

УДК 630*52:582.632.2

МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ДІЛОВИХ СОРТИМЕНТІВ ДУБА ЗВИЧАЙНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ РІВНЯНЬ ТВІРНОЇ ДЕРЕВНИХ СТОВБУРІВ

В. Б. БИЧЕНКО, здобувач *, **В. В. БИЧЕНКО**, студент **,
В. В. МИРОНЮК, кандидат сільськогосподарських наук
*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

*E-mail: vladimirbb@i.ua; frostlalka@gmail.com;
victor.myroniuk@nubip.edu.ua*

Анотація. У зв'язку з переходом України на гармонізовані з європейськими вимогами методи обліку круглих лісоматеріалів постає необхідність удосконалення нормативного забезпечення для оцінки сортиментної структури деревного запасу. З цією метою в роботі досліджено можливості використання математичної моделі твірної стовбура для визначення об'єму ділових сортиментів дуба звичайного. Експериментальну базу досліджень формують шість пробних площ, закладених у дубових деревостанах під час проведення прохідних рубок і рубок головного користування, на яких відібрано 40 модельних дерев. Ми встановили, що найбільша мінливість діаметрів спостерігається в окоренковій частині стовбура та на ділянках у діапазоні від 0,5 до 0,9 висоти. Як математичну модель твірної обрано рівняння А. Козак (2004), яка виявилася найточнішою серед інших степеневих-показникових рівнянь і забезпечила точність визначення об'єму стовбурів у корі на рівні 7 %. Для моделювання об'єму сортиментів опрацьовано модель твірної стовбурів без кори. Середню квадратичну помилку обчислення об'ємів ділових сортиментів за опрацьованою моделлю оцінюють на рівні 10 %. У результаті досліджень запропоновано новий метод оцінки сортиментної структури деревного запасу під час подеревної таксації лісу.

Ключові слова: модель твірної стовбура, діловий сортимент, об'єм.

Актуальність дослідження. За час існування вітчизняної таксації в Україні створено надійну нормативну базу [3], яку широко застосовують під час матеріально-грошової оцінки лісосік і прогнозування розмірно-якісної структури деревини. В умовах переходу України на європейські стандарти сортиментації деревного запасу загострюється питання адаптації використовуваних методів обліку деревини відповідно до нових вимог. Зокрема, застосування середнього діаметра для визначення об'єму сортиментів та інші підходи щодо класифікації їх за якістю

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. І. Лакида.

** Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент В. В. Миронюк.

© В. Б. Биченко, В. В. Биченко, В. В. Миронюк, 2018

унеможливлють використання чинних нормативів для таксації лісосік. З огляду на це чинні сортиментні таблиці потребують удосконалення та уточнення, а опрацювання нових методів попередньої оцінки розмірно-якісної структури деревини вимагає застосування сучасних підходів щодо дослідження форми стовбурів, серед яких ключову роль відведено моделюванню твірної стовбура. На нашу думку, такий підхід дає змогу точніше узагальнити форму стовбура та окремих його частин, зокрема передбачити вихід ділових сортиментів визначених розмірів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ще Г. Б. Кофман зазначав, що на початку другої половини XIX ст. науковці розділилися на дві окремі гілки у питанні застосування методів визначення об'єму стовбура [2]. Одні наполягали на використанні показників форми – старі та нормальні видові числа, коефіцієнти і класи форми, числа збігу. Інший напрям ґрунтувався на дослідженні твірної деревного стовбура. Моделювання твірної стовбура пов'язане зі складними математичними обчисленнями. Довгий час це питання в Україні взагалі не привертало особливої уваги через брак належного програмного та апаратного забезпечення для виконання комп'ютерних розрахунків. У сучасних умовах ситуація істотно поліпшилася завдяки розробці відкритих програмних продуктів, які мають потужні обчислювальні ресурси, зокрема системи R.

Закономірності форми деревних стовбурів із використанням моделей твірної в різний час досліджували багато вчених. Д. І. Менделєєв був одним із перших, хто намагався описати твірну стовбура рівнянням кубічної параболи [1], В. Г. Нестеров [6] для цього використовував поліноми третього порядку, а А. М. Федосимов [9] – шостого. Застосування поліномів вищих степенів досить ґрунтовно дослідив О. Г. Мошкальов [4]. О. В. Поляков [8] запропонував описувати твірну стовбура рядом Фур'є за непарними многочленами Чебишева першого роду, А. З. Швиденко [10] застосував показникову функцію. За кордоном найпоширенішими рівняннями такого типу є степеневі-показникові моделі А. Kozak [12; 13] і та R. Newnham [15]. Їхньою перевагою є можливість калібрування значень окремих параметрів таким чином, щоб точніше врахувати індивідуальні особливості форми конкретного деревного стовбура [5]. Інший напрям досліджень твірної полягає у розділенні стовбура на декілька зон, котрі в подальшому описуються порівняно простими залежностями. Основою положенням цього методу у нашій країні є К. Є. Нікітін [7]. Напрацювання вченого втілено у комп'ютерній програмі ПЕРТА, яка дотепер широко застосовують науковці НУБіП України. Цей метод активно досліджували також закордоном, зокрема у працях Т. А. Мах і Н. Е. Burkhard [14], А. Clark et al. [11].

Мета досліджень полягає в аналізі точності прогнозування об'єму стовбурів і ділових сортиментів дуба звичайного з використанням степеневі-показникових рівнянь А. Kozak та R. Newnham.

Матеріал і методика досліджень. Первинну дослідну інформацію отримано в результаті обміру 40 модельних дерев (МД) дуба на шести тимчасових пробних площах, закладених у лісовому фонді державного

підприємства «Смілянське лісове господарство». Пробні площі закладали безпосередньо перед проведенням прохідних рубок і рубок головного користування на відповідній ділянці. Дані польових досліджень заносили до картки МД. Обробку вихідних даних здійснювали з використанням табличного процесора MS Excel та програми ПЕРТА, розробленої кафедрою таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України. Підбір параметрів рівнянь твірної виконано в системі R за допомогою статистичного пакета nlme. Загальну характеристику дослідного матеріалу наведено в табл. 1.

1. Характеристика модельних дерев

Таксаційний показник	Середнє арифметичне значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Стандартне відхилення
Діаметр у корі на висоті 1,3 м, см	41,0	20,2	61,7	9,9
Висота, м	26,8	20,1	33,5	3,2
Старе видове число (f)	0,484	0,391	0,576	0,045
Коефіцієнт форми (q_2)	0,648	0,490	0,805	0,060
Об'єм стовбура у корі, м ³	1,930	0,396	3,464	0,479

Незважаючи на незначний обсяг дослідного матеріалу, варто акцентувати увагу на широкому діапазоні мінливості як діаметра, так і висоти модельних дерев дуба. Зокрема, діаметри коливаються у межах від 20,2 до 61,7 см, а висоти – від 20,1 до 33,5 м. Значення видового числа для вибірки змінюється від 0,391 до 0,576. Отже, зібраний дослідний матеріал достатньо мірою характеризує насадження, де закладали пробні площі.

Результати досліджень. При підготовці статистичних даних для роботи з певною моделлю необхідно забезпечити спільну методичну базу для їх оцінювання, вони повинні утворювати взаємно узгоджений набір і мати однорідну структуру одиниць сукупності. Для вирішення цього завдання проведено узагальнення даних про форму стовбурів у відносній системі координат. Для цього значення діаметрів і висот кожної секції МД було перераховано у відносних одиницях $d_i/d_{0,1}$ та h_i/h відповідно (рис. 1).

Із рис. 1 видно, що відносні діаметри мають значний розмах в окоренковій частині та в діапазоні $0,5-0,9h$, що вказує на наявність у вибірці модельних дерев із нетиповою формою стовбурів. Для подальшого узагальнення використано класи форми. Для цього за результатами обробки матеріалів таксації МД за програмою ПЕРТА отримано три основні класи форми ($q_{0,25}$, $q_{0,5}$, $q_{0,75}$). Слід зауважити, що класи форми та інші параметри стовбурів за вказаною програмою розраховують після апроксимації твірної деревного стовбура в окремих зонах за допомогою рівняння:

$$y = a_0 + a_1 e^{a_2 x}, \quad (1)$$

де y – діаметр стовбура, см; x – відстань від окоренка, м; a_0 , a_1 , a_2 –

параметри рівняння.

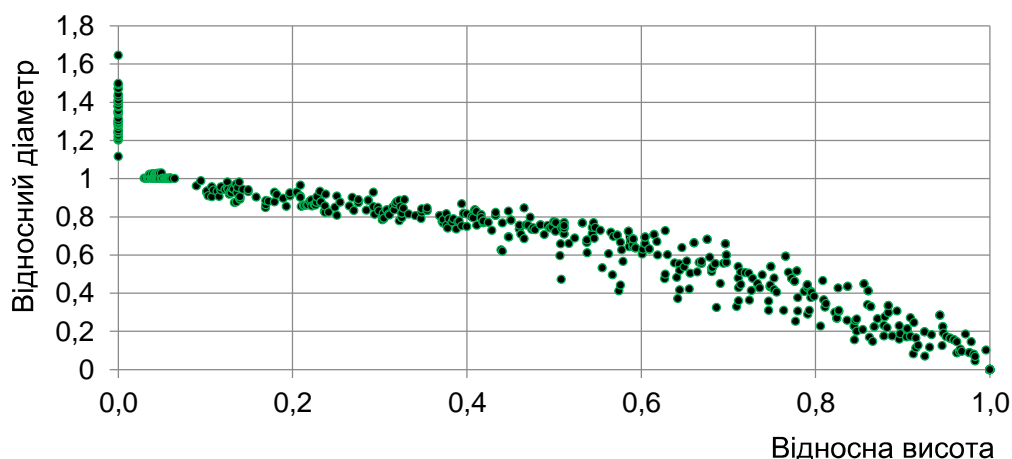


Рис. 1. Форма стовбурів дуба у відносній системі координат

Узагальнені емпіричні значення збігу стовбурів дуба, встановлені за середніми значеннями класів форми, наведено на рис. 2.

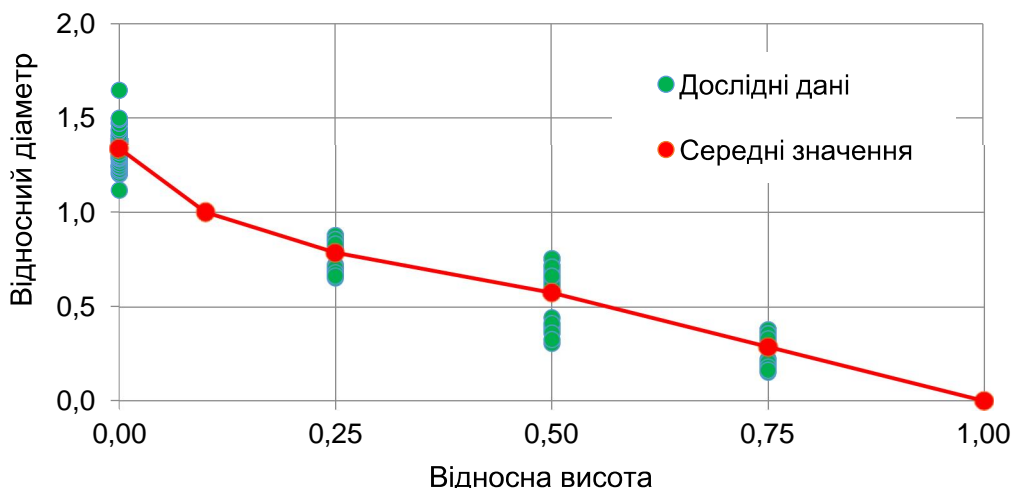


Рис. 2. Форма стовбурів дуба відповідно до значень класів форми

Відповідно до рис. 2, у діапазоні від 0,05 до 0,5 висоти дерева форма стовбурів стабілізується, що позначається на мінливості відносних значень діаметрів. Така особливість визначає точність математичного моделювання збігу стовбурів і може вплинути на результати обчислення об'єму в цілому та окремих сортиментів. Своєю чергою параметри найцінніших ділових сортиментів із нижньої частини стовбурів можуть оцінюватися за моделлю твірної із незначними відхиленням.

Для моделювання твірної використано три поширені степеневопоказникові рівняння (табл. 2).

Пошук параметрів моделей твірної для всієї сукупності здійснювали з урахуванням внутрішньогрупової мінливості спостережень у межах кожного рівня (окреме дерево). Значення цих параметрів підібрано в системі R із застосуванням пакета nlme та наведено в табл. 3.

2. Степеново-показникові моделі твірної деревних стовбурів

Автор моделі	Математичний вираз моделі*	Номер моделі
A. Kozak (1988) [12]	$d_i = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot a_2^d \cdot X^{b_1 \cdot Z^2 + b_2 \cdot \ln(Z+0.001) + b_3 \cdot \sqrt{Z} + b_4 \cdot \exp(Z) + b_5 \cdot (d/h)}$ $X = \frac{1 - \sqrt{h_i/h}}{1 - \sqrt{p}}; \quad Z = \frac{h_i}{h}; \quad p = 0,225$	(2)
A. Kozak (2004) [13]	$d_i = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2} \cdot x^{(b_1 \cdot q^4 + b_2 \cdot (1/\exp(d/h)) + b_3 \cdot x^{0,1} + b_4 \cdot 1/d + b_5 \cdot h^w + b_6 \cdot x)}$ $x = \frac{w}{1 - 1,3/h^{(1/3)}}; \quad w = 1 - q^{1/3}; \quad q = h_i/h$	(3)
R. Newnham (1992) [15]	$d_i = d \cdot x^{(a_0 + a_1 \cdot (z-1) + a_2 \cdot \exp(a_3 \cdot z))}$ $x = \frac{h-h_i}{h-1,3}; \quad z = \frac{h_i}{h}$	(4)

*У наведених моделях: d_i – діаметр стовбура на висоті h_i ; d – діаметр стовбура на висоті 1,30 м; h – висота стовбура.

3. Параметри математичних моделей твірної стовбурів дуба

Значення параметра	Модель		
	A. Kozak (2004)	A. Kozak (1988)	R. Newnham (1992)
a_0	1,0329	0,6666	0,6949
a_1	0,9683	1,1582	0,3425
a_2	0,0286	0,9937	4,8653
a_3	–	–	16,6330
b_1	0,5381	0,5803	–
b_2	-0,2374	-0,1482	–
b_3	0,5331	0,5464	–
b_4	-3,5721	-0,1474	–
b_5	0,0131	-0,0535	–
b_6	-0,1013	–	–

Поведінку математичних моделей наведено на прикладі трьох стовбурів різної форми: збіжистої (рис. 3а), середньої (рис. 3б) та повнодеревної (рис. 3в). Опосередковано висновок про форму стовбура зроблено на основі значень видового числа. У нашому випадку, в масиві дослідних даних трапляються деревні стовбури, для яких видове число коливається від 0,391 до 0,576. Відповідно до цього спостерігається три типові ситуації прогнозування збігу стовбурів за математичними моделями (2–4).

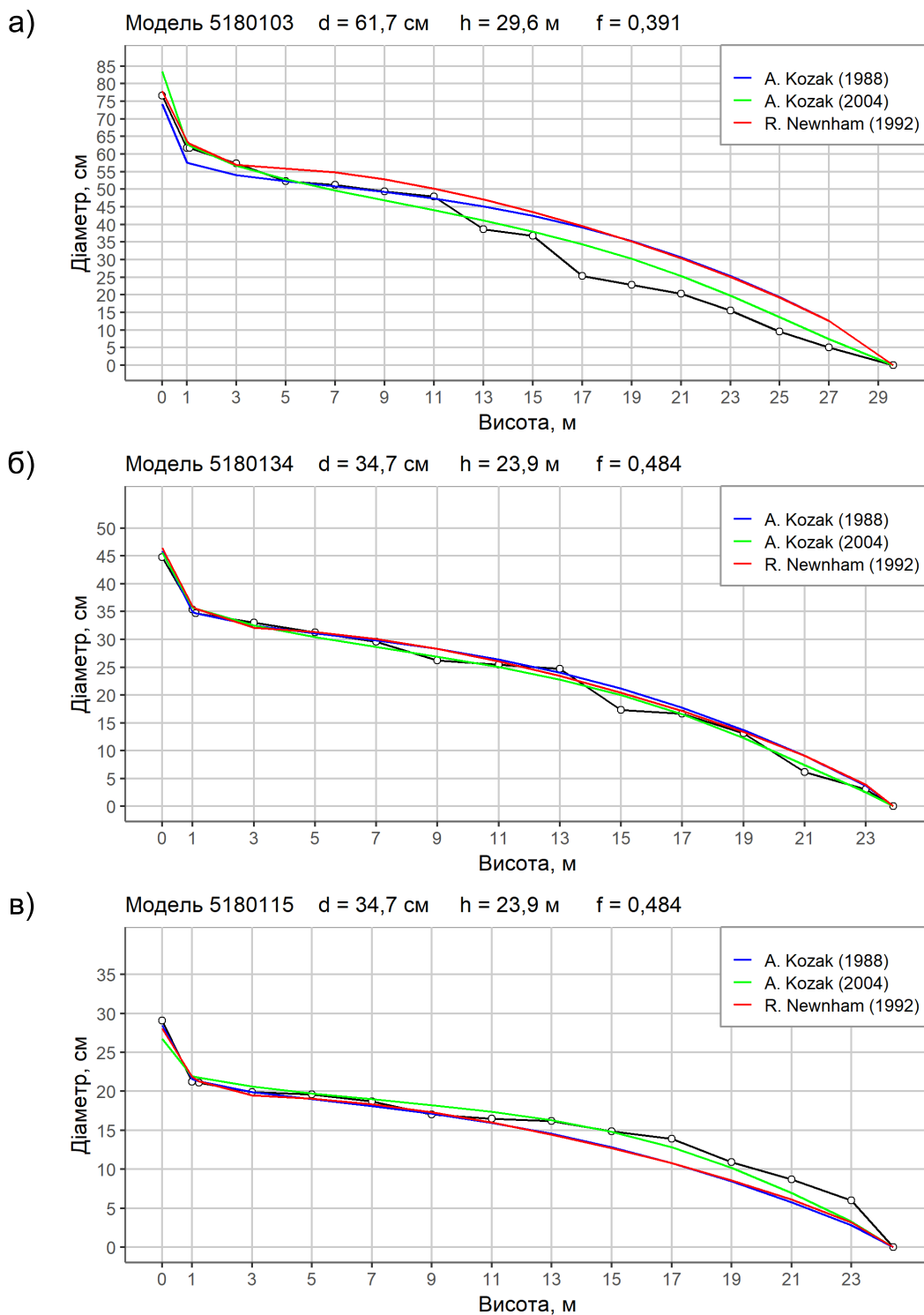


Рис. 3. Фактичні та змодельовані значення діаметрів стовбурів дерев дуба різної форми: а) збіжиста; б) середня; в) повнодеревна

Для збіжистих стовбурів математичні моделі точно описують форму стовбурів у нижній частині, проте завищують значення діаметрів у верхівковій. Для середньої форми стовбурів очікується найточніший прогноз. Із рис. 3б видно, що твірна А. Kozak (2004) майже збігається із результатами замірів діаметрів по всій протяжності стовбура. Для стовбурів дуба високої повнодеревності опрацьована модель істотно

недооцінює фактичні значення діаметрів у верхівковій частині. Отже, треба враховувати, що математична модель дає змогу точно виконати прогноз збігу для типових стовбурів дуба.

Як відомо, об'єм стовбура (або його частини) можливо визначити, проінтегрувавши рівняння твірної:

$$V = \frac{\pi}{4} \int_0^L f^2(h) dh, \quad (5)$$

де V – об'єм стовбура; L – висота стовбура; $f(h)$ – функція твірної стовбура; h – висота.

Утім, одна з проблем визначення об'єму таким способом полягає в тому, що далеко не всі рівняння можуть бути інтегровані. Альтернативою цьому може бути застосування складних (секційних) формул, адже, маючи рівняння твірної, визначення діаметра (та площі поперечного перерізу) на довільній висоті є елементарною задачею. У наших дослідженнях застосовано складну формулу Симпсона (6), а під час розрахунку об'єму стовбур розділявся на 100 рівних частин. Очевидно, що чим коротшою є секція, тим ближче результат наблизатиметься до значення інтеграла:

$$V = (g_H + 4g_{0,5} + g_B) \cdot l \cdot 6^{-1} \quad (6)$$

де V – об'єм стовбура; g_H , $g_{0,5}$, g_B – площа поперечного перерізу в нижній, середній та верхній частинах секції відповідно; l – довжина секції.

Для статистичного оцінювання величини відхилень загальних об'ємів стовбурів у корі обчислено систематичну та стандартну помилку (табл. 4). Тут і далі за істинні приймалися значення, отримані за програмою ПЕРТА.

4. Величина помилок визначення об'єму стовбура

Помилка	Модель		
	A. Kozak (2004)	A. Kozak (1988)	R. Newnham (1992)
Систематична помилка, %	0,4	-1,1	0,2
Стандартна помилка, %	±7,4	±7,6	±8,8

Враховуючи значення стандартних помилок, а також дані, наведені на рис. 4, можна зробити висновок, що найточніше форму стовбура описує модель A. Kozak (2004). Тому саме її обрано для подальших розрахунків.

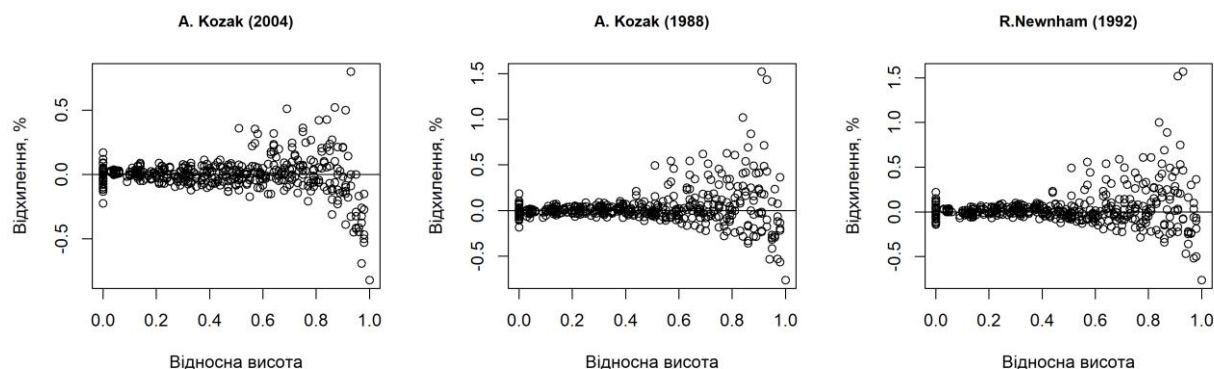


Рис. 4. Розподіл залишків моделей залежно від висоти стовбура дуба

Із метою визначення об'єму сортиментів досліджували закономірності зміни товщини кори вздовж стовбурів дуба. Як математичну модель використано таке рівняння:

$$\left(\frac{\widetilde{d}_{\text{бк}}}{d_{\text{ук}}}\right) = a_0 \cdot (h - h_i)^{a_1}, \quad (7)$$

де $\left(\frac{\widetilde{d}_{\text{бк}}}{d_{\text{ук}}}\right)$ – співвідношення між діаметрами без кори та в корі на висоті 1,3 м; a_0 , a_1 – параметри рівняння.

Перевага подібної математичної полягає в тому, що співвідношення діаметрів у точці h становить 0. Це забезпечує коректний перехід від діаметрів у корі до діаметрів без кори на верхівці стовбура, які за будь-якої висоти дорівнюють нулю:

$$d_{\text{бк}} = d_{\text{ук}} \cdot \left(\frac{\widetilde{d}_{\text{бк}}}{d_{\text{ук}}}\right). \quad (8)$$

Після моделювання закономірностей зміни товщини кори в системі R одержано такі параметри рівняння (7): $a_0 = 0,8042$; $a_1 = 0,0407$. Відповідно до цього модель (3) було скориговано з урахуванням рівняння (8), що дало змогу використовувати її для прогнозування діаметрів без кори та обчислення об'єму перших трьох ділових сортиментів, які заготовляли на лісосіках. Із цією метою використовували також формулу Симпсона (6). Зазначимо, що для встановлення нижньої та верхньої границь кожної ділової колоди на стовбурі враховували середньостатистичну висоту пня 0,15 м, розраховану на основі масиву дослідного матеріалу. Результати порівняння результатів моделювання об'єму стовбурів дуба в корі та ділових сортиментів без кори зображено на рис. 5.

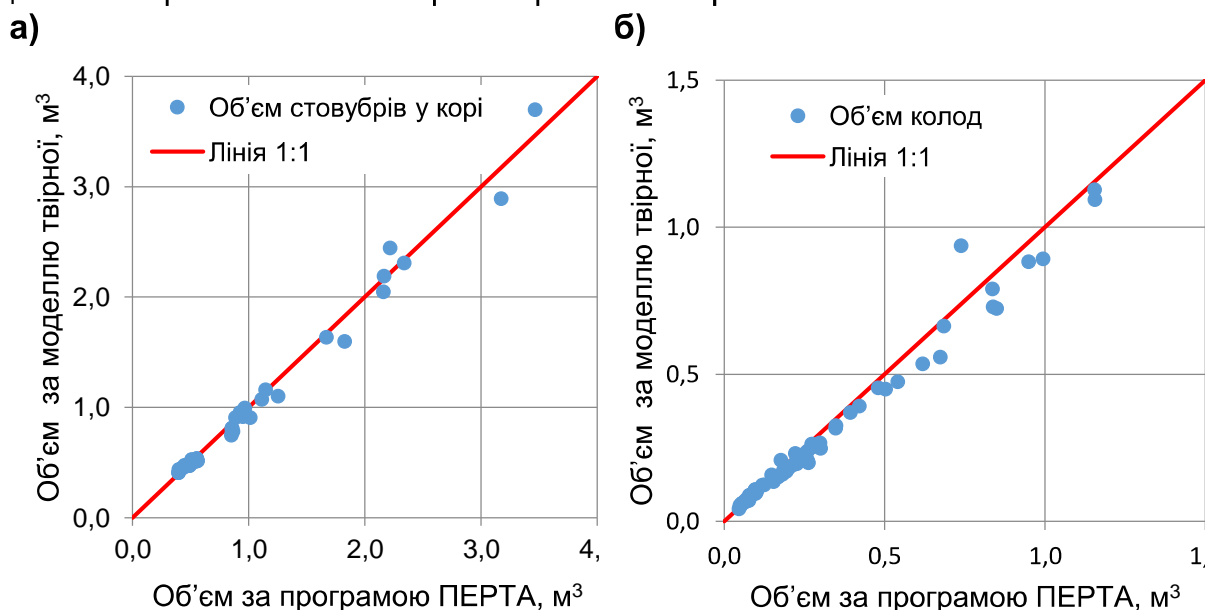


Рис. 5. Фактичні та змодельовані значення об'єму: а) об'єм стовбурів у корі; б) об'єм ділових сортиментів без кори

Порівняно з об'ємом стовбурів у корі прогнозування об'єму ділових сортиментів дуба без кори має меншу точність: систематична помилка – -2,7 %, середня квадратична помилка – 10,1 %. Найбільші відхилення спостерігаються для колод завдовжки понад 4,0 м, а основна частина спостережень рівномірно концентрується з обох боків лінії 1:1. На цій підставі є об'єктивні підстави розглянути можливість використання одержаних результатів на практиці. Зокрема, ми запропонували принципово нову форму таблиць, які можна застосовувати для попередньої оцінки розмірно-якісної структури окремих дерев дуба звичайного (табл. 5).

5. Фрагмент проекту нормативів для подеревної таксації об'єму стовбурів дуба звичайного

Діаметр, см	Висота, м	Об'єм стовбура у корі, м ³	Об'єм ділової частини стовбура без кори, м ³			
			кількість ділових колод довжиною 3,0 м			
			1	2	3	...
...
20	22	0,399	0,081	0,149	0,208	...
	23	0,419	0,082	0,151	0,211	...
	24	0,439	0,082	0,152	0,213	...
...
40	26	1,484	0,318	0,563	0,765	...
	27	1,543	0,320	0,568	0,775	...
	28	1,601	0,321	0,572	0,782	...
...
60	31	3,594	0,715	1,262	1,716	...
	32	3,709	0,718	1,271	1,732	...
	33	3,825	0,722	1,280	1,748	...

Наведена таблиця дає змогу визначити об'єм стовбурів у корі та об'єм ділових сортиментів стандартної довжини (у нашому випадку 3,0 м). Вхідними даними для визначення є діаметр і висота стовбура, а також кількість ділових сортиментів, які можна одержати для конкретного стовбура. Зазначимо, що ця таблиця є ескізом і може бути доповнена більшою кількістю колод або іншими стандартними розмірами сортиментів (довжиною, мінімальним діаметром).

Висновки. У зв'язку з переходом України на європейські стандарти щодо розмірів та якості круглих лісоматеріалів виникає потреба у вдосконаленні нормативів і методичних підходів щодо таксації лісу на корені. Математичне моделювання форми стовбурів із використанням рівнянь твірної розширює можливості оцінки кількісних параметрів окремих сортиментів ділової деревини. Опрацьована методика дає змогу з прийнятною точністю визначати об'єм стовбурів дуба, а також вихід окремих ділових сортиментів. Крім цього, математичне моделювання твірної значно розширює можливості прогнозування кількісних показників деревного запасу, зокрема дозволяє деталізувати оцінку розмірних показників ділової деревини.

References

1. Anuchin, N. P. (1982). *Lesnaya taksatsiya: uchebnik dlya VUZov* [Forest mensuration: textbook for universities]. Moskva, 552.
2. Kofman, H. B. (2013). *Rost i forma derevyev* [Growth and tree stem form]. Novosibirsk, 210.
3. Kashpor, S. M. (2013). *Lisotaksatsiinyi dovidnyk* [Forest inventory handbook]. Kyiv, 496.
4. Moshkalev, A. H. (1973). *Zanizheniye obyemov stvolov v nastoyashcheye vremya i ustraneniye oshibki pri kharakteristike obrazuyushchey polinomom* [Underestimation of tree stems volumes at the present time and elimination of errors in the case of modelling stem profiles using polynomial]. *Issues of forest inventory, forest mensuration and forest economics*, Leningrad, 85–102.
5. Myroniuk, V. V., & Polishchuk, V. V. (2016). *Porivnialnyi analiz riznykh pidkhodiv do modeliuvannia tvirnoi berezy povysloi* [Comparative analysis of different approaches for modeling of stem taper of birch trees]. *Forestry and Park-Gardening*, 9, 14. Available at: <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/myronyuk-polischuk>.
6. Nesterov, V. H., Korotkova, S. A., & Korotkov, A. M. (1971). *Izmenenie obrazuyushchey drevesnogo stvola s vozrastom* [Change of tree stem taper with age]. *Bulletin of Timiriasev Agricultural Academy*, 162, 346–350.
7. Nykytyn, K. E. (1978). *O logarifmicheskom uravnenii obrazuyushchey drevesnogo stvola* [Concerning the logarithmic taper equation of tree stem]. *Scientific Works of Ukrainian Agricultural Academy*, 213, 4–9.
8. Poliakov, O. V., & Poliakov, M. O. (2008). *Adaptyvna promyslova sortymentatsiia lisosichnoho fondu: normatyvno-dovidkovi dani* [Adaptive industrial system for timber volume estimation of the forest fund: reference data]. *Scientific Herald of the National Agrarian University*, 122, 153–158.
9. Fedosymov, A. N. (1968). *Obemu stvolov sosnu srednei formu* [Volumes of medium-shaped pine trees]. *Forestry*, 4, 52–53.
10. Shvidenko, A. Z. (1981). *Teoreticheskiye i eksperimentalnyye obosnovaniya sistemy inventarizatsii gornykh lesov zony intensivnogo vedeniya khozyaystva* [Theoretical and Experimental Substantiations for the System of Inventory Mountain Forests in Zone of Intensive Forest Management]. Doctor's thesis. Ukrainian Agriculture Academy. Kyiv. 300.
11. Clark III, A., Souter, R. A., & Schlaegel, B. E. (1991). *Stem Profile Equations for Southern Tree Species (Research Paper SE-282)*. Asheville, North Carolina. 113.
12. Kozak, A. (1988). *A variable-exponent taper equation*. *Canadian Journal of Forest Research*, 18 (11), 1363–1368. Available at: <https://doi.org/10.1139/x88-213>.
13. Kozak, A. (2004). *My last words on taper equations*. *The Forestry Chronicle*, 80(4), 507–515. Available at: <https://doi.org/10.5558/tfc80507-4>.
14. Max, T. A., & Burkhart, H. E. (1976). *Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations*. *Forest Science*, 22 (3), 283–289.

15. Newnham, R. M. (1992). Variable-form taper functions for four Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22 (2), 210–223. Available at: <https://doi.org/10.1139/x92-028>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ДЕЛОВЫХ СОРТИМЕНТОВ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УРАВНЕНИЙ ОБРАЗУЮЩЕЙ ДРЕВЕСНЫХ СТВОЛОВ

В. Б. Быченко, В. В. Быченко, В. В. Миронюк

Аннотация. В связи с переходом Украины на гармонизированные с европейскими требованиями методы учета круглых лесоматериалов возникает необходимость совершенствования нормативного обеспечения для оценки сортиментной структуры древесного запаса. С этой целью в работе исследованы возможности использования математической модели образующей древесных стволов для определения объема деловых сортиментов дуба. Экспериментальную базу исследований формируют шесть пробных площадей, заложенных в дубовых древостоях во время проведения проходных рубок и рубок главного пользования, на которых отобрано 40 модельных деревьев. Нами установлено, что наибольшая изменчивость диаметров наблюдается в комлевой части ствола и на участках в диапазоне от 0,5 до 0,9 высоты. Как математическую модель образующей использовано уравнение А. Козак (2004), которая оказалась наиболее точной среди других степенно-показательных уравнений и обеспечила точность определения объема стволов в коре на уровне 7 %. Для моделирования объема сортиментов разработано модель образующей стволов без коры. Средняя квадратическая ошибка в определении объемов деловых сортиментов по разработанной модели образующей оценивается на уровне 10 %. В результате исследований предложен новый метод оценки сортиментной структуры древесного запаса, который может быть применен при подеревной таксации леса.

Ключевые слова: модель образующей ствола, деловой сортимент, объем.

MODELLING ROUNDWOOD MERCHANTABLE VOLUMES FOR COMMON OAK USING TREE STEM TAPER EQUATIONS

V. Bychenko, V. Bychenko, V. Myroniuk

Abstract. Because of adoption in Ukraine harmonized with European standards methods for roundwood volumes estimation a demand for improving a regulatory base for timber volume estimation has risen. For that reason, the paper discusses the issues related to application of mathematical model of stem taper for calculation of merchantable volumes of common oak logs. The research is based on six sample plots established during harvest operation in premature and mature oak stands where 40 sample trees were selected and measured. We have found that the form of oak stems rather variable in a butt section and in upper sections between 0.5 to 0.9 of total stem height. We

selected A. Kozak (2004) taper equation as the most precise among other variable-exponent equations. The accuracy for total stem volume prediction using this model is estimated to be about 7 %. To estimate merchantable timber volumes we have developed model to predict diameters along stem inside bark. The mean root square error for roundwood volume calculation is assessed to be 10 %. As a result of the study, a novel approach for individual tree volume estimation has been proposed.

Keywords: taper equation, merchantable timber, volume.

УДК 635.051*58.085:582.61

**ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ АСЕПТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА
ПЕРВИННИЙ МОРФОГЕНЕЗ *LYSIMACHIA VULGARIS* L.**

С. Ю. БІЛОУС

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України,*

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»

А. Ф. ЛІХАНОВ, Р. К. МАТЯШУК

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»

E-mail: forest_biotech@ukr.net

Анотація. Рослини *Lysimachia* L. є джерелом цінних біологічно компонентів, природних антиоксидантів, що активно використовуються у фармацевтичній промисловості. Обґрунтовано актуальність і розроблено підходи до мікроклонального розмноження *Lysimachia vulgaris* L. на етапі введення в культуру *in vitro*. З'ясовано, що органогенез у культурі *L. vulgaris* залежить від типу стерилізуючої речовини та часу експозиції. Встановлено, що використання стерилізуючих агентів впливає на швидкість і частоту індукції первинних мікропагонів *in vitro*. Комбінування або ж почергове витримування експлантів *L. vulgaris* у декількох розчинах для стерилізації незалежно від типу є неефективним, оскільки рослинні тканини значно пошкоджуються й не здатні до морфогенезу. Зауважено активну проліферацію первинних мікропагонів на живильному середовищі МС доповненим $2,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП та $0,2 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ НОК із частотою 90%.

Ключові слова: *Lysimachia vulgaris* L., культура *in vitro*, живильне середовище, експлантат, первинний морфогенез.

Актуальність. Нині увага світової спільноти дедалі частіше зосереджується на питаннях, пов'язаних зі стрімким скороченням світової флори. Зростання антропогенного навантаження, глобальні кліматичні зміни є основними причинами збіднення фіторізноманіття. Дедалі більше