

## 5. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

УДК 630\*526.5:630\*174.752](477.8)

М.П. ГОРОШКО<sup>1</sup>, С.В. ПОРТАХ<sup>2</sup>

### ОБ'ЄМНА СТРУКТУРА СТОВБУРІВ ЯЛИЦІ БІЛОЇ У МОДАЛЬНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕННЯХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

*Розглянуто історію розвитку та наведено класифікацію основних типів функцій твірної стовбура як однієї з сучасних методик, які використовуються для обчислення об'єму стовбура та дослідження його форми.*

*Для дослідження ялицевих деревостанів різного віку закладено 31 пробну площу в умовах вологого ґруду. За матеріалами обміру параметрів 9 модельних та 192 облікових дерев модальних ялицевих деревостанів Українських Карпат проаналізовано та порівняно точність різних способів визначення об'єму стовбура, які найчастіше застосовуються у лісовій таксації та результатів, отриманих шляхом використання функції Брінка-Гадова. Досліджено залежність величини відхилень сімнадцяти способів визначення об'єму стовбура дерева від його таксаційних ознак.*

**Ключові слова:** об'єм стовбура, форма стовбура, рівняння твірної стовбура, величина відхилення, точність визначення об'єму

**Вступ.** Об'єктивна матеріальна оцінка деревних ресурсів неможлива без достовірного визначення об'єму стовбура дерева як однієї з основних складових частин дерева в цілому. Об'єм стовбура, як кількісна характеристика дерева, нерозривно пов'язаний з формою стовбура. Форма стовбура, окрім об'єму, є визначальною у дослідженні збігу, продуктивності, а також таких якісних ознак дерева, як вихід ділових сортиментів.

Ялицеві деревостани є невід'ємною складовою частиною Карпатських лісів. Тривалий час, незважаючи на те, що вони займали третє місце серед лісових формацій, їхня роль недооцінювалась, що призвело до заміщення їх похідними деревостанами. Проблеми, які постали перед лісовим господарством Карпатського регіону, свідчать про необхідність відновлення площ корінних ялицевих деревостанів. Використання та розвиток сучасних методик і підходів

щодо визначення морфолого-таксаційних ознак деревостанів з переважанням ялиці білої у складі дасть змогу покращити ефективність та планування господарських заходів у цих лісостанах.

**Методологічні передумови.** Для спрощення визначення об'єму стовбура на початку ХХ ст. (М.М. Орлов, 1929) [11] почали розглядати його як тіло обертання, яке обмежене певною кривою (твірною стовбура). Знайшовши рівняння цієї кривої, можна вирахувати об'єм стовбура. Звичайно, у природних умовах майже неможливо знайти такий стовбур, всі площі поперечних перерізів якого були б ідеально круглими, проте похибки при визначенні об'єму стовбура, який представлений як тіло обертання, не перевищують допустимих значень [1].

Дослідження функцій твірної стовбура можна умовно поділити на чотири групи (С. Muhairve, 1993) [31]:

1. **Прості рівняння твірної**, які дають змогу визначити діаметр стовбура на потрібній висоті від його основи до вершини. Одним з перших був А. Нојер (цит. за Behre С., 1923 [15]), який у 1903 р. розробив функцію для визначення діаметра стовбура на будь-якій висоті на основі замірів дерев ялини, яка має такий вигляд:

$$\frac{d}{D} = C \cdot \log \frac{a+x}{a} + e, \quad (1)$$

<sup>1</sup> ГОРОШКО Мирон Петрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-097-5-009-009. E-mail: nltu@ukr.net

<sup>2</sup> ПОРТАХ Степан Володимирович – магістр лісового господарства, асистент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-068-504-52-65. E-mail: portakh@ukr.net

де  $d$  – діаметр без кори на висоті  $h$  від поверхні землі або на відстані  $x$  від вершини стовбура,  $D$  – діаметр на висоті грудей;  $C$  та  $a$  – константи;  $e$  – показник помилки.

Також до цієї групи можна віднести використання поліномів. Різні науковці використовували поліноми різних порядків, починаючи від другого і вище [2, 8, 14, 17, 24 та ін.].

Основною перевагою цього виду рівнянь є простота їх розв’язку, недоліком – погано описують відземкову та верхівкову частини стовбура.

**2. Сегментовані рівняння твірної** виникли через те, що частина науковців була переконана у неможливості опису твірної стовбура однією функцією, оскільки вона є надто складною кривою [1, 6, 10, 12, 13]. Вирішенням цієї проблеми є умовний поділ стовбура на кілька конусоподібних тіл обертання. Кількість частин стовбура переважно становила 3-4 шт. Так, відземкова частина стовбура приврівнювалася до зрізаного нейлоїда, центральна частина стовбура – до циліндра, приверхівкова – до зрізаного параболоїда II порядку, а верхівка – до конуса.

У цьому випадку, для кожної ділянки деревного стовбура знаходять окрему функцію, що найкраще описує її твірну. З цією метою використано прості або поліноміальні функції. Так, за даними Н.П. Анучіна [1], рівняння параболоїда третього порядку добре описують твірну стовбура на відрізку від 1/8 до 3/4 його протяжності від поверхні землі. Для відземкової та верхівкової частин стовбура внаслідок більшої мінливості їх форми він пропонував використовувати інші функції.

Серед закордонних науковців, які працювали у цьому напрямі, доцільно відзначити роботи D. Ormerod [35, 36], T. Max & H. Burkhart [30], J. Demaerschalk & A. Kozak [20], Q. Cao et al [18], A. Clark [19], L. Jiang [22].

Недоліком цього способу є складність визначення з’єднувальних точок, де закінчується одна частина стовбура і починається наступна, внаслідок морфологічних особливостей кожного окремого стовбура.

**3. Рівняння зі змінними показниками** є модифікацією простих рівнянь твірної [25, 26, 32, 33, 34, 37]. У цьому випадку використовують одну функцію зі змінними показниками для опису форми стовбура від основи до вершини. Використання цих функцій стало можливим лише з 1960-х з розвитком обчислювальної техніки, оскільки вони потребують значного обсягу розрахунків. Для прикладу, наведемо функцію A. Kozak (2004), яка найчастіше згадувалася серед рівнянь цього типу:

$$d = b_1 \cdot D^{b_2} \cdot H^{b_3} \cdot X^{(b_4 z^4 + b_5 (1/e^{D/H}) + b_6 X^{0.1} + b_7 (1/D) + b_8 H^Q + b_9 X)}, \quad (2)$$

де  $X = (1 - z^{1/3}) / (1 - p^{1/3})$ ;  $Q = 1 - z^{1/3}$ ;  $p = 1,3/H$ ;  $z = h/H$ ;  $d$  – діаметр на певній висоті від землі  $h$ , см;  $D$  – діаметр на висоті грудей, см;  $H$  – загальна висота стовбура, м;  $b_1 \dots b_9$  – коефіцієнти рівняння.

Перевагою цього типу рівнянь є те, що для опису всієї твірної стовбура використовують лише одну функцію, недоліком – значна кількість обчислень.

**4. Інші типи рівнянь** передбачають одночасне використання різних методик. Ця група є найновішою у моделюванні твірної і сюди можна віднести сплайн-функції, використання декількох лінійних моделей, багатоваріантні статистичні методи, моделі побудовані на основі функцій росту, непараметричні моделі [16, 23, 27, 28, 29, 38]. Аналізуючи ці способи, треба зазначити, що вони дають досить достовірні результати, проте на сьогодні вони ще не набули широкого використання саме через складність підбору та узгодження різних методик.

**Об’єкти та методика досліджень.** Для дослідження ялицевих деревостанів закладено 31 пробну площу в умовах вологого грудю. Пробні площі заклали у лісництвах державних підприємств “Міжгірське лісове господарство”, “Турківське лісове господарство”, “Берегометське лісомисливське господарство”, “Брошнівське лісове господарство”, “Великобerezнянське лісове господарство” та у Національному природному парку “Сколівські Бескиди”. Дослідженнями були охоплені деревостани віком від 32 до 141 року. Загалом на пробних площах було зрубано та обміряно показники 9 модельних та 192 облікових дерев ялиці білої.

Для замірів параметрів ростучих облікових дерев використано прилад Criterion RD 1000, який дає змогу визначити висоту та діаметр дерева на основі виміру вертикальних кутів за відомої відстані до дерева.

За отриманими даними різними способами вираховано та порівняно об’єми стовбурів ялиці у корі. За контроль взято об’єм, визначений як сума об’ємів секцій, знайдених за формулою зрізаного конуса:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2), \quad (3)$$

де  $h$  – висота зрізаного конуса, м;  $R, r$  – радіуси основи зрізаного конуса, см;

Також визначено об’єми за масовими таблицями, складеними для ялиці К.Є. Нікітіним, обчислено об’єми стовбурів за простими та складними стереометричними формулами (Губера, Цвікі-Гаусса, Рікке-Сімсона, Смаліана), за основною таксаційною формулою шляхом використання видових чисел, знайдених за формулами Кунце, Шіффеля, Шустова, Третьякова, Стшелєцького, Козленка, Карпова, таблицями М.Є. Ткаченка.

З метою дослідження форми стовбурів ялиці білої та визначення їх об’єму використано модель Брінка-Гадова [16], яку вдосконалив Т. Рімер [21] і дала добрі результати при апробації для порід, що зростають на території України [4-6, 8]:

$$r(h) = u + v \cdot e^{-ph} - w \cdot e^{qh}, \quad (4)$$

де  $u = i / (1 - e^{q \cdot (1,3 - H)}) + (r_{1,3} - i) \cdot (1 - 1 / (1 - e^{q \cdot (1,3 - H)}))$ ,  
 $v = (r_{1,3} - i) \cdot e^{1,3 \cdot p} / (1 - e^{p \cdot (1,3 - H)})$ ,  $w = i \cdot e^{-q \cdot H} / (1 - e^{q \cdot (1,3 - H)})$ ,

де  $r(h)$  – радіус стовбура на висоті  $h$  (м) від землі, см;  
 $H$  – загальна висота стовбура, м;  $r_{1,3}$  – радіус стовбура на висоті 1,3 м, см;  $i$  – параметр загальної асимптоти;  $p$  – параметр нижньої частини стовбура;  $q$  – параметр верхньої частини стовбура;  
 Об'єм стовбура та його частин визначено як різницю об'ємів, знайдених до певних висот  $h_1$  та  $h_2$ :

$$V(h_1, h_2) = F(h_2) - F(h_1), \quad (5)$$

при

$$F(h) = \pi \cdot (u^2 \cdot h - v^2/2p \cdot e^{-2ph} + w^2/2p \cdot e^{2qh} - 2u \cdot v/p \cdot e^{ph} - 2u \cdot w/q \cdot e^{qh} + 2v \cdot w/(p - q) \cdot e^{h \cdot (q - p)})$$

**Результати досліджень.** Отримані за різними способами об'єми порівнювали з контролем і обчислювали відхилення [3].

Порівняльний аналіз відхилень значень об'ємів від контролю (формула зрізаного конуса) дав такі результати (табл.).

Таблиця  
**Порівняння об'ємів, знайдених за різними способами**

№ з/п	Спосіб визначення об'єму	Відхилення, %				
		максимальне	мінімальне	середнє арифметичне	середньо-модульне	основне (стандартне)
1	2	3	4	5	6	7
1	Складна ф-ла Рікке-Сімпсона	3,36	-0,57	0,78	0,78	0,60
2	За твірною Брінка-Гадова	5,17	-2,28	1,01	1,12	0,93
3	Складна ф-ла Губера	11,79	-0,07	2,92	2,92	1,65
4	Складна ф-ла Смаліана	0,85	-15,38	-3,51	3,52	2,14
5	ОТФ (f за ф-лою Ст-шелецького)*	16,13	-15,17	0,18	3,84	5,08
6	ОТФ (f за табл. Ткаченка М.Є.)	14,82	-5,38	2,88	3,87	4,05
7	ОТФ (f за ф-лою Кунце)	13,44	-8,31	2,23	4,01	4,43
8	ОТФ (f за ф-лою Шіффеля)	14,99	-7,42	3,25	4,25	4,14
9	ОТФ (f за ф-лою Третьякова)	16,49	-8,50	3,30	4,27	4,24
10	ОТФ (f за ф-лою Козленка)	15,92	-4,94	4,78	5,25	4,13
11	ОТФ (f за ф-лою Шустова)	20,42	-11,76	4,59	6,23	6,06

Продовж. табл.

1	2	3	4	5	6	7
12	Проста ф-ла Губера	20,98	-15,69	3,36	6,31	7,01
13	Проста ф-ла Цвікі-Гаусса	77,40	-12,83	7,87	8,12	10,79
14	За об'ємними таблицями Нікітіна К.Є.	31,14	-22,14	6,51	10,35	11,05
15	ОТФ (f за ф-лою Карпова)	44,75	-7,39	18,30	18,55	10,11
16	Проста ф-ла Рікке-Сімпсона	-0,80	-80,56	-27,50	27,50	14,42
17	Проста ф-ла Смаліана	-4,71	-273,64	-89,58	89,58	46,78

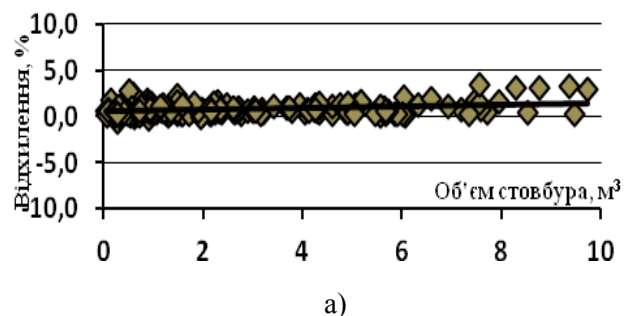
Примітка. \*Умовні позначення: ОТФ – основна таксаційна формула; f – видове число

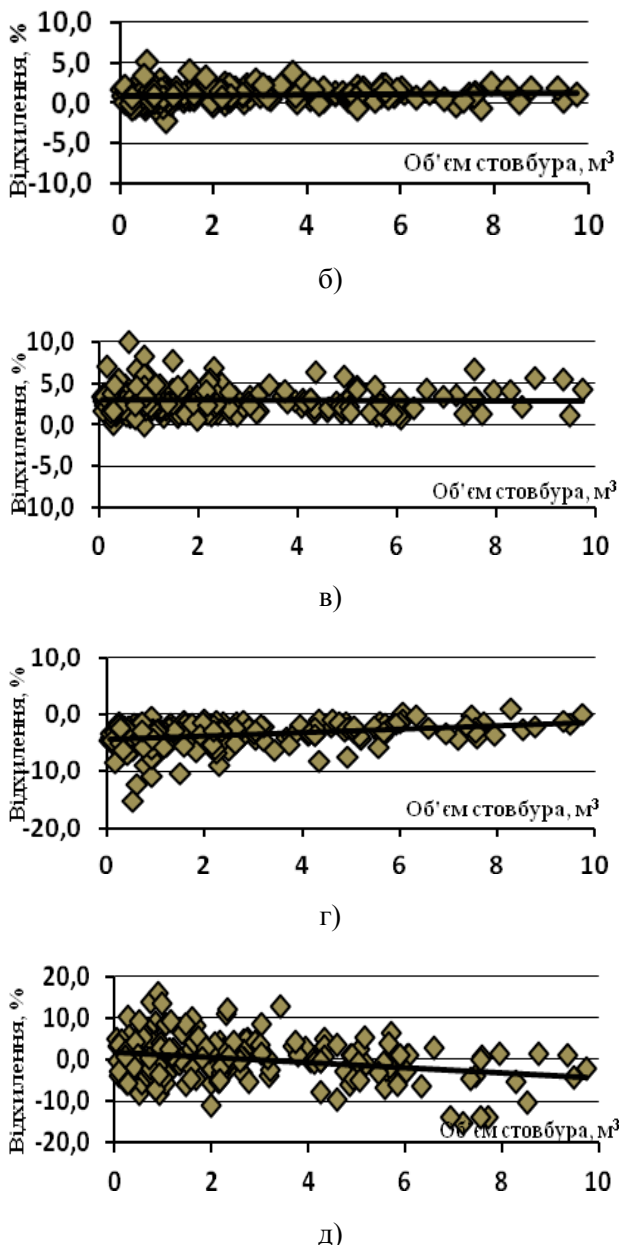
З наведеної таблиці видно, що найменші відхилення дає складна формула Рікке-Сімпсона (ф-ла трьох перерізів), на другому місці знаходиться спосіб визначення об'єму за функцією Брінка-Гадова, на третьому – за складною формулою Губера (серединного перерізу). Далі йде складна формула Смаліана, середину таблиці займають відхилення об'ємів, знайдених за основною таксаційною формулою. Найбільші відхилення спостерігаються при використанні простих стереометричних формул, об'ємних таблиць та основної таксаційної формули з використанням видового числа, визначеного за формулою Карпова.

Значні відхилення при використанні простих формул Рікке-Сімпсона та Смаліана пояснюються присутністю в них показника площі поперечного перерізу на нульовому зрізі. Збільшення прикореневих напливів у відземковій частині стовбурів ялиці з віком призводить до значного завищення об'єму стовбура при використанні цих формул.

Наведені результати переконливо свідчать про те, що визначення об'ємів на основі використання твірної стовбура є одним з найточніших способів визначення об'єму стовбура окремого дерева.

Величини відхилень від контролю залежно від величини об'єму стовбура для п'яти найточніших способів наведено на рис. 1.



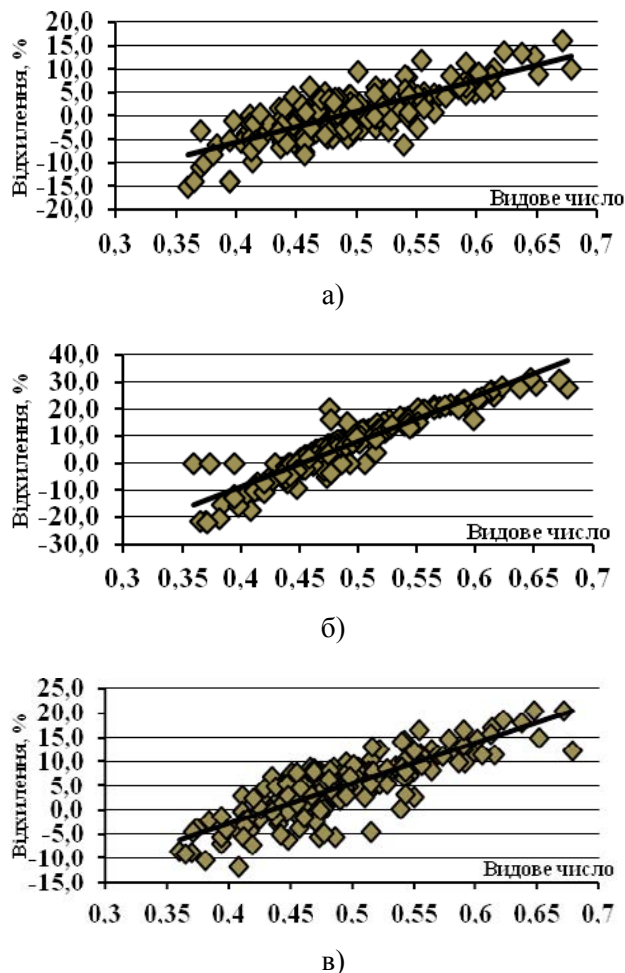


**Рис. 1. Розподіл відхилень залежно від об'єму стовбура, знайденого за різними способами:**  
 а) складна ф-ла Рікке-Сімпсона; б) за твірною Брінка-Гадова; в) складна ф-ла Губера; г) складна ф-ла Смаліана; д) ОТФ (f за ф-лою Стшелєцького)

За усередненою лінією можна простежити взаємозв'язок між величинами відхилень та об'ємом стовбура дерев ялиці. Величина відхилень об'ємів, визначених за твірною та складною формулою Губера (б, в), практично не залежить від об'єму стовбура, ці способи дещо занижують об'єм стовбура порівняно із контролем. Також дає менші величини об'ємів і складна формула Рікке-Сімпсона (а), хоча вона характеризується найменшими значеннями відхилень, проте зі збільшенням розмірів стовбура прослідковується незначне збільшення середнього відхилення. Значення об'ємів, знайдених за складною формулою Смаліана (г), є переважно більшими за контроль, хоча зі збільшенням об'єму стовбура відхилення зменшується. Збільшення об'єму стов-

бура зумовлює збільшення середніх відхилень за ОТФ (f за ф-лою Стшелєцького) (д) та завищення об'єму.

Під час дослідження взаємозв'язку між величиною відхилень за об'ємом, визначеним за різними способами, та іншими таксаційними показниками стовбура дерева виявлено чітку залежність їх від видових чисел (рис. 2).



**Рис. 2. Розподіл відхилень за об'ємом, знайденим за різними способами, залежно від старого видового числа:**  
 а) ОТФ (f за ф-лою Стшелєцького);  
 б) за об'ємними таблицями Нікітіна К.Є.;  
 в) ОТФ (f за ф-лою Шустова)

На рис. 2 зображено три випадки, де найчіткіше видно як змінюється величина відхилень залежно від старого видового числа. Видно, що використання цих способів визначення об'єму стовбура доцільне тільки при певних параметрах дерева. Застосовувати формули Стшелєцького та Шустова для визначення видових чисел при обчисленні об'єму стовбура за основною таксаційною формулою доцільно тільки при значеннях видових чисел 0,35-0,65 та 0,35-0,55 відповідно. Об'ємні таблиці К.Є. Нікітіна доцільно використовувати при значеннях видових чисел 0,4-0,52. У разі менших або більших значень видових чисел величини відхилень сягають 10% і більше, що є мало прийнятним.

**Висновок.** Використання способу визначення об'єму стовбура за твірною Брінка-Гадова дає змогу отримувати достовірні дані зі середнім відхиленням  $\pm 1\%$ . Хоча за цим способом ми отримуємо дещо занижені результати об'єму стовбура, проте вони практично не залежать від величини таксаційних ознак, тобто ми можемо використовувати цю модель під час дослідження деревостанів різного віку та повноти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1. Анучин Н.П.** Лесная таксация: учебн. для вузов / Анучин Н.П. – 5-е изд., доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
- 2. Войнов Н.Т.** Изучение образующей древесного ствола с помощью ЭЦВМ / Н.Т. Войнов // Новое в лесоводстве. – Минск: Урожай. – 1969. – Вып. 19. – С. 117-123.
- 3. Горошко М.П.** Біометрія: навч. посібн. / Горошко М.П., Миклуш С.І., Хомюк П.Г. – Львів: Камула, 2004. – 236 с.
- 4. Гузь М.М.** Повнодеревність та об'ємна структура стовбурів дугласії (псевдотсуги Мензіса) у лісових культурах рівнинної частини Заходу України / М.М. Гузь, М.П. Горошко, М.М. Король, Р.А. Ярошук // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: Вид-во НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.10. – С. 8-15.
- 5. Гадов К. ф.** Залежність збігу стовбура від показників деревостану / Клаус фон Гадов, М.П. Горошко, М.М. Король // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2004. – Вип. 107. – С. 43-48.
- 6. Захаров В.К.** Лесная таксация: учебн. / Захаров В. К. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 407 с.
- 7. Король М.М.** Вплив густоти зростання та складу деревостану на форму стовбура дуба звичайного / М.М. Король, І.В. Рижак, В.В. Костишин // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – 2008. – Вип. 18.2. – С. 25-30.
- 8. Кофман Г.Б.** Рост и форма деревьев: моногр. / Кофман Г.Б. – Новосибирск: Наука, 1986. – 211 с.
- 9. Миклуш С.І.** Залежність збігу стовбура від його біометричних показників / С.І. Миклуш, Р.Р. Вицега, М. Черни // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 103. – С.178-185.
- 10. Орлов М.М.** Лесная таксация: учебн. / Орлов М.М. – 2-е изд. – Л.: изд. Ленингр. лесн. ин-та, 1925. – 510 с.
- 11. Орлов М.М.** Лесная таксация: учебн. / Орлов М.М. – 3-е изд. – Л.: изд. журн. Лесн. хоз-во и лесн. пром-сть, 1929. – 532 с.
- 12. Турский Г.М.** Лесная таксация: моногр. / Турский Г.М. – М.: Новая деревня, 1927. – 211 с.
- 13. Тюрин А.В.** Таксация леса: учебн. пособ. / Тюрин А.В. – 2-е изд. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 376 с.
- 14. Федосимов А.Н.** Объемы стволов сосны средней формы / А.Н. Федосимов // Лесн. хоз-во. – 1968. – № 4. – С. 52-53.
- 15. Behre C.** Preliminary notes on studies of tree form / C. Behre // Journal of Forestry. – 1923. – № 21. – P. 507-511.
- 16. Brink C.** On the use of growth and decay functions for modelling stem profiles / C. Brink and K. v. Gadow // EDV in Medizin und Biologie. – 1986. – № 17 (1/2). – P. 20-27.
- 17. Bruce D.** Development of a system of taper and volume tables for red Alder / D. Bruce, R. Curtis, C. Vancoevering // Forest Science. – 1968. – № 14. – P. 339-350.
- 18. Cao Q.V.** Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit / Q.V. Cao, H.E. Burkhart and T.A. Max // Forest Science. – 1980. – № 26 (1). – P. 71-80.
- 19. Clark III A.C.** Stem profile equations for southern tree species: Research Paper SE-282. USDA Forest Service / A.C. Clark III, R.A. Souter, B.E. Schlaegel. – Asheville, NC: Southeastern Forest Experiment Station, 1991. – 113 p.
- 20. Demaerschalk J.** The whole-bole system: a conditioned dual-equation system for precise prediction of tree profiles / J. Demaerschalk, A. Kozak // Canadian Journal of Forest Research. – 1977. – № 7. – P. 488-497.
- 21. Gadow K. v.** Zur Beschreibung der Schaftprofile stehender Waldbäume / K. v. Gadow, H. Heydecke und Th. Riemer. – Festschrift A. Akça, Inst. f. Forsteinrichtung u. Ertragskunde, Universität Göttingen, 1996. – P. 31-44.
- 22. Jiang L.** Using crown ratio in yellow-poplar compatible taper and volume equations / L. Jiang, J.R. Brooks, G.R. Hobbs // Northern Journal of Applied Forestry. – 2007. – № 24. – P. 271-275.
- 23. Kilkki P.** A simultaneous equation model to determine taper curve / P. Kilkki, M. Saramaki and M. Varmola // Silva Fennica. – 1978. – № 12 (2). – P. 120-125.
- 24. Kozak A.** Taper functions and their application in forest inventory / A. Kozak, D. Munro, J. Smith // Forestry Chronicle. – 1969. – № 45. – P. 278-283.
- 25. Kozak A.** A variable-exponent taper equation / A. Kozak // Canadian Journal of Forest Research. – 1988. – № 18. – P. 1363-1368.
- 26. Kozak A.** My last words on taper equations / A. Kozak // Forestry Chronicle. – 2004. – № 80. – P. 507-515.
- 27. Lappi J.** A multivariate, nonparametric stem-curve prediction method / J. Lappi // Canadian Journal of Forest Research. – 2006. – № 36. – P. 1017-1027.
- 28. Lappi J.** Mixed linear models for analyzing and predicting stem form variation of Scots pine / J. Lappi // Communicationes Instituti Forestalis Fennicae. – 1986. – № 134. – 69 p.
- 29. Liu C.J.** Log volume estimation with spline approximation / C.J. Liu // Forest Science. – 1980. – № 26 (3). – P. 361-369.
- 30. Max T.A.** Segmented polynomial regression applied to taper equations / T.A. Max and H.E. Burkhart // Forest Science. – 1976. – № 22 (3). – P. 283-289.
- 31. Muhairwe Charles K.** Examination and modeling of tree form and taper over time for interior lodgepole pine: a thesis for the degree of doctor of

philosophy / Charles K. Muhairwe . – The university of British Columbia, 1993. – 180 p.

32. **Newberry J.D.** Variable-form stem profile models for loblolly pine / J.D. Newberry and H.E. Burkhart // Canadian Journal of Forest Resources. – 1986. – № 16. – P. 109-114.

33. **Newnham R.M.** A variable-form taper function / R.M. Newnham. – Petawawa National Forestry Institute Information Report PI-X-83, 1988. – 33 p.

34. **Newnham R.M.** Variable-form taper functions for four Alberta tree species / R.M. Newnham // Canadian Journal of Forest Research. – 1992. – № 22. – P. 210-223.

35. **Ormerod D.W.** A simple bole model / D.W. Ormerod // Forestry Chronicle. – 1973. – №49. – P. 136-138.

36. **Ormerod D.W.** The diameter-point method for tree taper description / D.W. Ormerod // Canadian Journal of Forest Resources. – 1986. – № 16. – P. 484-490.

37. **Perez D.** A variable-form taper function for Pinus oocarpa Schiede in central Honduras / D. Perez, H. Burkhart, C. Stiff // Forest Science. – 1990. – № 36. – P. 186-191.

38. **Sloboda B.** Die Beschreibung der Dynamik der Schaftformfortpflanzung mit Hilfi der Ahnlichkeit differentialgleichung und der Affinitat (Summary in English) / B. Sloboda // Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien. – 1977. – № 120. – P. 53-60.

*М.П. Горошко, С.В. Портах*

### **ОБЪЕМНАЯ СТРУКТУРА СТВОЛОВ ПИХТЫ БЕЛОЙ В МОДАЛЬНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ УКРАИНСКИХ КАРПАТ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

Рассмотрена история развития и приведена классификация основных типов функций образующей ствола как одной из современных методик, которые используются для вычисления объема ствола и исследования его формы.

Для исследования пихтовых древостоев разного возраста заложено 31 пробную площадь в условиях влажного гряда. По материалам обмера параметров 9 модельных и 192 учетных деревьев модальных пихтовых древостоев Украинских Карпат проанализирована точность способов определения объема ствола дерева, которые чаще всего применяются в лесной таксации и результатов, полученных путем использования функции Бринка-Гадова. Исследована зависимость величины отклонений семнадцати способов определения объема ствола дерева от его таксационных признаков.

**Ключевые слова:** объем ствола, форма ствола, уравнение образующей ствола, величина отклонения, точность определения объема

*M. Horoshko, S. Portakh*

### **VOLUME STRUCTURE OF SILVER FIR TRUNKS IN MODAL FORESTS OF UKRAINIAN CARPATHIANS: COMPARATIVE ANALYSIS**

Reliable ways of trunk volume calculations as one of the main components of a tree is the basis for an objective material estimation of wood resources. Currently there are developed and used a significant number of different methods. Application of simple and complex stereometric formulas, volume and assortment tables with different number of entrances and basic measurement formulas are worth mentioning among the most frequently used in the practice of forestry in Ukraine. Each of these methods is characterized by certain accuracy, has its advantages and disadvantages.

Besides the aforementioned methods of the trunk volume determination there are more modern methods, but in practical activity of forestry they are rarely used. Among them is the use of various functions that describe a stem taper. Development of methods in this area is being practiced for a long time (since the beginning of the twentieth century). And now a large number of ways of using a stem taper are developed, which are constantly improving and developing.

Functions found by the simultaneous application of different techniques are under question among the most innovative ways of using of stem taper. Brink-Gadow function is one of them. The purpose of this work is to determine the accuracy of the calculation of trunks volume of silver fir trees with this function and compare it with other methods.

Based on the analysis of the literature sources a history of taper functions development and classification of its main types are presented here as one of the modern methods of trunk volume calculation and its shape researching.

There are 31 test plots were established in conditions of “wet grad” (P.S. Pohrebnyak classification) for investigation of fir stands with different ages. Information from measurement of parameters of 9 model and 192 sample trees in modal fir stands of Ukrainian Carpathians was analyzed and the accuracy of different ways of the tree volume determination was compared with the results obtained after the Brink-Gadow function application. We investigated a dependence between the magnitudes of the deviations from seventeen methods and its other measurement features.

**Key words:** volume of a tree trunk, form of a tree trunk, taper function, magnitude of deviation, accuracy of volume calculation