000	
4	48	21	24	25,5000		4	32	28	24	24,1000		4	48	28	16	27,0000	
5	16	28	24	12,4500		5	48	28	8	18,2500		5	48	14	24	15,2500	
6	48	28	24	35,7500		6	48	28	24	35,7500		6	48	28	24	35,7500	

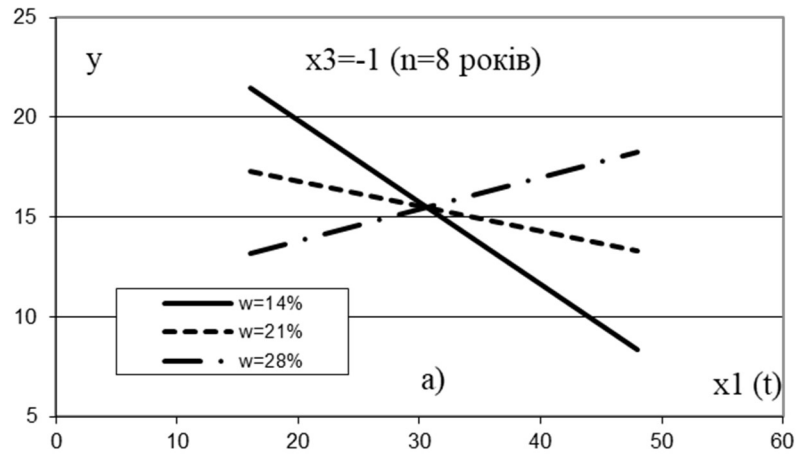


Рис.3.1. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вікової категорії 8 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

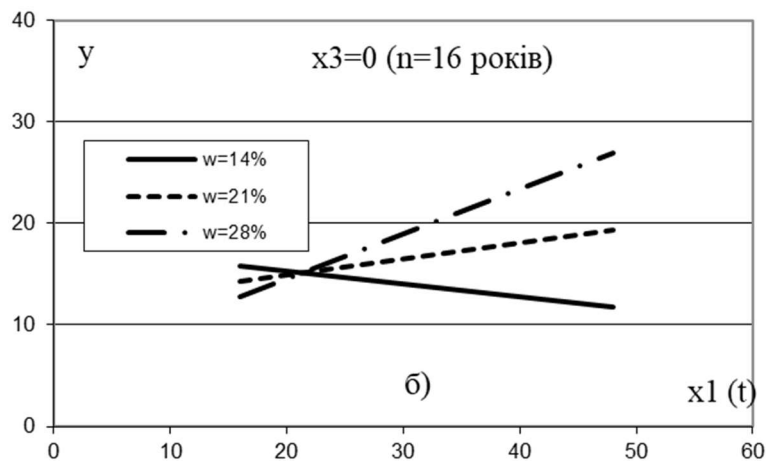


Рис.3.2. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вікової категорії 16 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

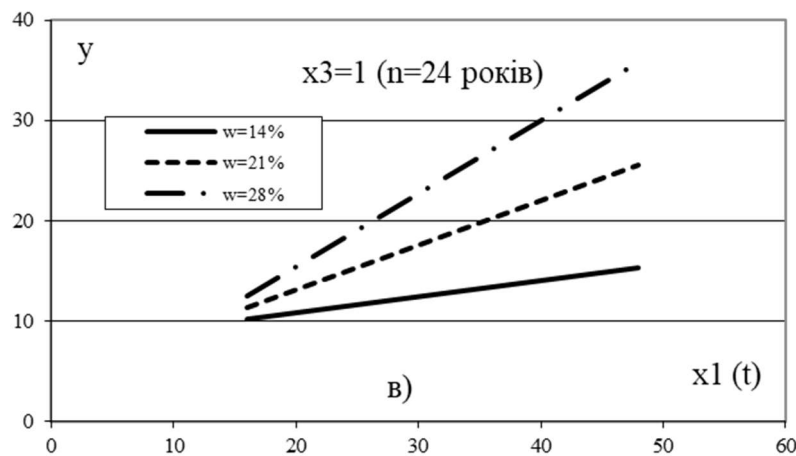


Рис.3.2. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вікової категорії 24 роки від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

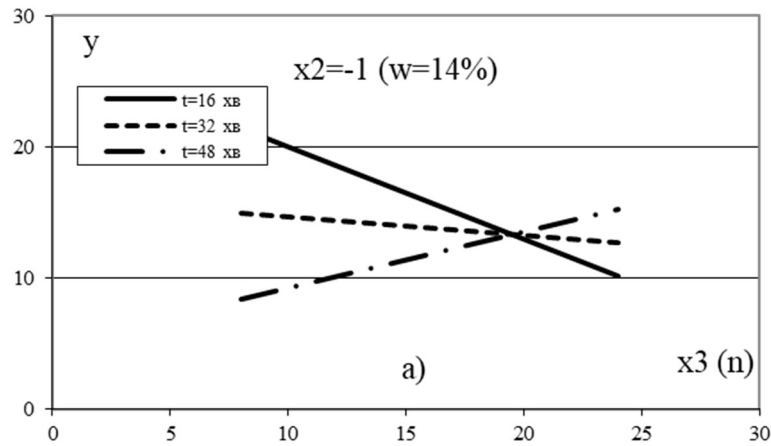


Рис.3.3. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вологістю 14% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

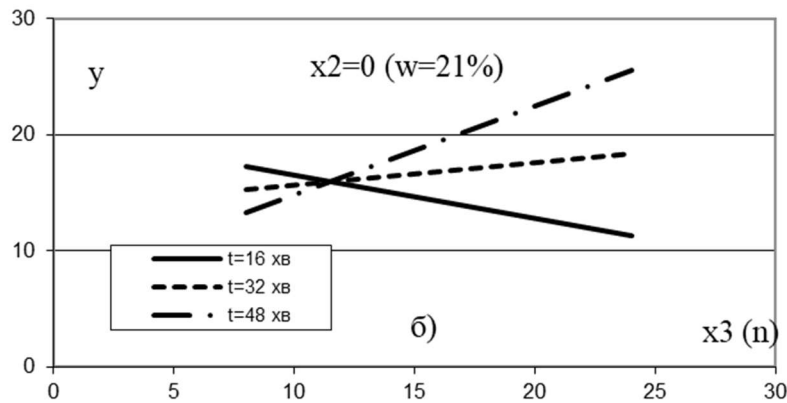


Рис.3.5. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вологістю 21% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

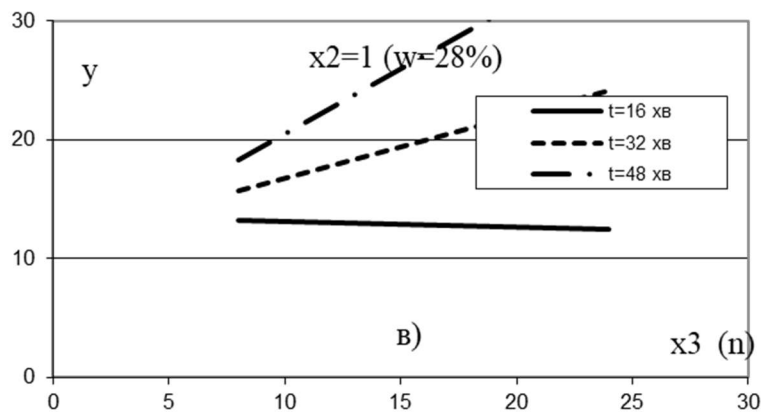


Рис.3.6. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена вологістю 28% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

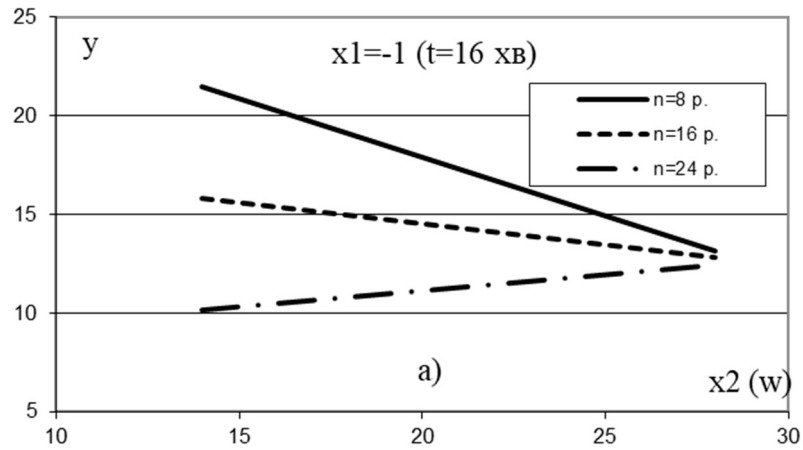


Рис.3.7. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена терміном проведення гідротермічної обробки 16хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

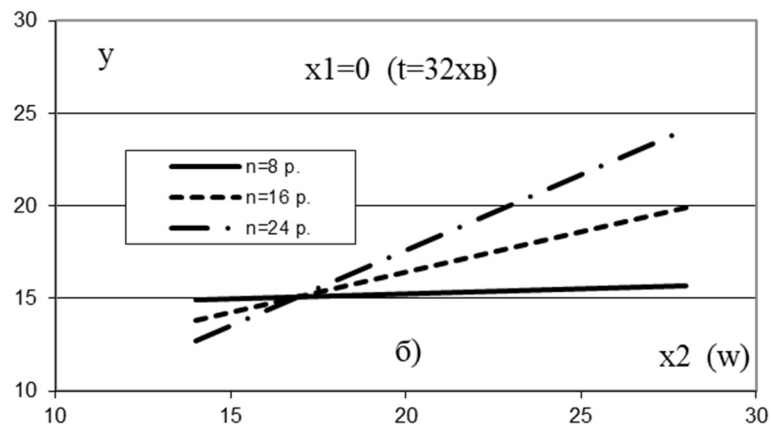


Рис.3.8. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена терміном проведення гідротермічної обробки 32хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

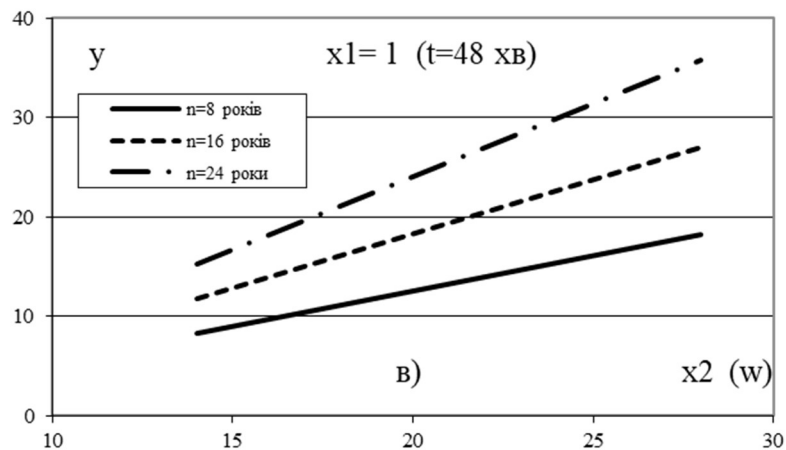


Рис.3.9. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із ясена терміном проведення гідротермічної обробки 48хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

3.4. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини сосни

Для побудови графіків для кожної породи, зокрема сосни, було визначено значення вихідної величини за отриманим рівнянням регресії при різних діапазонах контрольованих вхідних факторах, що подано у табл. 3.13.

Так як досліджували три змінних фактори для вживаної деревини із сосни, то було побудовано три групи лінійних графіків залежності контрольованої вихідної величини від певного фактору, а інші фіксувалися та подавались в легенді кожного графіка. (рис.3.10-3.18)

табл. 3.14

**Вихідна величина, що визначення за результатами зміни вхідних факторів для вживаної деревини для
породи сосна**

№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік
	x1	x2	x3				x1	x2	x3				x1	x2	x3		
1	16	14	8	22,5250	x3=-1	1	16	14	8	22,5250	x2=-1	1	16	14	8	22,5250	x1=-1
2	48	14	8	10,4750		2	16	14	24	12,8750		2	16	28	8	12,0750	
3	16	21	8	17,3000		3	32	14	8	16,5000		3	16	14	16	17,7000	
4	48	21	8	12,6000		4	32	14	24	14,8000		4	16	28	16	13,6000	
5	16	28	8	12,0750		5	48	14	8	10,4750		5	16	14	24	12,8750	
6	48	28	8	14,7250		6	48	14	24	16,7250		6	16	28	24	15,1250	
1	16	14	16	17,7000	x3=0	1	16	21	8	17,3000	x2=0	1	32	14	8	16,5000	x1=0
2	48	14	16	13,6000		2	16	21	24	14,0000		2	32	28	8	13,4000	
3	16	21	16	15,6500		3	32	21	8	14,9500		3	32	14	16	15,6500	
4	48	21	16	18,9000		4	32	21	24	19,6000		4	32	28	16	18,9000	
5	16	28	16	13,6000		5	48	21	8	12,6000		5	32	14	24	14,8000	
6	48	28	16	24,2000		6	48	21	24	25,2000		6	32	28	24	24,4000	
1	16	14	24	12,8750	x3=1	1	16	28	8	12,0750	x2=1	1	48	14	8	10,4750	x1=1
2	48	14	24	16,7250		2	16	28	24	15,1250		2	48	28	8	14,7250	
3	16	21	24	14,0000		3	32	28	8	13,4000		3	48	14	16	13,6000	
4	48	21	24	25,2000		4	32	28	24	24,4000		4	48	28	16	24,2000	
5	16	28	24	15,1250		5	48	28	8	14,7250		5	48	14	24	16,7250	
6	48	28	24	33,6750		6	48	28	24	33,6750		6	48	28	24	33,6750	

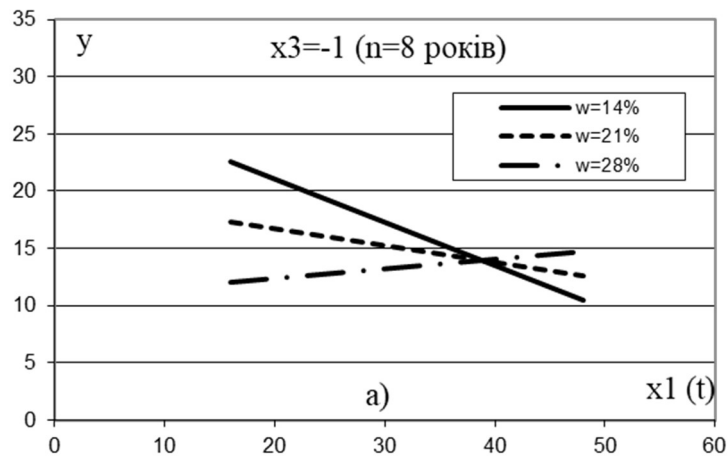


Рис.3.10. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вікової категорії 8 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

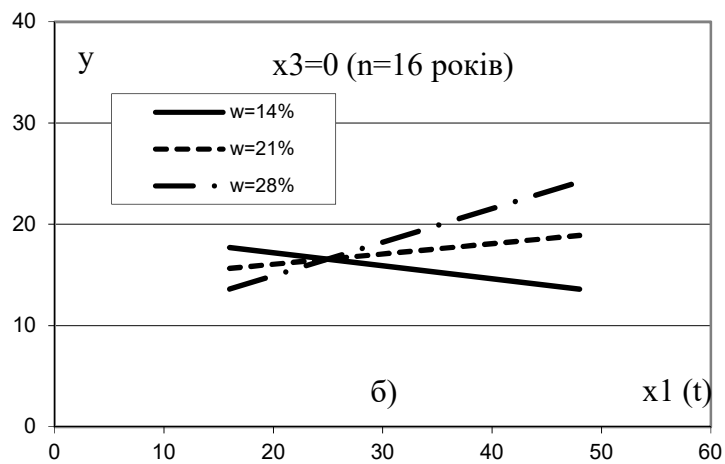


Рис.3.11. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вікової категорії 16 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

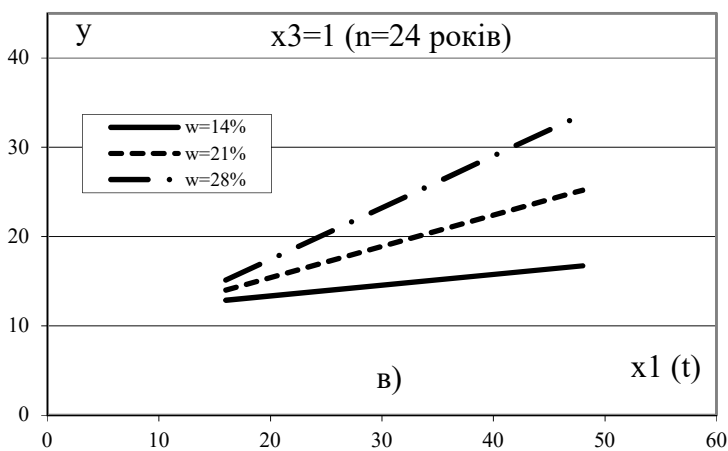


Рис.3.12. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вікової категорії 24 роки від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

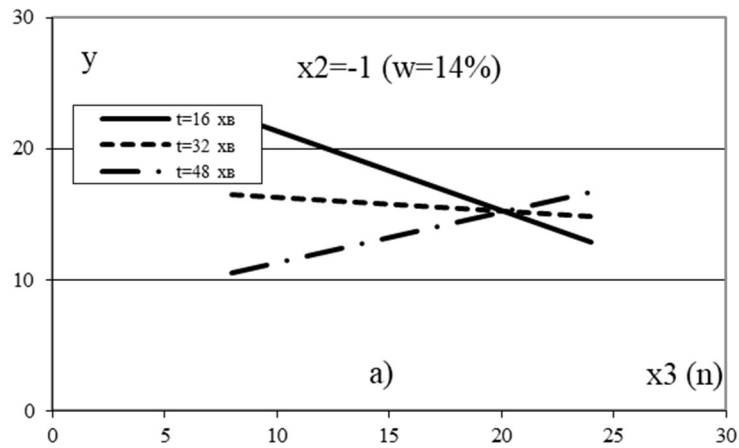


Рис.3.12. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вологістю 14% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

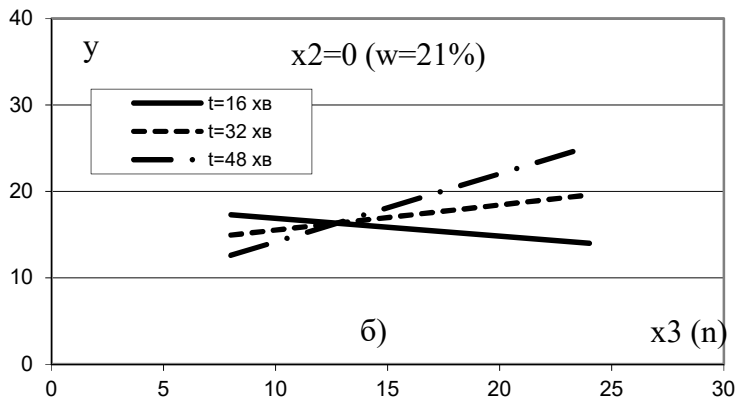


Рис.3.13. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вологістю 21% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

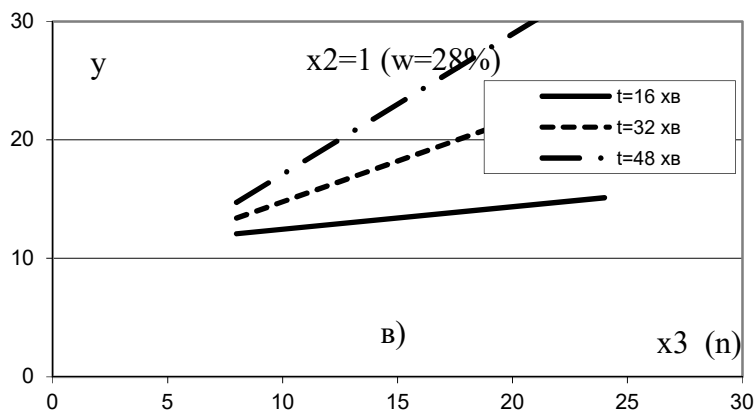


Рис.3.15. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни вологістю 28% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

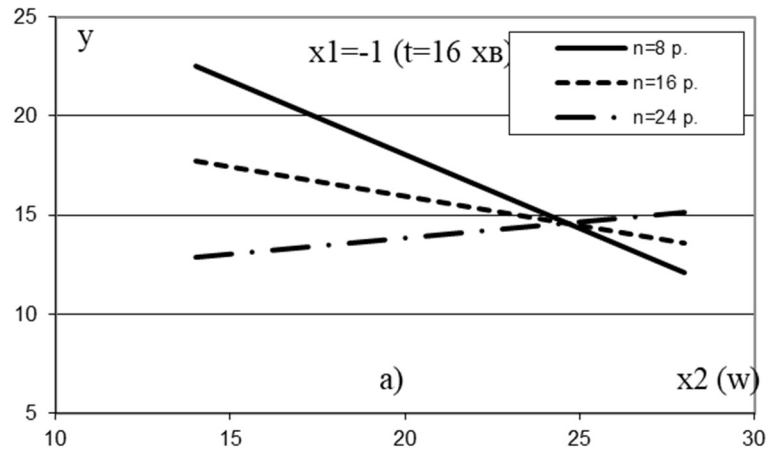


Рис.3.16. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни терміном проведення гідротермічної обробки 16хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

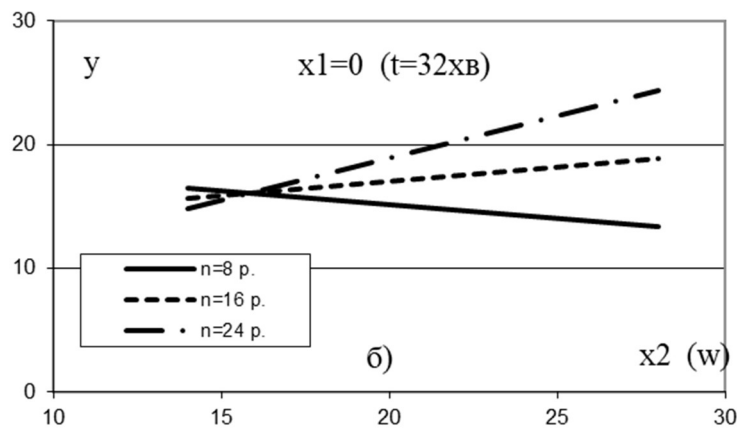


Рис.3.17. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни терміном проведення гідротермічної обробки 32хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

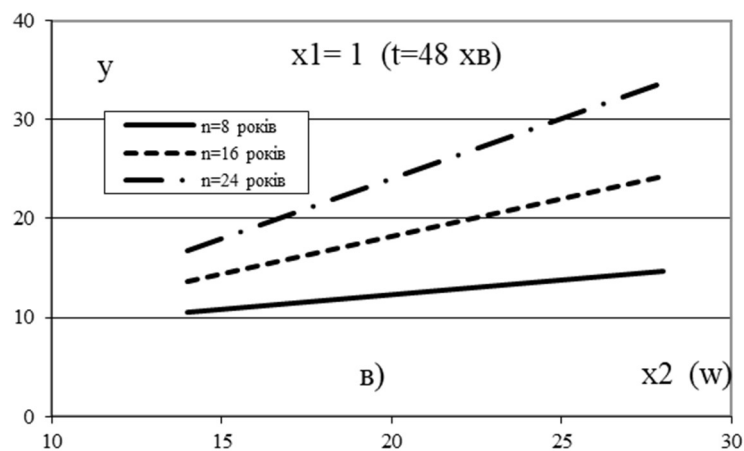


Рис.3.18. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із сосни терміном проведення гідротермічної обробки 48хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

3.5. Графічна інтерпретація результатів експериментального встановлення характеристик гнутих зразків із вживаної деревини дуба

Для побудови графіків для кожної породи, зокрема ясена, було визначено значення вихідної величини за отриманим рівнянням регресії при різних діапазонах контрольованих вхідних факторах, що подано у табл. 3.15.

Так як досліджували три змінних фактори для вживаної деревини із дуба, то було побудовано три групи лінійних графіків залежності контрольованої вихідної величини від певного фактору, а інші фіксувалися та подавались в легенді кожного графіка. (рис.3.19-3.27).

Таблиця 3.15

Вихідна величина, що визначення за результатами зміни вхідних факторів для вживаної деревини для породи дуб

№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік	№	Вхідні дані факторів			Дані регресії, у	Графік
	x1	x2	x3				x1	x2	x3				x1	x2	x3		
1	16	14	8	19,5500	x3=-1	1	16	14	8	19,5500	x2=-1	1	16	14	8	19,5500	x1=-1
2	48	14	8	10,6500		2	16	14	24	9,0500		2	16	28	8	14,2500	
3	16	21	8	16,9000		3	32	14	8	15,1000		3	16	14	16	14,3000	
4	48	21	8	13,4000		4	32	14	24	12,1000		4	16	28	16	15,0000	
5	16	28	8	14,2500		5	48	14	8	10,6500		5	16	14	24	9,0500	
6	48	28	8	16,1500		6	48	14	24	15,1500		6	16	28	24	15,7500	
1	16	14	16	14,3000	x3=0	1	16	21	8	16,9000	x2=0	1	32	14	8	15,1000	x1=0
2	48	14	16	12,9000		2	16	21	24	12,4000		2	32	28	8	15,2000	
3	16	21	16	14,6500		3	32	21	8	15,1500		3	32	14	16	13,6000	
4	48	21	16	18,6500		4	32	21	24	18,1500		4	32	28	16	19,7000	
5	16	28	16	15,0000		5	48	21	8	13,4000		5	32	14	24	12,1000	
6	48	28	16	24,4000		6	48	21	24	23,9000		6	32	28	24	24,2000	
1	16	14	24	9,0500	x3=1	1	16	28	8	14,2500	x2=1	1	48	14	8	10,6500	x1=1
2	48	14	24	15,1500		2	16	28	24	15,7500		2	48	28	8	16,1500	
3	16	21	24	12,4000		3	32	28	8	15,2000		3	48	14	16	12,9000	
4	48	21	24	23,9000		4	32	28	24	24,2000		4	48	28	16	24,4000	
5	16	28	24	15,7500		5	48	28	8	16,1500		5	48	14	24	15,1500	
6	48	28	24	32,6500		6	48	28	24	32,6500		6	48	28	24	32,6500	

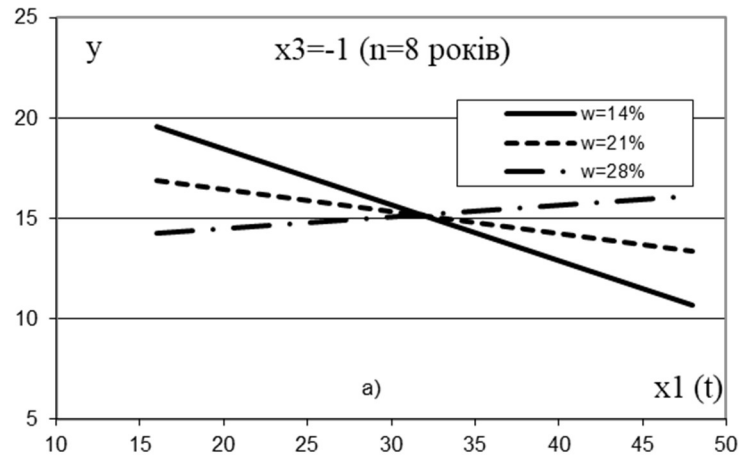


Рис.3.19. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вікової категорії 8 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

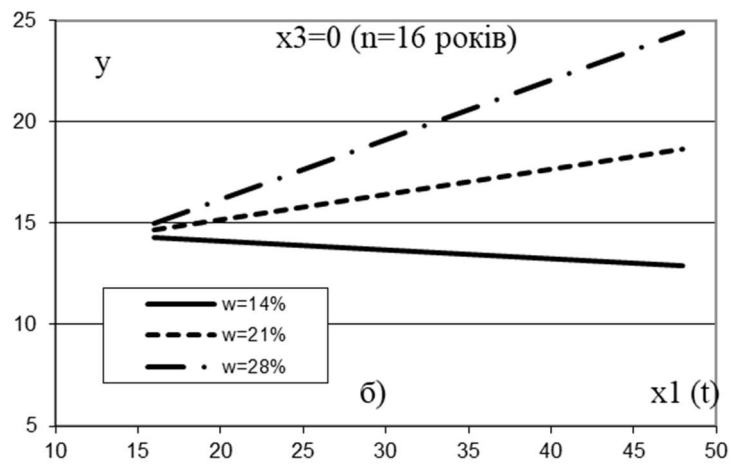


Рис.3.20. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вікової категорії 16 років від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

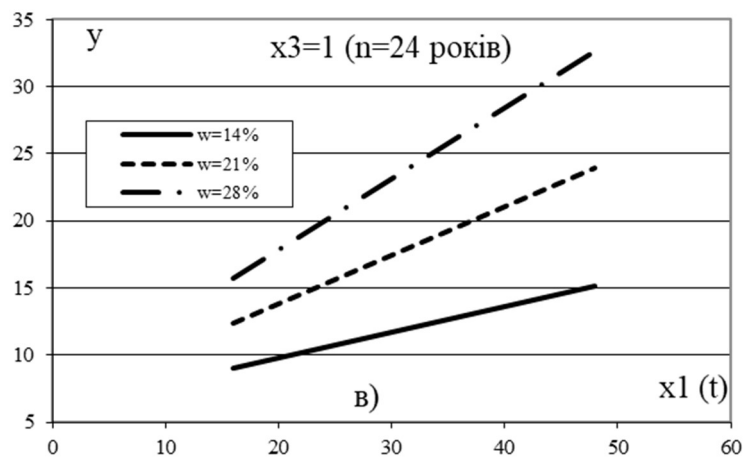


Рис.3.21. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вікової категорії 24 роки від змінної вологості та терміну проведення гідротермічної обробки

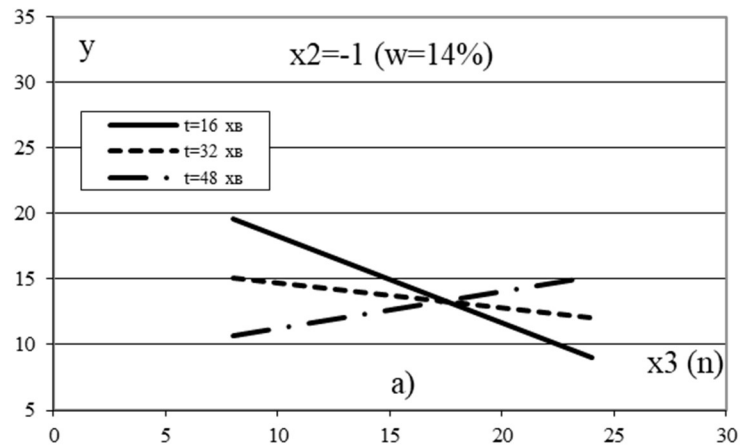


Рис.3.22. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вологістю 14% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

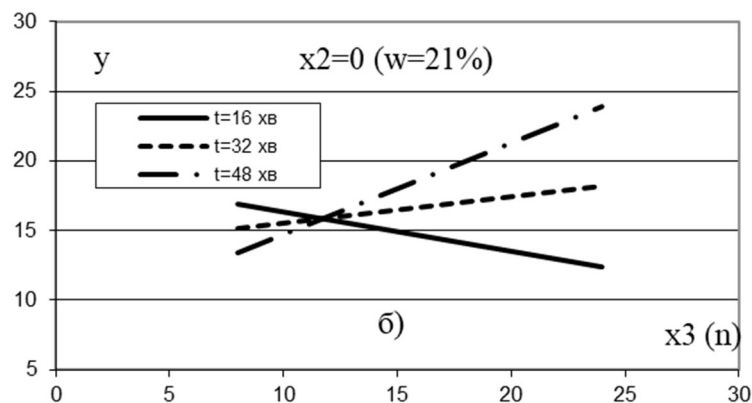


Рис.3.22. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вологістю 21% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

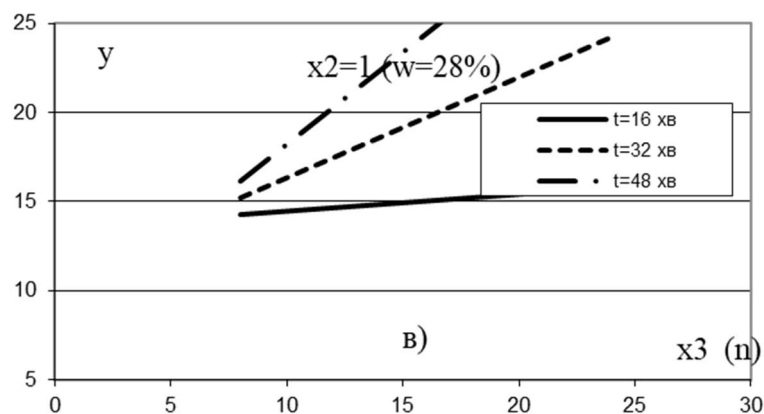


Рис.3.23. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба вологістю 28% від різних вікових категорій вживаної деревини та терміну проведення гідротермічної обробки

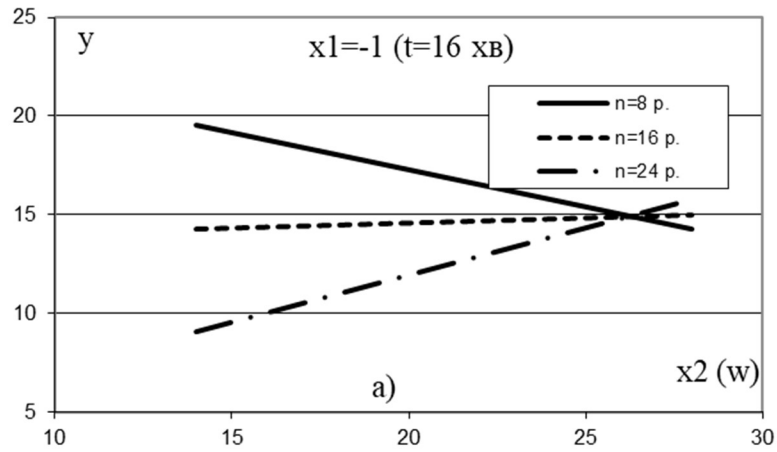


Рис.3.25. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба терміном проведення гідротермічної обробки 16хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

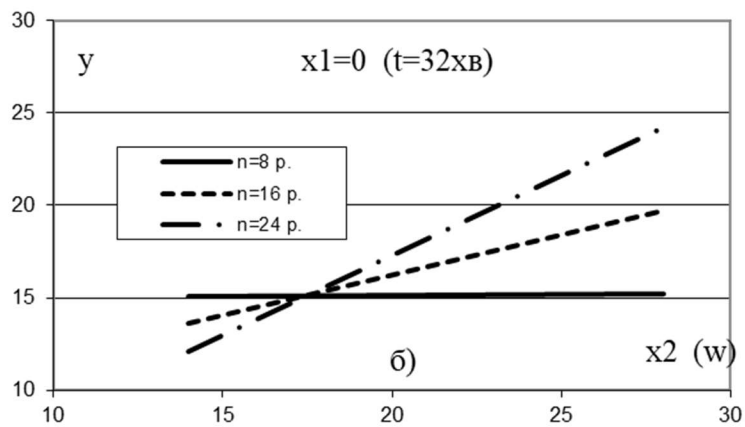


Рис.3.26. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба терміном проведення гідротермічної обробки 32хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

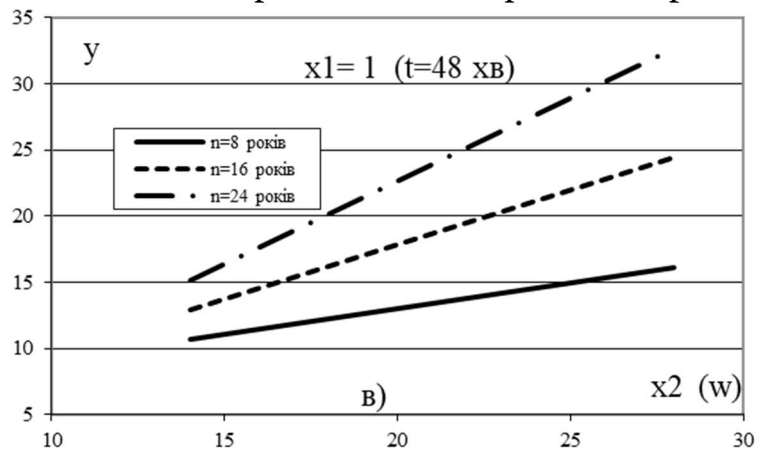


Рис.3.27. Представлення залежностей контрольованої довжини гнutoї дуги вживаної деревини із дуба терміном проведення гідротермічної обробки 48хв від різних вікових категорій вживаної деревини та різної вологості

За результатами аналізу графіків, що описують залежності довжини дуги від трьох змінних факторів, встановлено, майже аналогічні показники за довжиною при одних і тих же величинах вхідних параметрів. Встановлено, що найменше значення довжини дуги виявлено для деревини дуба, що становить 32,65 мм, потім для деревини сосни, що становить 33,675 мм, а найбільше для деревини ясеня, що становить 35,75 мм.

Аналіз довжини дуги залежно від конкретного фактору:

- Збільшення часу термічної обробки збільшує довжину дуги;
- Збільшення вологості вживаної деревини збільшує довжину дуги;
- Збільшення терміну експлуатації вживаної деревини збільшує довжину дуги, тобто чим старіша вживана деревина тим краще вона гнеться.

3.3. Висновки до третього розділу

1. Проведено три серії експериментів для трьох найпоширеніших порід вживаної деревини на предмет встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

2. Виконано статистичну обробку даних експерименту стосовно встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

3. Отримано три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

4. Перевірено, що три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини є адекватними.

5. Встановлено, що найменше значення довжини дуги виявлено для деревини дуба, що становить 32,65 мм, потім для деревини сосни, що становить 33,675 мм, а найбільше для деревини ясеня, що становить 35,75 мм.

6. Аналіз довжини дуги залежно від конкретного фактору показав, що збільшення часу термічної обробки збільшує довжину дуги; збільшення вологості вживаної деревини збільшує довжину дуги; збільшення терміну експлуатації вживаної деревини збільшує довжину дуги, тобто чим старіша вживана деревина, тим краще вона гнеться. А це пов'язано з тим, що лігнін в старшій вживаній деревині змінює свої властивості та свою структуру, що сприяє плавному та безперервному якісному гнуттю.

4. Охорона праці

4.1. Особливості охорони праці щодо залучення вживаної деревини до матеріального перероблення

Проблеми та недоліки вживаної деревини як додаткового резерву сировини:

1. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема хлорпохідні елементи;

2. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема елементи важких металів;

3. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема елементи кольорових металів;

4. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема креозотові елементи та сполуки;

5. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема радіоактивні елементи та сполуки;

6. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема шкідливі елементи та сполуки;

7. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема свинцеві елементи;

8. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема антипірени;

9. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема антисептики;

10. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема речовини захисту;

11. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема пластик та папір;

12. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема ґрунт та пісок;

13. Вживана деревина, як додатковий сировинний та деревинний ресурс і доповнювач первинної деревини для меблевого та деревообробного виробництв може містити забруднювач, зокрема скло та дзеркала;

4.2. Заходи з охорони праці щодо ефективного залучення вживаної деревини до матеріального перероблення

Міроприємства та заходи щодо ефективного залучення вживаної деревини як додаткового резерву сировини до матеріального перероблення

1. Видаляти забруднювач, зокрема хлорпохідні елементи із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

2. Видаляти забруднювач, зокрема елементи важких металів із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

3. Видаляти забруднювач, зокрема елементи кольорових металів із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

4. Видаляти забруднювач, зокрема креозотові елементи та сполуки із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

5. Видаляти забруднювач, зокрема радіоактивні елементи та сполуки із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

6. Видаляти забруднювач, зокрема шкідливі елементи та сполуки із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

7. Видаляти забруднювач, зокрема свинцеві елементи із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

8. Видаляти забруднювач, зокрема антипірени та сполуки із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

9. Видаляти забруднювач, зокрема антисептики та сполуки із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

10. Видаляти забруднювач, зокрема речовини захисту із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

11. Видаляти забруднювач, зокрема пластик та папір із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

12. Видаляти забруднювач, зокрема ґрунт та пісок із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

13. Видаляти забруднювач, зокрема скло та дзеркала із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

14. Видаляти забруднювач, зокрема поверхневі лакофарбові матеріали із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

15. Видаляти забруднювач, зокрема металеві матеріали із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

16. Видаляти забруднювач, зокрема всю фурнітуру із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

17. Видаляти забруднювач, зокрема гнилизну із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

18. Видаляти забруднювач, зокрема дефекти від попереднього використання із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

19. Видаляти забруднювач, зокрема декоративно-шаруваті пластики із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

20. Видаляти забруднювач, зокрема декоративні покриття та шкірзамінники від попереднього використання із вживаної деревини, яка, як додатковий сировинний та деревинний ресурс за ефективного очищення стане доповненням до первинної деревини, що застосовується для певного меблевого та деревообробного виробництва;

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Початкові дані для розрахунку кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД

Приймаємо *наступні початкові дані для дослідження гнутих ламелей для визначення та здійснення порівняння економічних показників:*

1. Програма 100000 штук **гнутих ламелей** на рік.
2. Прямі витрати на створення **гнутих ламелей** із вживаної деревини становлять 1250,00 тис. грн.
3. Прямі матеріальні витрати на створення **гнутих ламелей** із первинної деревини, становлять 4000,00 тис. грн.
4. Середня зарплата одного робітника 18,65 тис. грн.
5. Для виготовлення **гнутих ламелей** із вживаної деревини буде задіяно 17 робітників із фондом місячної зарплати 820,60 тис грн.
6. Для виготовлення **гнутих ламелей** із вживаної деревини буде задіяно 22 робітника із фондом місячної зарплати 634,10 тис грн.
7. % на амортизацію приймаємо 19,55 %.
8. % на страхування приймаємо 22 %.

5.2. Зведена таблиця розрахунку кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД

Здійснено порівняння економічних показників та заносимо у таблицю 5.1. та, отримаємо показники собівартості асортименту гнутих ламелей.

Таблиця 5.1. Порівняльний кошторис виробничої собівартості гнутих ламелей, із первинної деревини (ПД) та із вживаної деревини

	Коеф.	ГЛ із ВЖД		ГЛ із ПД	
		тис.грн	грн. на 1 шт	тис.грн	грн. на 1 шт
1) Матеріальні витрати		1250,00	12,50	4000,00	40,00
2) на оплату праці	22/17	820,60	11,92	634,10	6,34
3) соціальне страхування (22%)	22	180,53	1,81	139,50	1,40
4) Амортизація			0,00		0,00
Обладнання	19,55%	185,00	1,85	205,35	2,05
Інструменту	0,35%	1,60	0,02	1,44	0,01
5) електроенергії	4,65	332,57	3,33	361,25	3,61
6) Інші (оренда)		158,60	1,59	158,60	1,59
сума			33,00		55,00
Зміна собівартості ГЛ із ВЖД,%			60,00		100,00
Здешевлення собівартості			40,00		

Отже, цехова собівартість складає:

1. Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із вживаної деревини становлять 33 грн.
2. Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із первинної деревини, становлять 55 грн.

Якщо собівартість гнутих ламелей із первинної деревини прийняти за 100 %, то здешевлення складає :

1. за одну штуку створення гнутих ламелей із вживаної деревини, здешевлення складає 40 %.

Із табл. 5.1. маємо номограму порівняльної собівартості гнутих ламелей рис. 5.1.

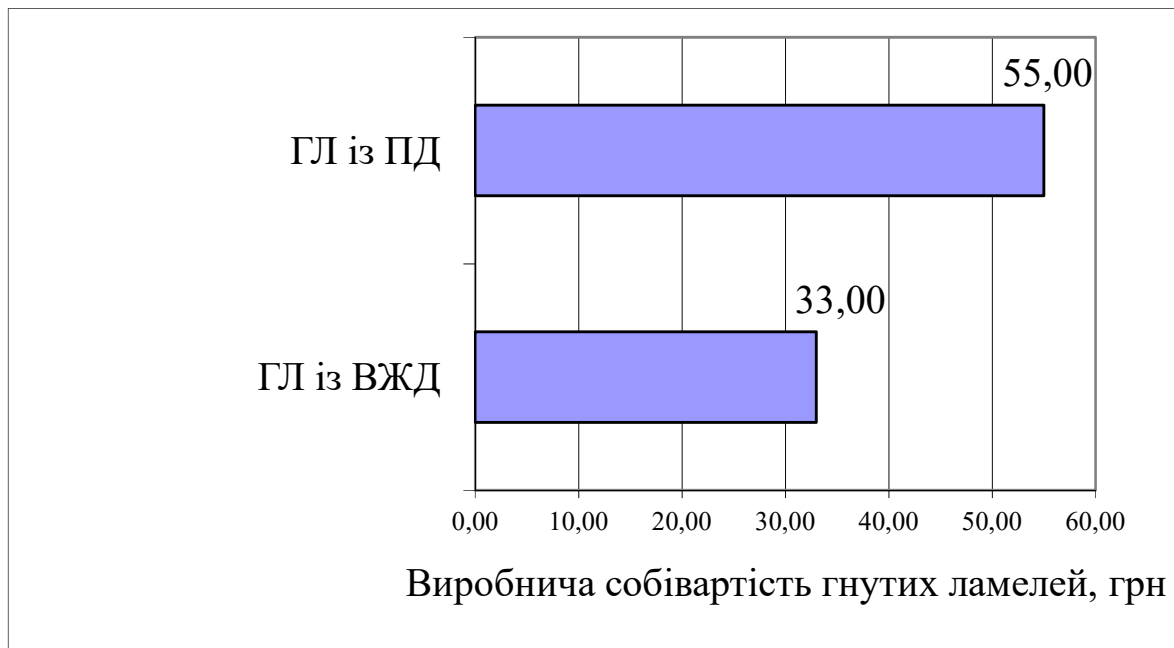


Рис. 5.1. Номограма порівняльної собівартості Гнутих ламелей із вживаної та первинної деревини, грн.

5.3. Висновки до розділу

1. Зроблено обчислення кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД
2. Визначено, що цехова собівартість складає:
 - Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із вживаної деревини становлять 33 грн.
 - Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із первинної деревини, становлять 55 грн.
3. Встановлено, якщо собівартість гнутих ламелей із первинної деревини прийняти за 100 %, то здешевлення за одну штуку створення гнутих ламелей із вживаної деревини, становитиме 40 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано стан заготівлі ліквідної деревини в Україні, що складає на рівні 16-22млн. м³. З'ясовано, що лісистість України нижче середнього і складає 10,4 млн га.
2. З'ясовано проблеми заготівлі первинної деревини: Важкодоступне розташування стиглих лісів. Екологічні обмеження. Відсутність лісозаготівельних доріг. Малий відсоток ділової деревини. Специфічні торги на деревину. Обмеження на продаж у лісництвах. Обмеження на породний склад. Зростаючі витрати на логістику. Проблеми продажу круглого лісу. Занижені ціни на оплату заготівельникам. Проблеми із лісовими залишками та відходами. Перебільшені ціни на дров'яну сировину на нижньому складі.
3. Обґрунтовано, як вирішити проблеми первинної сировини: Заготівля за пріоритетними сортиментами. Продаж за сортністю та класами якості. Перероблення круглого лісу на відповідні сортименти в Україні на 100%. Розроблення лісових доріг. Пропонування адекватних цін на первинну сировину. Не реалізовувати первинну круглу деревину за кордоном. Малим підприємствам встановити середньо зважені обсяги закупівлі на місцях дислокації у безпосередній близькості до лісництв. Активно використовувати залишки та відходи деревини. Знаходити шляхи для залучення у виробничий процес вживаної деревини.
4. Обговорено та проаналізовано причини та проблеми сьогодення з приводу залучення цього ресурсу до використання. Зокрема, це відсутність загально-прийнятої програми, наукової бази, обладнання для подрібнення, пристроїв для очищення, установок для сортування щодо належного використання цього додаткового резерву сировини для матеріального перероблення у виробництві виробів з деревини, щитових конструкційних матеріалів, якісних заготовок, бездефектних відрізків для ґратчастих меблів, зокрема садових та паркових комплексів та іншого призначення.
5. Описано методи та способи виготовлення отримання кривизни на заготовках: випилювання з дошки або плит, гнуття за заданим контуром; гнуття з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням; гнуття деревини в пресах; склеювання з одночасним гнуттям, наприклад шарів шпону. Використання методу гнуття за принципом BENDWOOD.
6. Обґрунтовано наукові основи гнуття, суть яких у наступному: Створення навантаження більшого за опір деревини. Збільшення довжини опуклого зовнішнього боку заготовки. Зменшення довжини опуклого внутрішнього боку заготовки. Середня лінія гнutoї заготовки має однакову довжину як прямолінійна заготовка.
7. Описано операції гнуття з використанням вживаної деревини: вхідний контроль. заготівля. сортування. сушіння під відкритим небом. очищення. відтинання дефектів. поверхневе очищення. видалення металевих включень. створення бази. розкрій згідно специфікацій. гідротермічне оброблення. пропарювання. гнуття. технологічну витримку. сушіння. контроль якості.
8. Розроблено завдання досліджень у відповідності до проаналізованих проблем та актуальності стану питання

9. Обґрунтовано та проаналізовано область експерименту : вхідні фактори впливають на область експерименту, вхідні фактори мають область, тобто крайні значення, область значень – це всі значення факторів під час дослідження, вхідні фактори – це керовані фактори, якщо вхідні не міняються то вони контрольовані, область експерименту – це вхідні та вихідні фактори та об'єкт досліджень, Об'єкт досліджень – це матеріал та/або процес над чим працюють, Фактори об'єкта – деревина, технологічні параметри, Фактор деревини – вживана деревина конкретних порід з їх розмірами та вологістю, а також віку спожитої деревини, Фактор технологічний – тривалість гідротермічної обробки, температура взірців. Таким чином, є багато факторів, які мають вплив на об'єкт досліджень. Для реалізації задумів необхідно розробити методичну сітку досліджень та провести повнофакторний план експерименту.

10. Обґрунтовано та проаналізовано постійні та змінні для проведення експерименту. Визначено, що постійними будуть: Метод ґруття, Тип гідротермічної обробки, Умови середовища, Властивості вживаної деревини, щільність зокрема, Умови попереднього використання вживаної деревини, Поперечні розміри взірців для випробування 20x10мм.

11. Обґрунтовано та проаналізовано та приймаємо за основу досліджень приймаємо три змінних фактори: термін проведення гідротермічної обробки, вік категорій вживаної деревини, насиченість вологою взірців вживаної деревини

12. Використовуючи системний підхід та досвід у сфері виробництва прийнято змінні фактори в таких діапазонах: вік вживаної деревини : до 8 років, до 16 років, до 24 років. термін проведення гідротермічної обробки : 16 хв, 32 хв, 48 хв. насиченість вологою взірців вживаної деревини : 14%, 21%, 28%.

13. Проаналізовано вплив факторів на отриману довжину дуги, як бездефектної заготовки: насиченість вологою взірців вживаної деревини – сприяє покращенню гнуття; термін проведення гідротермічної обробки – збільшення часу веде до зростання кількості вологи у взірцях, що сприяє гнуттю. вік вживаної деревини – визначимо в процесі експериментів.

14. Створено методичні сітки досліджень у вигляді повнофакторного плану, реалізація якої дасть можливість отримати дані експериментального дослідження для трьох змінних факторів: терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців вживаної деревини, зокрема ясена , сосни, дуба.

15. Описано всі основні операції гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на відповідних пристроях: підготовка взірців відповідних розмірів 1000x20x10 мм, оброблення температурою 90...95°C. у воді, витримування у ємкості з водою зазначений відлік часу, забезпечення насиченості вологою згідно методичної сітки досліджень, контролювання вологості взірців згідно методичної сітки досліджень, застосування приладу для вологості SW-200A для зняття показників.

16. Розглянуто безпосередні операції гнуття після гідротермічного оброблення взірців деревини для ефективного отримання залишкових деформацій після прикладання зусиль – деформування їх на лабораторних пристроях: застосування гнутаючого пристрою . становлення взірця у пристрій,

прижим взірця у гнута́рному пристрої у торцевому упорі, повертання важеля за годинниковою стрілкою, огинання заготовки навколо металевого диску, зупинка гнуття тільки при появі тріщин, замір бездефектної дуги, занесення розмірів у журнал досліджень.

17. Проведено три серії експериментів для трьох найпоширеніших порід вживаної деревини на предмет встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

18. Виконано статистичну обробку даних експерименту стосовно встановлення залежності довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

19. Отримано три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини.

20. Перевірено, що три регресійні моделі для трьох порід, що описують залежність довжини бездефектної дуги від трьох змінних факторів : терміну проведення гідротермічної обробки, вікових категорій вживаної деревини та насиченості вологою взірців деревини є адекватними.

21. Встановлено, що найменше значення довжини дуги виявлено для деревини дуба, що складає 32,65 мм, потім для деревини сосни, що складає 33,675 мм, а найбільше для деревини ясеня, що складає 35,75 мм.

22. Аналіз довжини дуги залежно від конкретного фактору показав, що збільшення часу термічної обробки збільшує довжину дуги; збільшення вологості вживаної деревини збільшує довжину дуги; збільшення терміну експлуатації вживаної деревини збільшує довжину дуги, тобто чим старіша вживана деревина, тим краще вона гнеться. А це пов'язано з тим, що лігнін в старшій вживаній деревині змінює свої властивості та свою структуру, що сприяє плавному та безперервному якісному гнуттю.

23. Зроблено обчислення кошторису виробничої собівартості гнутих ламелей із ВЖД. Визначено, що цехова собівартість складає: Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із вживаної деревини становлять 33 грн. Собівартість за одну штуку створення гнутої ламелі із первинної деревини, становлять 55 грн. Встановлено, якщо собівартість гнутих ламелей із первинної деревини прийняти за 100 %, то здешевлення за одну штуку створення гнутих ламелей із вживаної деревини, становитиме 40 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бехта П.А. Вживана деревина – незадіяний резерв сировини // Wood Business, №3, 2002. - С.44-45; №4, 2002.- С.42-43.
2. Білей П.В., Адамовський М.Г., Ханик Я.М., Довга Н.Д., Сорока Л.Я. Методологія наукових досліджень технологічних процесів. — Львів: Панорама. 2002. — 182с.
3. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: Навчальний посібник. – Львів: Український державний лісотехнічний університет, “Інтелект – Захід”, 2003. – 224 с.
4. Войтович І.Г., Кушпіт А.С. Чопенко Н.Ф., Кшивецький Б.Я., Маєвський В.О., Яріш О.В., Грицак С.А. Основи технології виробів з деревини: Лабораторний практикум. - Львів: РВВ НЛТУ України, 2008. – 128с.: іл. 65, табл. 28, бібліогр. 25.
5. Гайда С.В. Вживана деревина – додатковий ресурс сировини / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 238-243.
6. Гайда С.В. Історія та сучасність гнутих меблів. Журнал “Меблеві технології”. – Київ. №3 , 2005.
7. Гайда С.В. Матеріали для виготовлення виробів з деревини: Навч. видання. – Львів: “ВМС”, 2000. – 160 с.
8. Гайда С.В. Науково-технічні основи використання вживаної деревини в деревообробці: дисертація доктора технічних наук за спеціальністю 04.22.06 – технологія деревообробки, виготовлення меблів та виробів з деревини. – Львів: Національний лісотехнічний університет України, 2019. – 465 с.
9. Гайда С.В. Проблема деревної сировини у Європі та Україні. Лісове господарство, лісова, паперова та деревообна промисловість: міжвід. науково-технічний збірник – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 32. – С. 55-62.
10. Гайда С.В. Ресурсоощадні технології перероблення вживаної деревини / Серія «Техніка та енергетика АПК» // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – К.: РЦ НУБіП України. – 2013, вип. 184. – Ч.2 – С. 271-280.
11. Гайда С.В. Розроблення конструкцій та технології столярних плит із вживаної деревини / С.В. Гайда // Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу : зб. матеріалів міжн. наук.-практ. конф., 24-25 жовтня 2019 р. – Харків: ХНТУСГ. – 2019. – С. 69-70.
12. Гайда С.В. Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка. – 2016, вип. 178. – С. 3-11.
13. Гайда С.В. Технологія виготовлення гнутих деталей. Газета “Деревообробник”. – Львів. №8, 18.03.05.
14. Гайда С.В. Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації вживаної деревини. Лісове господарство, лісова, паперова та деревообна промисловість: міжвід. науково-технічний збірник – Львів : НЛТУ України. – 2008. – Вип. 33. – С. 68-80.
15. Гайда С.В., Максимів В.М., Туниця Т.Ю. Розроблення класифікатора

вживаної деревини. Лісове господарство, лісова, паперова та деревообна промисловість: міжвід. науково-технічний збірник – Львів: НЛТУ України. – 2008. – Вип. 33. – С. 55-68.

16. Гайда С.В., Білий Я.М. Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2016, вип. 42. – С. 69-79.

17. Гайда С.В., Войтович І.Г. Дослідження міцності та стійкості елементів гратчастих меблевих виробів із вживаної деревини // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка. – 2017, вип. 189. – С. 62-70.

18. Гайда С.В., Воронович В.В. Порівняльний аналіз гнуття вживаної деревини різних порід та вікових категорій // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 84-89.

19. Гайда С.В., Кійко О.А. Формостійкість як критерій якості столярних плит із вживаної деревини // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2018, вип. 17. – С. 185-192.

20. Гайда, С.В., Кійко, О.А. Визначення режимних параметрів поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом. Східно-Європейський журнал передових технологій, 5 (1(107), 2020), 89–97. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>

21. Заяць І.М. Технологія виробів з деревини: підручник для студентів лісотехнічного профілю, Львів: ІЗМН 1999. – С. 139-150.

22. Гайда С.В., Грицак С.А. Порівняльний аналіз фізико-механічних характеристик гнутих елементів із різних порід дерев. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2020, вип. 45. – С. 16-27. doi: <https://doi.org/10.36930/42204602>

23. Ільків М.М., Солонинка В.Р., Грицак С.А., Білий Я.М. Дослідження впливу режимних параметрів процесу термічної обробки деревини ясена на формостійкість комбінованих меблевих щитів // Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2019, вип. 44. – С. 47-54.

24. Кійко О.А. Статистичні методи підвищення якості продукції деревооброблення. – Львів: Панорама. – 228 с.

25. Носовський Т.А. Основи техніки безпеки. Київ, 1992 – 140

26. Чопенко Н.Ф. «Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Наукові дослідження в деревообробленні.»» Частина 1. Львів 2004 р.

27. Чопенко Н. Ф. «Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Наукові дослідження в деревообробленні.»» Частина 2, Львів 2005 р.

**Відгук наукового керівника
на магістерську кваліфікаційну роботу
студента другого курсу, групи ТВД-61м**

Галапач Павла Мироновича

**на тему : Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із
вживаної деревини, м. Львів**

Представлена до захисту студентом **Галапач Павлом Мироновичем** магістерська робота на тему **«Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із вживаної деревини»** містить всі кваліфікаційні компоненти щодо її написання, структури наповнення, змісту розкриття необхідних розділів.

Суть магістерської роботи розкрита повністю у чотирьох основних розділах, з розробленням підсумкових висновків та подання пропозицій для наукових організацій. Мета досягнута. Також в роботі присутні вступ, анотація, перелік довідкової літератури та додатки.

Магістерська робота дипломника є кваліфікаційною працею, у якій вирішено актуальне наукове завдання щодо **Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із вживаної деревини**. Необхідно зазначити, що студентом у пояснювальній записці зроблено детальне обґрунтування методики визначення **характеристик гнутих елементів із вживаної деревини** для аналізу, встановлено величини гнуття для здійснення порівняльного техніко-економічного аналізу та накопичення бази даних.

Студент сумлінно підійшов до виконання магістерської роботи, зібравши спочатку всі необхідні матеріали, тобто підібрав взірці за породами та розмірами під час проходження переддипломної практики та, використавши їх, провів всі необхідні розрахунки, які обґрунтовують гнучкість елементів із вживаної деревини.

Враховуючи висловлене, вважаю, що магістерська робота **Галапач Павла Мироновича «Визначення та аналіз характеристик гнутих елементів із вживаної деревини»**, поданої на здобуття другого ступеня вищої освіти за рівнем отриманих результатів, змістом та обсягом є закінченою кваліфікаційною працею, в якій отримані розрахункові та практичні результати, а її автор, **Галапач Павло Миронович** заслуговує присудження фахової кваліфікації «Магістр» за спеціальністю 187 «Деревообробні та меблеві технології».

Керівник:



Оцінка : «Відмінно»

д-р. техн. наук., проф. Гайда С.В.