

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГНУТТЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ РІЗНИХ ПОРІД ТА ВІКОВИХ КАТЕГОРІЙ

Встановлено, що альтернативною технологією виготовлення криволінійних заготовок є гнуття масивної деревини. Така технологія дозволяє виготовляти криволінійні деталі меблевого виробництва з мінімальними втратами сировини. До того ж встановлена можливість гнуття вживаної деревини, яка чудово піддається цьому процесу та забезпечує високі значення радіусу згину. Аналіз особливостей гнуття вживаної деревини різних порід, вікових категорій, розмірів та під час попереднього пропарювання різної тривалості показав, що максимальний радіус згину досягається зі збільшенням тривалості гідротермічного оброблення та зменшенням поперечних перерізів досліджуваних зразків. Доведено, що деревина третьої вікової категорії, тобто найстаріша – вживана, найкраще піддається гнуттю. Запропоновано, що з метою економії сировини та розвитку технологій деревооброблення необхідно максимально можливо замінювати операції випилювання криволінійних заготовок на гнуття масивної деревини з попереднім гідротермічним обробленням.

Ключові слова: гнуття, радіус, порода, гідротермічна обробка, деревина.

Наукова проблема. Деревообробна промисловість України з кожним роком розвивається, про що можна судити із кількості експонентів української меблевої промисловості на різноманітних виставках та товарної продукції, що поставляється як на зовнішній, так і внутрішній ринки [6-9]. Існує багато методів отримання криволінійних заготовок, а саме: випилювання з дошки та інших деревинних матеріалів криволінійних заготовок із їх подальшою механічною обробкою; склеювання з одночасним гнуттям шпону за потрібним радіусом; гнуття деревини в пресах без будь-якої попередньої обробки; гнуття масивної деревини з попереднім пропилюванням; гнуття з одночасним склеюванням заготовок з масивної деревини; гнуття масивної деревини за заданим контуром з попереднім гідротермічним обробленням і наступним механічним обробленням. Останній метод є дуже економним щодо деревини, порівняно дешевим та перспективним у технології перероблення вживаної деревини (ВЖД) [1-13].

Об'єктом дослідження стало отримання криволінійних заготовок у меблевому виробництві, предметом – виготовлення гнутих деталей методом гнуття деревини з попереднім пропарюванням, а метою – виявлення умов, засобів і способів для отримання вищезгаданих заготовок з метою економії деревини. Для досліджень нами було вибрано бруски за вологості $8\pm 2\%$ різних порід, а саме: ясен, сосна, дуб, та різних поперечних перерізів, які увійшли до кожної з порід і склали 10×10 мм, 15×15 мм, 20×20 мм. Кожна порода та розмірна група були поділені на три вікових категорії: перша – деревина, що була зрубана до 5 років назад, друга – близько 20 років та третя – близько 35 років. Кожний зразок пройшов гідротермічне оброблення відповідно 15, 30 та 45 хв. ГТОД та гнуття було проведено на лабораторних установках НЛТУ України кафедри ТВД. Для вирішення поставленої проблеми і у зв'язку з обраними об'єктом, **предметом та метою дослідження** було проведено планування та проведення експерименту повний факторний план, отримано рівняння регресії та складено графічну інтерпретацію результатів.

Змінним факторами було встановлено тривалість гідротермічної обробки, розмір зразка та вікова категорія, які фіксувались на трьох рівнях (табл. 1-3). Вихідною величиною у даних дослідженнях був радіус згину зразків.

¹ Воронович В'ячеслав В'ячеславович – магістр. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна.

² Гайда Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Ген. Чупринки, 103, м. Львів, 79057. Тел.: 032-258-31-75, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

Табл. 1. Методична сітка досліджень для породи ясен

Назва фактору	Позначення фактору		Натуральні значення			Кодовані значення			Δ
	натуральне	кодоване	нижнє	основне	верхнє	нижнє	основне	верхнє	
Тривалість ГТОД	<i>t</i>	x_1	15	30	45	-1	0	1	15
Розмір зразка	<i>a</i>	x_2	10	15	20	-1	0	1	5
Вік зразка	<i>n</i>	x_3	5	20	35	-1	0	1	15

Табл. 2. Методична сітка досліджень для породи сосна

Назва фактору	Позначення фактору		Натуральні значення			Кодовані значення			Δ
	натуральне	кодоване	нижнє	основне	верхнє	нижнє	основне	верхнє	
Тривалість ГТОД	<i>t</i>	x_1	15	30	45	-1	0	1	15
Розмір зразка	<i>a</i>	x_2	10	15	20	-1	0	1	5
Вік зразка	<i>n</i>	x_3	5	20	35	-1	0	1	15

Табл. 3. Методична сітка досліджень для породи дуб

Назва фактору	Позначення фактору		Натуральні значення			Кодовані значення			Δ
	натуральне	кодоване	нижнє	основне	верхнє	нижнє	основне	верхнє	
Тривалість ГТОД	<i>t</i>	x_1	15	30	45	-1	0	1	15
Розмір зразка	<i>a</i>	x_2	10	15	20	-1	0	1	5
Вік зразка	<i>n</i>	x_3	5	20	35	-1	0	1	15

Після складання методичних сіток дослідів були складені матриці повного факторного плану, введені результати експериментальних досліджень та розраховані середні значення і дисперсії. Також були розраховані коефіцієнти рівнянь регресії та перевірені на значущість (табл. 4-6).

Табл. 4. Коефіцієнти рівнянь регресії для ясеня та їх перевірка на значущість

Коефіцієнт	Значущість коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Межі достовірного інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	15,7	1,2419	Значуще	14,4581	16,9419
b_1	3,2		Значуще	1,9581	4,4419
b_2	-4,15		Значуще	-5,3919	-2,9081
b_3	2		Значуще	0,7581	3,2419
b_{12}	-6,35		Значуще	-7,5919	-5,1081
b_{13}	5,2		Значуще	3,9581	6,4419
b_{23}	-4,35		Значуще	-5,5919	-3,1081

Табл. 5. Коефіцієнти рівнянь регресії для сосни та їх перевірка на значущість

Коефіцієнт	Значущість коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Межі достовірного інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	15,4	1,2719	Значуще	14,1281	16,6719
b_1	2,45		Значуще	1,1781	3,7219
b_2	-3,25		Значуще	-4,5219	-1,9781
b_3	2,35		Значуще	1,0781	3,6219
b_{12}	-5,7		Значуще	-6,9719	-4,4281
b_{13}	4,4		Значуще	3,1281	5,6719
b_{23}	-3,9		Значуще	-5,1719	-2,6281

Як бачимо коефіцієнти рівнянь регресії всі значущі окрім єдиного для породи дуба, але не дивлячись на це ми його враховуємо. Для кожного із експериментів ПФП після розрахунку критеріїв Фішера та відповідного порівняння їх із табличними значеннями ми зробили висновок, що всі три моделі являються адекватними і можуть бути використаними для опису об'єктів, оскільки $F_{\text{розр.}} < F_{\text{табл.}}$

Табл. 6. Коефіцієнти рівнянь регресії для дуба та їх перевірка на значущість

Коефіцієнт	Значущість коефіцієнту	$t(q, f_y)S(b_i)$	Висновок	Межі достовірного інтервалу	
				$b_i - t(q, f_y)S(b_i)$	$b_i + t(q, f_y)S(b_i)$
b_0	15,05	1,6352	Значуще	13,4148	16,6852
b_1	3,1		Значуще	1,4648	4,7352
b_2	-2,65		Значуще	-4,2852	-1,0148
b_3	1,6		Незначуще	-0,0352	3,2352
b_{12}	-4,6		Значуще	-6,2352	-2,9648
b_{13}	5,25		Значуще	3,6148	6,8852
b_{23}	-3		Значуще	-4,6352	-1,3648

Отже, проведені розрахунки дозволили отримати наступні рівняння регресії повних факторних планів відповідно для породи ясеня, сосни та дуба:

- 1) $y = -22.55 + 1.021 \cdot t + 2.9 \cdot a + 0.31 \cdot n - 0.085 \cdot t \cdot a + 0.023 \cdot t \cdot n - 0.06 \cdot a \cdot n$;
- 2) $y = -20.95 + 0.91 \cdot t + 2.7 \cdot a + 0.35 \cdot n - 0.076 \cdot t \cdot a + 0.02 \cdot t \cdot n - 0.05 \cdot a \cdot n$;
- 3) $y = -10.93 + 0.66 \cdot t + 2.1 \cdot a + 0.0067 \cdot n - 0.061 \cdot t \cdot a + 0.023 \cdot t \cdot n - 0.04 \cdot a \cdot n$.

Оскільки вплив факторів і взаємодій на функції відгуку добре аналізувати на основі графіків, побудованих за рівняннями регресії, ми побудували по три групи графіків залежності радіусу згину деревини від тривалості ГТОД, розмірів зразків та їх вікових категорій для кожного експерименту фіксуючи змінні фактори на мінімальному, середньому та максимальному рівнях (рис. 1-3).

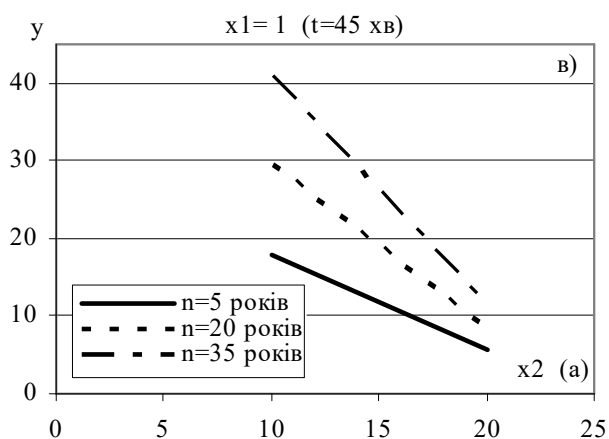
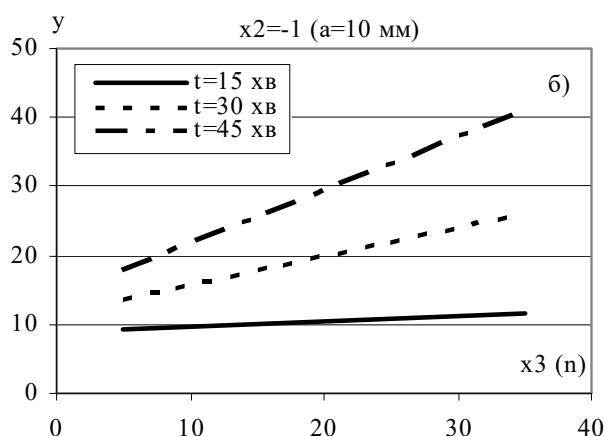
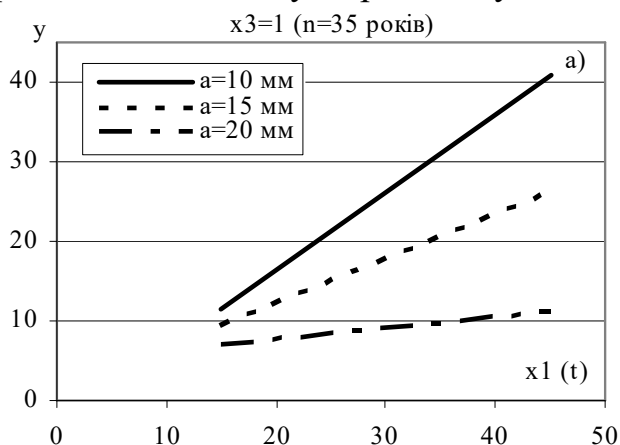


Рис. 1. Залежність радіусу згину деревини ясеня від тривалості ГТОД, розмірів зразків та їх вікових категорій:
а) при поперечному перерізі зразків 10×10 мм та зміні тривалості пропарювання і вікових категорій; б) при третій віковій категорії деревини та зміні розмірів зразків і тривалості пропарювання; в) при тривалості пропарювання 45 хв та зміні вікової категорії і розмірів зразків

У кожну групу увійшли по три графіки, але в статті представлені ті, в яких досягається найбільше значення вихідної величини, тобто радіусу згину деревини. З графіків чітко видно, що кожна з трьох обраних порід деревини при гнутті веде себе однаково, тобто максимальний радіус гнуття досягається при тих самих значеннях вхідних параметрів. До того ж найкраще піддається згину ясен, а найгірше – дуб. Розрахунками встановлено, що максимальний радіус згину для деревини ясеня становить 40,95 мм, для сосни – 37,45 мм, а для дуба – 35,25 мм.

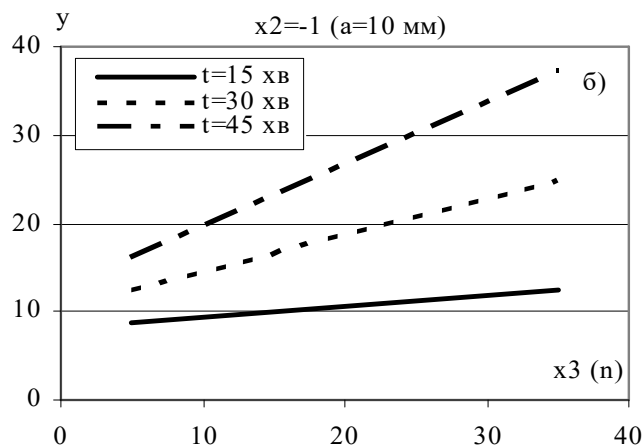
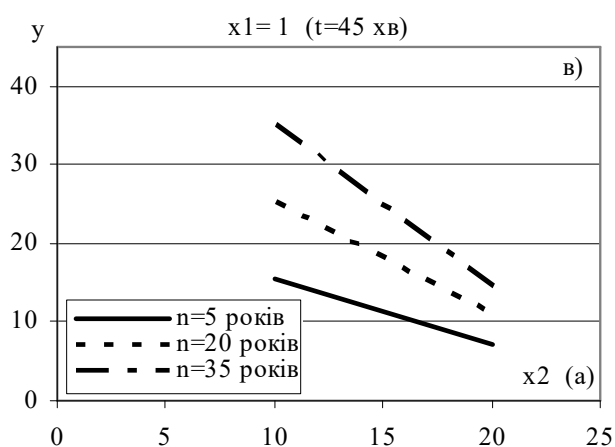
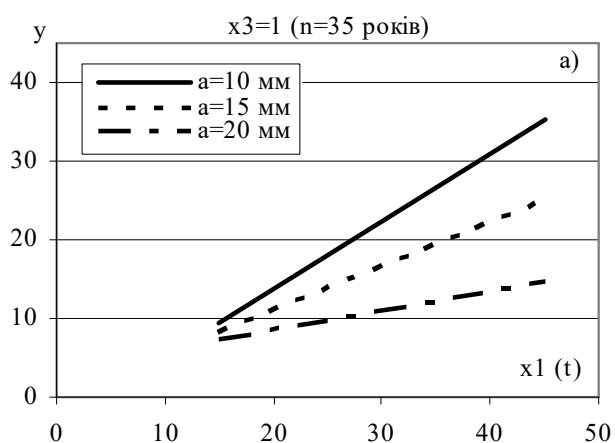
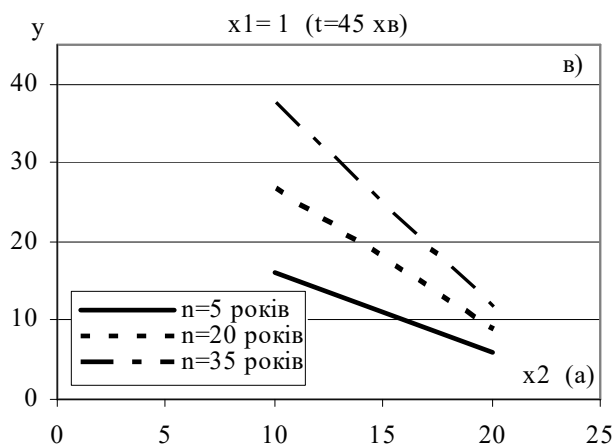
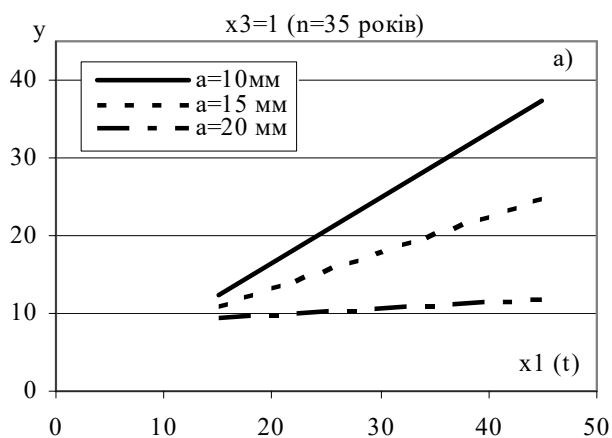


Рис. 2. Залежність радіусу згину деревини сосни від тривалості ГТОД, розмірів зразків та їх вікових категорій: а) при поперечному перерізі зразків 10×10 мм та зміні тривалості пропарювання і вікових категорій; б) при третій віковій категорії деревини та зміні розмірів зразків і тривалості пропарювання; в) при тривалості пропарювання 45 хв та зміні вікової категорії і розмірів зразків

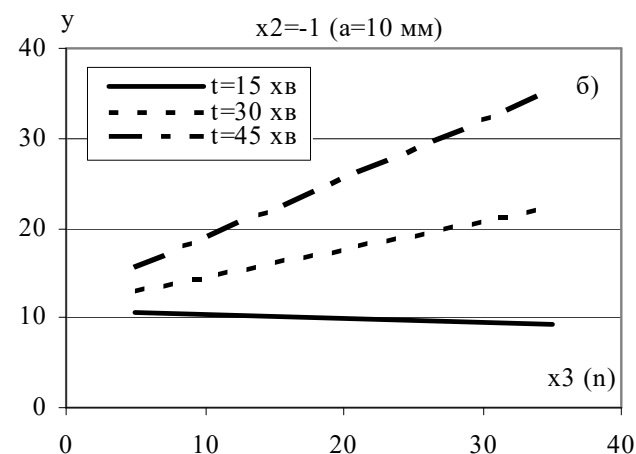


Рис. 3. Залежність радіусу згину деревини дуба від тривалості ГТОД, розмірів зразків та їх вікових категорій: а) при поперечному перерізі зразків 10×10 мм та зміні тривалості пропарювання і вікових категорій; б) при третій віковій категорії деревини та зміні розмірів зразків і тривалості пропарювання; в) при тривалості пропарювання 45 хв та зміні вікової категорії і розмірів зразків

Висновки: Встановлено, що максимальний радіус згину досягається зі збільшенням тривалості гідротермічної обробки та зменшенням поперечних перерізів досліджуваних зразків. Досліджено, що ВЖД добре піддається гнуттю та забезпечує високі значення радіусу згину. Запропоновано з метою економії сировини та розвитку технологій деревооброблення максималь-

но можливо замінити операції випилювання криволінійних заготовок на гнуття масивної, як первинної, так і вторинної деревини з попередньою гідротермічною обробкою.

Література

1. Гайда С.В. Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Навч. посібн. – Львів: ВМС. – 2001, – 160 с.
2. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
3. Гайда С.В. Вживана деревина – додатковий ресурс сировини / Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 238-244. <https://doi.org/10.36930/421137165>
4. Гайда С.В., Коваль Л.І. Рециклінг відходів від розкрою MDF // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 49-54. <https://doi.org/10.36930/421137111>
5. Gayda S.V., Maksymiv V.M. From recycled post-consumer wood towards prime quality particleboard // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2010, вип. 36. – С. 57-77. <https://doi.org/10.36930/42103610>
6. Gayda S.V. A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2010, вип. 36. – С. 81-92. <https://doi.org/10.36930/42103612>
7. Gayda S.V. Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2009, вип. 35. – С. 63-83. <https://doi.org/10.36930/42093509>
8. Гайда С.В. Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації ВЖД // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 68-79. <https://doi.org/10.36930/42083411>
9. Гайда С.В., Максимів В.М., Туниця Т.Ю. Розроблення класифікатора вживаної сировини // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 55-68. <https://doi.org/10.36930/42083410>
10. Гайда С.В., Коваль Л.І. Проблеми та особливості вакуумного личкування МДФ-фасадів // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 111-115. <https://doi.org/10.36930/42083419>
11. Гайда С.В. Проблема деревної сировини у Європі та Україні // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 55-63. <https://doi.org/10.36930/42073312>
12. Гайда С.В., Максимів В.М. Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 63-73. <https://doi.org/10.36930/42073313>
13. Гайда С.В. Дослідження концентрації операцій у сучасному меблевому виробництві // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 73-79. <https://doi.org/10.36930/42073314>

UDK 674.815 *Master's degree V.V. Voronovich; assoc. prof. S.V. Gayda – UNFU*

Comparative analysis of bending particularities for various post-consumer wood species and age categories

The study of wood bending particularities for various wood species, age categories, specimens size and various duration of preliminary steaming indicates that the maximum bending radius is achieved by increased hydrothermal treatment duration and decrease in the cross-sectional diameter of specimens. Also it was revealed that the wood of the third age category, that is the oldest one, and, most probable, post-consumer wood is best amenable to bending. Thus, it is found that an alternative technique for obtaining curved components can be solid wood bending. It is this technique which makes it possible to produce curved components in furniture making with maximum wood saving. Besides, it is not improbable that post-consumer wood can be used for obtaining bent wood components because it is best suited for this process and ensures high values of bending radius. For the purpose of wood raw material saving and development of woodworking techniques, we propose that carving operations for obtaining curved components should be replaced by solid wood bending involving preliminary hydrothermal treatment.

Keywords: bending, radius, wood species, hydrothermal treatment (steaming), wood.