

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.146.2025.14>

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ ДЕРЕВНОГО СТОВБУРА З НАКЛАДENOЮ КРОНОЮ ТА БЕЗ НЕЇ

В. П. Кічура¹, А. В. Кічура^{2*}

Наведено основні положення спеціально розробленої методики для дослідження форми деревних стовбурів із накладеною на них за протяжністю на дереві кроною та форми стовбурів без крони. Пропонована розробка базується на узагальненій інформації, отриманій унаслідок опрацювання даних нашого безпосереднього вимірювання 233 дерев для дослідження форми деревних стовбурів із накладеною на них кроною і без такої та проведеного аналізу даних із обмірювання понад 1 000 дерев, здійсненого іншими дослідниками, для оцінювання середньої форми деревних стовбурів без крони. Під час підбирання, обмірювання та оброблення даних безпосередньо досліджуваних дерев застосовано поєднання таксаційних і математичних методів. Змістове наповнення методики містить визначені (регламентовані) вимоги до збирання й опрацювання експериментального матеріалу та певною мірою надає ілюстрування в досягненні можливих результатів дослідження з формоутворення деревних стовбурів як із накладеною кроною, так і без неї. Важливо, що методика є спроможною не тільки забезпечувати можливості визначати та характеризувати параметри твірних деревних стовбурів, але й розкривати закономірності розподілу об'ємів за висотою дерева.

Ключові слова: форма стовбура, твірна стовбура, таксаційні показники лінійні, таксаційні показники об'ємні.

Вступ. Форма деревного стовбура є чи не найважливішим чинником, який істотно впливає на кількість і якість об'єму та вихід ділових сортиментів із заготовлених дерев. Саме тому вже тривалий період (понад століття) у лісовій таксації не зменшується потреба дослідження форми та виявлення закономірностей формоутворення деревних стовбурів різних порід. Упродовж згаданого періоду досліджували переважно форму деревних стовбурів без крони. Поступ із проведення цього дослідження зарубіжними та вітчизняними авторами відбувався від підходу з використанням абсолютних розмірів стовбура й окремих його частин, далі через використання відносних розмірів стовбура та його частин і до комбінованого підходу – за абсолютними і відносними розмірами. Наразі комбінований підхід є найбільш розповсюдженим, і за його застосування вітчизняними авторами досліджено форми деревних стовбурів без крони. Так, формоутворення стовбурів дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у частині моделювання твірної поверхні стовбурів висвітлено в роботі Биченка і Миронюка (Bychenko and Myroniuk, 2019), а моделювання розмірно-якісної структури ділових дерев, яке також базується на параметрах твірних стовбурів, надано в статті Биченка (Bychenko, 2019).

Стосовно ж досліджень форми деревного стовбура з накладеною кроною, то вони тільки започатковуються. Першу спробу здійснити порівняльний аналіз форми стовбура з накладеною кроною та без такої реалізовано в нашому попередньому дослідженні (Kichura, 2016). За результатами цього дослідження виявлено, що все різноманіття форми деревних стовбурів не тільки для окремого виду (породи), але й усіх інших лісоутворювальних видів (порід) насамперед залежить від участі об'єму крони в загальному об'ємі наземної частини дерева. Водночас відбувається закономірне збільшення величини збігу деревного стовбура за зростання частки об'єму крони в загальному об'ємі наземної частини дерева, і навпаки.

Виявлення такої закономірності з формоутворення деревних стовбурів є можливим за умови проведення дослідження за спеціально розробленою методикою, спроможною повною мірою забезпечувати особливі вимоги до збирання, обмірювання й аналізу експериментального матеріалу. Таку методику розроблено, її рекомендовано застосовувати

¹ Кічура Володимир Петрович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна. E-mail: volodimir.kichura@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6748-030X>

² Кічура Анастасія Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна. E-mail: anastasia.kichura@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0344-0831>

* Адреса для кореспонденції: anastasia.kichura@uzhnu.edu.ua

для досліджень із порівняльного аналізу форми деревних стовбурів у двох варіантах. Перший із них – традиційний, має тривалу дослідницьку історію та передбачає таксацію власне стовбура (стовбур без крони), а другий – пропонується вперше для оцінювання форми деревного стовбура з накладеною кроною (стовбур + крона), враховуючи водночас, що загальні закономірності більш наочно виявляються в цілому, аніж у його частині.

Мета дослідження полягає у визначенні методичних підходів і способів для дослідження форми деревного стовбура з накладеною на нього кроною та без неї.

Матеріали й методи. Основні положення пропонованої методики розроблено на базі узагальненої інформації, яку отримано внаслідок опрацювання експериментальних даних обмірювання великої кількості дерев. Так, у Березниківському та Загатському лісництвах (Закарпатська область) здійснено вимірювання 77 дерев, які представлені: дубом звичайним (*Quercus robur* L.) – 36 шт., буком лісовим (*Fagus sylvatica* L.) – 34 шт., грабом звичайним (*Carpinus betulus* L.) – 1 шт., ясенем звичайним (*Fraxinus excelsior* L.) – 3 шт., кленом гостролистим (*Acer platanoides* L.) – 1 шт., ялиною європейською (*Picea abies* Karst.) – 1 шт., в'язом граболистим (*Ulmus carpinifolia* Gled.) – 1 шт. Також використано результати вимірювання 156 модельних дерев ялиці білої (*Abies alba* Mill.) (Чернівецька, Івано-Франківська, Львівська області) із авторського дисертаційного дослідження (Kichura, 1974). Для аналізу формоутворення деревних стовбурів без крони використано дослідження й іншого автора (Zakharov, 1966), який на достатньому за вимогами варіаційної статистики експериментальному матеріалі (по 150 і більше модельних дерев для кожної із семи досліджуваних порід) підтвердив однаковість середньої форми деревних стовбурів без крони в межах окремої породи незалежно від розмірів дерев. Принагідно зауважимо, що власне кропітка робота з аналізу дослідження цього автора стала своєрідним каталізатором впливу для реалізації нашої ідеї щодо необхідності дослідження форми деревних стовбурів із накладеною на них кроною.

Для визначення досліджуваних дерев, їхнього обмірювання та оброблення даних рекомендовано застосовувати методи лісової таксації. Зокрема, за прямим індуктивним методом визначають показники середньої форми стовбура різних деревних видів і характер розподілу відносних об'ємів стовбура за відносними висотами, а шляхом застосування дедуктивного методу можна перевіряти гіпотезу про однаковість середньої форми стовбура з накладеною кроною не тільки в межах окремого виду, але й для всіх досліджуваних видів. Зважаючи на велику кількість дерев (об'єктів), на яких безпосередньо проводять вимірювання (спостереження), пропонується разом із таксаційними застосовувати й деякі математичні методи, зокрема – метод масових спостережень і метод середніх величин, для розкриття загальних закономірностей і зв'язків у процесі пізнання за окремим цілого й навпаки. Визначення же лінійних таксаційних показників, як-от діаметрів і довжин відрубків стовбура, діаметрів і довжин відтинків гілок із крони, висоти наземної частини дерева, здійснюють методом безпосереднього вимірювання. За цими лінійними таксаційними показниками, застосовуючи математичний метод, визначають відповідні об'ємні таксаційні показники: стовбура, крони, наземної частини дерева загалом; відрубків стовбура; відтинків гілок із крони. Лінійні таксаційні показники також є основою для побудови, графічним або аналітичним способом, твірних деревних стовбурів із накладеною кроною й без неї.

Результати. Для практичного застосування під час досліджень із вивчення форми деревних стовбурів із накладеною на них кроною й без неї надаємо основні положення спеціально розробленої методики для збирання, обмірювання та оброблення експериментального матеріалу.

Змістове наповнення методики в частині порядку й технології виконуваних робіт під час збирання й опрацювання експериментального матеріалу структурно охоплює:

- вимоги до визначення дерев для проведення вимірювань;
- загальні вимоги до здійснення вимірювань;
- здійснення робіт із обмірювання дерев у природі;

– опрацювання експериментальних даних вимірювання для отримання результатів таксації стовбурів без крони та з накладеною короною.

Вимоги до підбору дерев для проведення вимірювань. Під час збирання експериментального матеріалу визначення дерев для проведення вимірювань насамперед залежить від мети дослідження, яка, наприклад, передбачає вибір породи. Показники ж віку, розмірів підібраних дерев і частку їхньої крони в загальному об’ємі наземної частини дерева також враховують, але як такі, що мають другорядне значення. Зважаючи на порівняно велику кількість дерев, які підлягають обмірюванню, підбирати їх краще на ділянках, де планують проведення лісгосподарських заходів, зокрема – на лісосіках рубок головного користування, санітарних, доглядових та різних інших видів рубок.

Загальні вимоги до здійснення замірів. Вимірюванням визначають такі показники: загальну висоту дерева від пня до вершини з точністю 0,1 м; діаметри відрубків стовбура завдовжки 0,1 h (h – загальна висота дерева від пня до вершини) у верхньому та нижньому зрізах у корі та без кори з точністю 0,1 см; для контролю – серединні діаметри відрубків стовбура в корі. Діаметри відтинків гілок із крони, які потрапляють у зону відповідного відрубка стовбура, також вимірюють посередині, в корі. Відтинки гілок із крони можна розрізати на різну довжину (найчастіше 1 м), проте їхній серединний діаметр не має бути меншим за 1 см (рис. 1).

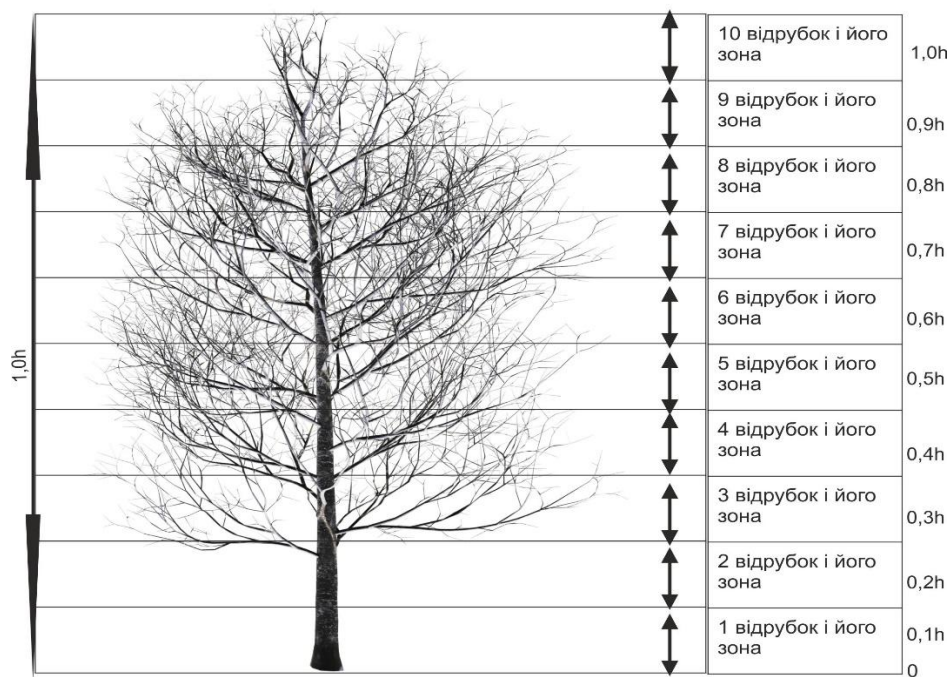


Рис. 1 – Схема поділу наземної частини дерева на відрубки з їхніми зонами
Fig. 1 – Scheme of dividing the above-ground part of the tree into sections with their zones

Здійснення робіт із обмірювання дерев у натурі. Роботи з обмірювання дерев у натурі здійснюють за таким алгоритмом. Спочатку звалюють дерева (краще використовувати вже звалене під час проведення лісгосподарських заходів дерево), а потім розмічують його та розкряховують (від верхівки до пня) на відрубки завдовжки 0,1 h , як це показано на рисунку 1. Якщо, наприклад, висота дерева (h) – 23,5 м, тоді довжина відрубку завдовжки 0,1 h становитиме 2,35 м.

Таким чином, довжини відрубків із 1-го по 10-й становитимуть 2,35 м і фіксуватимуться: 1-й відрубок між 0 і 0,1 h , 2-й – між 0,1 h і 0,2 h і так далі, 10-й – між 0,9 h і 1 h .

У межах зони кожного відрубка завдовжки 0,1h дерева необхідно здійснити лінійні заміри для визначення об'ємів як стовбурового відрубка, так і відтинків гілок із крони, що потрапляють у зону відповідного відрубка.

Для стовбурового відрубка проводять заміри найбільшого й найменшого діаметрів, окремо для верхнього і нижнього зрізів, у корі та без корі. Для контролю заміряють найбільший і найменший діаметри посередині відрубка, у корі.

Для визначення об'єму гілок із крони в межах зон відповідних відрубків необхідні лінійні вимірювання розпочинають від верхівки дерева – від зони 10-го відрубка (див. рис. 1). Потім заміри здійснюють у зонах 9, 8, 7, ..., n-го відрубків, аж доки наявна крона. Попередньо гілки із зони певного відрубка рекомендовано розрізати на відтинки завдовжки 1 м та окремо складати. Надалі їх обмірюють і визначають об'єм. Для цього посередині кожного відтинка гілок із крони завдовжки 1 м вимірюють найбільший і найменший діаметри в корі. На облік беруть гілки із середнім діаметром відтинків не меншим за 1 см. Коли ж трапляються гілки, завдовжки менше ніж 1 м, то їх обліковують за умови, що їхній середній діаметр не є меншим за 1 см.

Опрацювання експериментальних даних вимірювання для отримання результатів таксації стовбурів без крони та з накладеною кроною. Експериментальні дані вимірювань опрацьовують відповідно до визначеної мети дослідження, яка загалом передбачає виявлення загальних закономірностей формоутворення деревних стовбурів у варіантах:

- стовбур без крони;
- стовбур із накладеною на нього відповідно до довжини розміщення на дереві кроною.

Основним завданням, що сприяє досягненню мети, є отримання під час оброблення експериментальних даних узагальненої інформації щодо розподілу об'єму стовбура за його висотою та визначення лінійних параметрів для побудови твірних стовбура з накладеною кроною й без такої. Зважаючи на різні розміри досліджуваних дерев, краще оперувати розподілом відносних об'ємів стовбура за відносними висотами. Відносного вираження потребують і лінійні параметри для побудови твірних. Також зауважимо, що інформація з розподілу об'ємів як інтегрального таксаційного показника за висотою дерева разом із точним описом характеристики твірної стовбура в лісовій таксації вважають чи не найвагомішим інструментарієм у підходах, які дають змогу виявляти загальні закономірності у формоутворенні деревних стовбурів.

Отже, під час опрацювання експериментальних даних для кожного досліджуваного дерева на основі попередньо проведених лінійних замірів – діаметрів і довжин відрубків стовбура, діаметрів і довжин відтинків гілок із крони, висоти наземної частини дерева – визначають відповідні об'ємні показники (стовбура, крони, наземної частини дерева загалом, відрубків стовбура, відтинків гілок із крони) в абсолютному та відносному вираженні.

Об'єм стовбура без крони визначають як суму об'ємів його десяти відрубків, рівних за довжиною, об'єм крони – як суму об'ємів усіх відтинків гілок у межах протяжності крони на дереві, об'єм наземної частини дерева – як суму об'ємів стовбура та крони (див. рис. 1).

Об'єм стовбура з накладеною кроною також визначають як суму об'ємів його десяти відрубків, рівних за довжиною. Але тут потрібно враховувати, що крону можна накладати на стовбур тільки в межах її протяжності. Тобто не на усіх десяти відрубках буде накладений об'єм крони, а тільки на тих, які знаходяться в межах довжини розміщення крони на дереві.

Узагальнену ж інформацію щодо розподілу об'єму стовбура за висотою дерева та визначення параметрів твірної стовбура з накладеною кроною й без неї отримують шляхом поглибленого опрацювання експериментальних даних із застосуванням математичних методів.

Обговорення. Важливим завданням методики є визначення способу й алгоритму дій із накладання об'єму крони на об'єм стовбура. Таке накладання виокремлено здійснюють у зоні кожного відрубка стовбура, розміщеного в межах довжини крони. Для цього до об'єму відповідного відрубка стовбура додаємо з його зони сумарний об'єм усіх відтинків гілок

із крони. Тоді об'єм відрубка стовбура з накладеною короною ($V_{н.кр.}$) буде складатися з об'єму власне відрубка стовбура ($V_{в.с.}$) та сумарного зі зони відрубка об'єму відтинків гілок із крони ($V_{кр.}$). Загальна формула (1) має вигляд:

$$V_{н.кр.} = V_{в.с.} + V_{кр.} \quad (1)$$

Додаванням об'ємів відрубка та відтинків гілок процес накладання крони на стовбур або його частину не завершується. Відомо, що для побудови твірної деревного стовбура (як без крони, так і з накладеною короною) необхідно мати визначені лінійні параметри, зокрема – серединні діаметри відрубків, розміщених на різних висотах досліджуваного дерева. Для визначення цих діаметрів застосовано перехід від уже відомих об'ємних показників до лінійних (діаметрів) із використанням формули визначення об'єму відрубка (2) (Hrom, 2010):

$$V_{в.с.} = \frac{\pi d^2}{4} l 10^{-4} = 0,785 d^2 l 10^{-4}, \quad (2)$$

де $V_{в.с.}$ – об'єм, m^3 ; d – діаметр, cm ; l – довжина відрубка, m ; π – константа (3,1416).

Із наведеної формули (2) за відомого об'єму відрубка ($V_{в.с.}$) можна визначити діаметр (d), який фактично дорівнює серединному діаметру відрубка ($d_{серед.}$). Отже:

$$d = d_{серед.} = \sqrt{\frac{V_{в.с.}}{0,785 l 10^{-4}}} \quad (3)$$

За визначеними серединними діаметрами ($d_{серед.}$) для відрубків із накладеною короною та без неї можна визначати й відповідні їхні об'єми та різницю між ними. Сама ж різниця об'ємів відрубків із короною та без неї є об'ємом крони, що накладається на відрубок або, коли йдеться про всі відрубки, то й на усе дерево. Нижче наочно демонструємо накладання об'єму крони як у межах окремого відрубка (рис. 2), так і наземної частини дерева загалом (рис. 3).

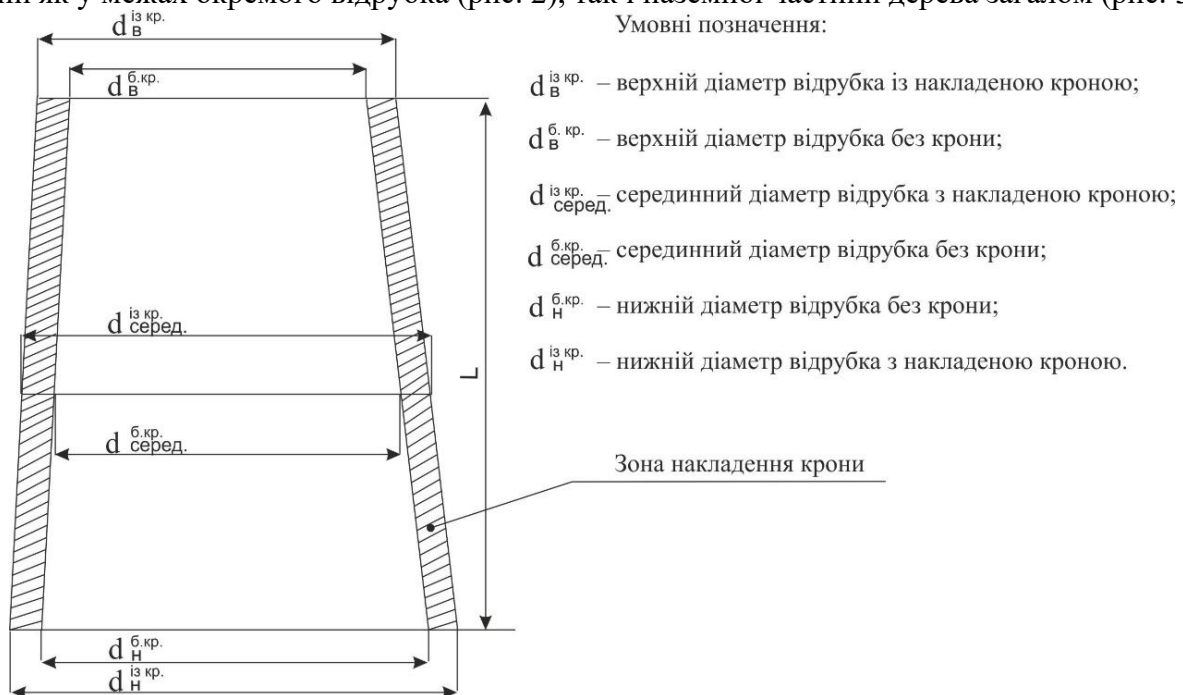


Рис. 2 – Ілюстрація накладання крони для окремого відрубка стовбура
Fig.2 – Illustration of crown overlay for a separate cut of the trunk

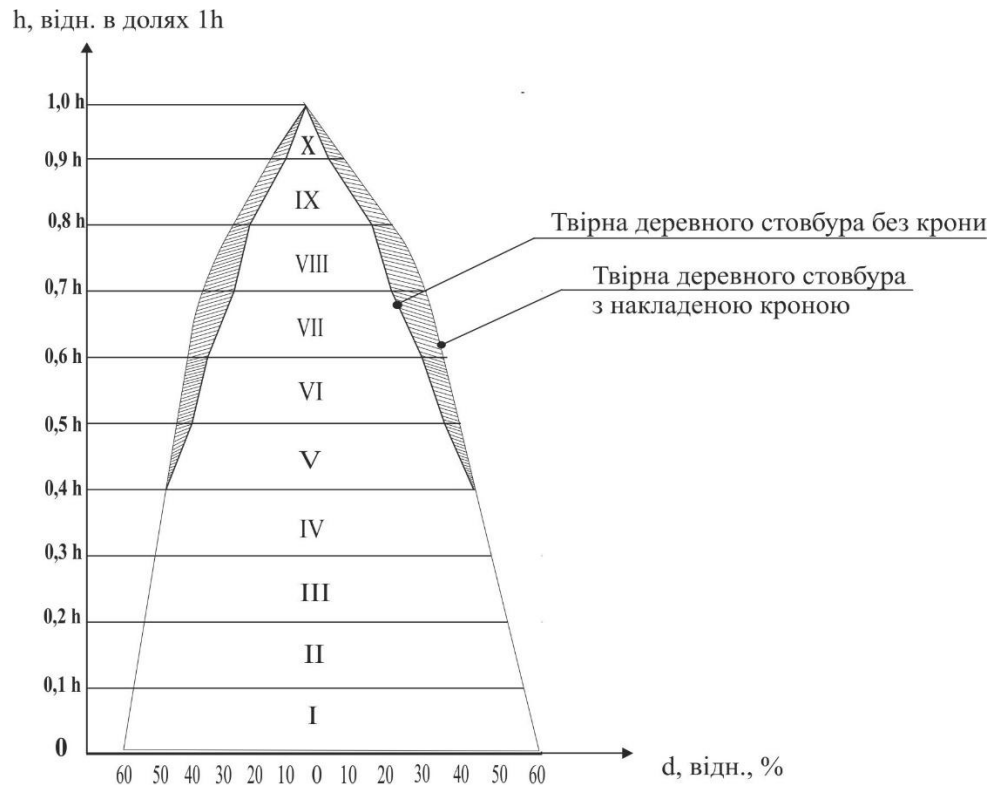


Рис. 3 – Ілюстрація накладання всієї крони на деревний стовбур
Fig. 3 – Illustration of the entire crown overlapping on a tree trunk

За визначеними діаметрами на однакових відносних висотах для стовбурів без крони та з накладеною кроною рекомендується будувати графіки їхніх твірних, аби можна було здійснити аналіз із виявлення ймовірних закономірностей.

До прикладу, незалежно від того, які твірні деревного стовбура розглядати, з накладеною кроною чи без неї, чітко видно, що фіксована точка переходу від нижньої ввігнутої до верхньої опуклої частини знаходиться на однаковій відносній висоті. Логічно припустити, що можуть бути й інші точки, які закономірно фіксуються на твірній стовбура.

Відповідно до вимог аналітичної геометрії для побудови, а відтак й аналізу S-подібної кривої, що є близькою до твірної деревного стовбура, достатньо мати п'ять точок. Обирати такі характерні точки з урахуванням результатів уже проведених досліджень (Kichura, 2016) пропонуємо:

- 1 – на кореневій шийці (практично – на висоті пня);
- 2 – на максимумі нижньої кривизни;
- 3 – на переході від нижньої ввігнутої до верхньої випуклої кривизни;
- 4 – на максимумі верхньої кривизни;
- 5 – на вершині стовбура (дерева).

Для обраних, а відтак, і запропонованих п'ятих точок, які є характерними для твірної деревного стовбура, важливо мати інформацію про реальне місце їхнього (точок) розміщення за висотою дерева. Проте із п'ятих запропонованих точок тільки для першої, третьої та п'ятої цілком зрозумілим є пошук і розміщення їх на твірній стовбура. Фіксація ж другої та четвертої точок потребує пояснення. Щоб другу та четверту точки знайти й зафіксувати на твірній деревного стовбура, потрібно точку переходу від нижньої ввігнутої до верхньої опуклої кривизни на цій твірній з'єднати прямими з п'ятою (верхня кривизна) та з першою (нижня кривизна) точками. Найдовші перпендикуляри до цих прямих у місцях перетину з твірною деревного стовбура й зафіксують висоту знаходження на стовбурі (дереві) максимумів нижньої та верхньої кривизни – другої та четвертої точок (рис. 4).

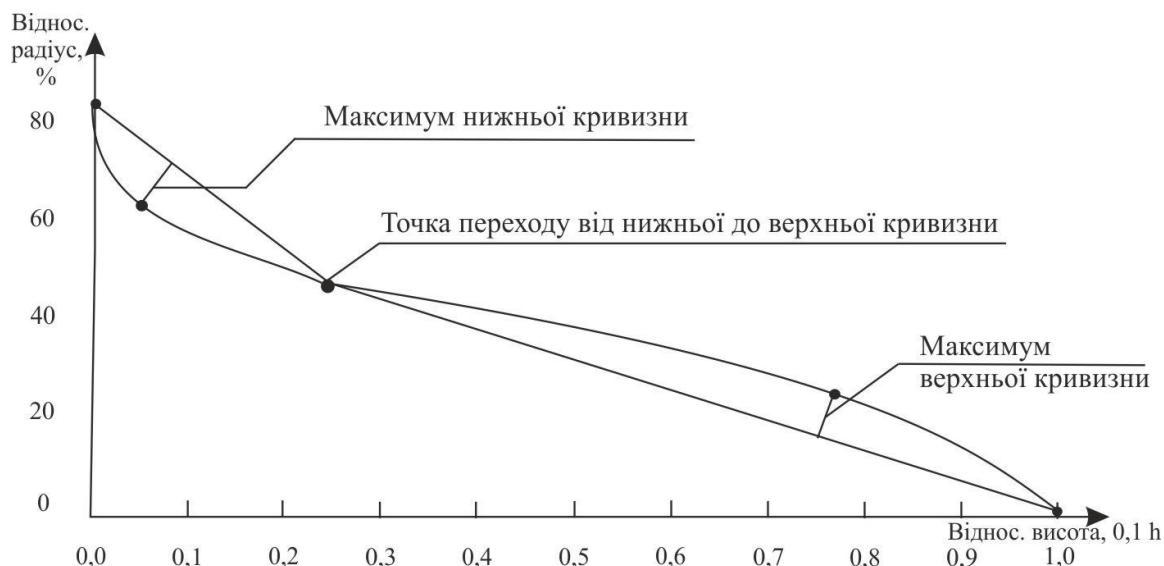


Рис. 4 – Ілюстрація розміщення деяких характерних точок на S-подібній твірній деревного стовбура
Fig. 4 – Illustration of the placement of some characteristic points on the S-shaped generatrix of a tree trunk

Дані рисунку 4 ілюструють розміщення на твірній стовбура всіх п'ятьох пропонованих точок. На нульовій висоті, за яку замість кореневої шийки беруть зріз пня, розміщується точка 1. Максимум нижньої кривизни знаходиться в точці 2, на відносній висоті стовбура в межах 0,05–0,06 h . Точка переходу від нижньої до верхньої кривизни є третьою, її фіксують на відносній висоті стовбура в межах 0,23–0,24 h . Точка 4 відзначає максимум верхньої кривизни на відносній висоті стовбура в межах 0,76–0,77 h . Точка 5 знаходиться на вершині стовбура з відносною висотою 1,0 h .

Загалом, отримана внаслідок поглибленого опрацювання експериментальних даних узагальнена інформація з розподілу об'ємів стовбура за висотою дерева та з визначених параметрів твірних стовбура з накладеною кроною й без неї дає змогу не тільки фіксувати реальний результат процесу формоутворення, але й, за потреби, порівнювати його, коли йдеться про розподіл об'єму, з іншими пропорційними системами такого розподілу та здійснювати апроксимацію, коли йдеться про твірну, не тільки за графічним способом, але й за підбором, із метою застосування аналітичного способу вирівнювання відомих у математиці складних кривих.

Висновки. Пропонована методика повною мірою забезпечує можливості визначати та характеризувати параметри твірних деревних стовбурів із накладеною на них кроною й без такої та розкривати особливості розподілу їхніх об'ємів за висотою дерева. Загалом, це сприяє впровадженню дещо змінених, а подекуди й принципово відмінних підходів до таксації окремих дерев та їхніх сукупностей, а також здійснення порівняльного аналізу під час дослідження форми деревних стовбурів без крони та з накладеною кроною.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bychenko, V.B. (2019) 'Modelling of size and quality structure of common oak tree stem in compliance with European Standards', *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(7), pp. 90–95 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290718>
- Bychenko, V.B. and Myroniuk, V.V. (2019) 'Some features of stem taper modelling of common oak trees', *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(5), pp. 69–74 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290514>
- Hrom, M.M. (2010) *Forest mensuration*. 3rd edn. Lviv: RVV NLTU (in Ukrainian).
- Kichura, V.P. (1974) *Peculiarities of the structure and current increment of natural fir forests in the Bukovyna Carpathians*. Extended abstract of PhD thesis. Bryansk (in Russian).
- Kichura, V.P. (2016) 'To the issue of research methodology of the tree trunk shape', in *Proceedings of the 70th Conference of the Teaching Staff of the Uzhhorod National University*. Uzhhorod, pp. 66–70 (in Ukrainian).
- Zakharov V.K. (1966) *New in the technique of forest mensuration*. Moscow: Lesnaya Promyshlennost (in Russian).

METHODOLOGY FOR STUDYING TREE TRUNK SHAPE WITH AND WITHOUT A SUPERIMPOSED CROWN

Kichura V. P.¹, Kichura A. V.^{2*}

The main provisions of a specially developed methodology for studying the shape of tree trunks with a crown superimposed on them along the tree's length and the shape of the same trunks without a crown are presented. The proposed research is based on generalized information obtained from our direct measurement data on 233 trees to study the shape of tree trunks with and without a crown and the analysis of data from over 1,000 trees measured by other researchers to study the average shape of tree trunks without a crown. A combination of mensuration and mathematical methods was used in the selection, measurement, and processing of data from the trees under study. The content of the methodology contains the established (regulated) requirements for the collection and processing of experimental material and, to some extent, provides illustrations of possible research results on the formation of tree trunks with and without a crown. The methodology must be able not only to provide opportunities to establish and characterize the parameters of the tree trunks, but also to reveal the regularities of volume distribution by tree height.

Key words: trunk form, trunk generatrix, linear mensuration indicators, volumetric mensuration indicators.

Одержано редколегією 04.03.2025

¹ Kichura Volodymyr, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uzhhorod National University, 3 Narodna Sq., Uzhhorod, 88000, Ukraine. E-mail: volodimir.kichura@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6748-030X>

² Kichura Anastasia, PhD (Agricultural Sciences), Uzhhorod National University, 3 Narodna Sq., Uzhhorod, 88000, Ukraine. E-mail: anastasia.kichura@uzhnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0344-0831>

* Correspondence: anastasia.kichura@uzhnu.edu.ua