

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут лісового і садово-паркового господарства

Кафедра лісової таксації та лісовпорядкування

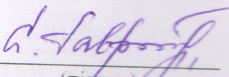
# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ТЕМА РОБОТИ: ПОКАЗНИКИ ФОРМИ СТОВБУРІВ ДЕРЕВ ДУБА  
ПРИРОДНОГО В УМОВАХ СОКИРЯНСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА  
«ПОДІЛЬСЬКОГО ЛІСОВОГО ОФІСУ» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Спеціальність 205 Лісове господарство  
(код і назва)

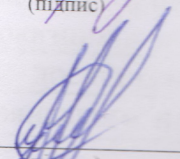
Освітньо-професійна програма Лісове господарство  
(код і назва)

Керівник кваліфікаційної  
роботи

  
(підпис)

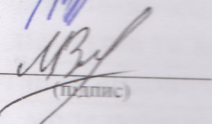
доц. Гаврилюк С.А.  
(посада, наук. ступінь, прізвище та  
ініціали)

Виконав ст. гр. ЛГ-61м

  
(підпис)

Мельник Р.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

  
(підпис)

Мауран В.К.  
(прізвище та ініціали)

Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Назва: Інститут лісового і садово-паркового господарства  
Назва: Лісової таксації та лісовпорядкування  
Навчальний ступінь: магістр  
Спеціальність: 205 Лісове господарство  
Навчально-професійна програма: лісове господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
доц. Ільків І.С.  
« 28 » 07 2025 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТУ

**Мельник Роман Віталійович**

(прізвище, ім'я та по-батькові студента)

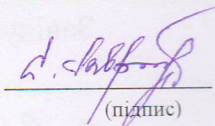
- Тема роботи: Л14 «Показники форми стовбурів дерев дуба звичайного в Сокирянському надлісництві «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси Сокирянські»
- Виконав роботи: Гаврилук С.А., к. с.-г. н., доцент
- Визначені вказом по університету від « 28 » жовтня 2025 р. № С – 897.
- Термін здавання студентом роботи: 05.12.2025 р.
- Завдання дані до роботи: пояснювальна записка до проекту організації і розвитку господарства ДП «Сокирянське лісове господарство», літературні дані, результати польових досліджень з вимірів діаметрів стовбурів дерев дуба здебільшого на різних висотах; лісотаксаційні нормативи.
- Вимоги до виконавальної записки (розділи, які потрібно розробити):
- Розділ 1. Сучасний стан дослідження показників повнодеревності стовбурів. Розділ 2. Загальні дані об'єкта, методика та обсяг дослідження. Розділ 3. Показники форми стовбурів дубових деревостанів Сокирянського надлісництва. Висновки. Список використаної літератури
- Вимоги графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- Залежності між висотами стовбурів від діаметрів та висот, залежності видових чисел від діаметрів та висот, моделювання старих видових чисел, залежності коефіцієнтів форми від діаметрів та висот, моделювання твірної стовбура, кореляційна матриця.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 28.07.25 р.

Керівник роботи

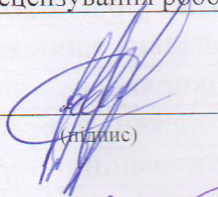
  
(підпис)

доц. Гаврилук С.А.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

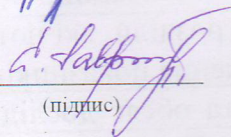
Номер	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання вихідного завдання	28.07.25	виконано
2	Збір матеріалу для загальної частини роботи	04.08 – 17.08.25	виконано
*3	Виконання польових робіт	18.08 – 28.09.25	виконано
4	Опрацювання зібраного фактичного матеріалу	29.09 – 26.10.25	виконано
5	Опрацювання літературних джерел	27.10 – 09.11.25	виконано
6	Написання загальних розділів роботи	10.11 – 16.11.25	виконано
7	Написання спеціальної частини	17.11 – 30.11.25	виконано
8	Оформлення ілюстрацій	01.12 – 03.12.25	виконано
9	Завершення роботи	04.12 – 05.12.25	виконано
10	Написання доповіді, рецензування роботи	06.12.25	виконано

Студент

  
(підпис)

Мельник Р.В.

Керівник роботи

  
(підпис)

Гаврилук С.А.

Примітка:

1. Форму призначено для видачі завдання студенту на виконання кваліфікаційної роботи і контролю за ходом роботи з боку кафедри і директора інституту.
2. Розробляється керівником кваліфікаційної роботи. Видається кафедрою.
3. Формат бланка А4 (210 × 297 мм), 2 сторінки на одному аркуші з двох сторін.

## УДК 630\*5

**Мельник Р.В.** (2025). *Показники форми стовбурів дерев дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України»* (Кваліфікаційна робота магістра). НЛТУ України, Львів, Україна.

У кваліфікаційній роботі магістра на основі 6-ти середньовікових та стиглих дубових деревостанів, де виміряно 57 облікових дерев, здійснено аналіз показників збігу стовбура, визначено видові числа та проведено їх моделювання. Проведено статистичний аналіз за діаметром та оцінено точність даних. Проаналізовано зміну видових чисел за діаметром та висотою, проведено їх моделювання на фактичних даних і порівняно із опублікованими даними. Форму стовбурів аналізували за коефіцієнтами та класами форми, числами збігу. Для моделювання твірної стовбура використано функцію Чапмана-Річардса. Для всіх оцінених показників форми стовбура проведено кореляційний аналіз їх зв'язку.

**Ключові слова:** повнодеревність стовбура, сортимент, видове число, збіг стовбура, коефіцієнти форми, класи форми, моделювання

Всі закономірності проілюстровано.

Табл. 8. Іл. 13. Бібліограф.: 52.

## UDC 630\*5

**Melnik R.V.** (2025). *Form indexes of the common oak trunks in the conditions of Sokyriany Forestry Management Unit of the branch "Podilskyi Forest Office" of the SFE "Forests of Ukraine"* (Master's thesis). UNFU, Lviv, Ukraine.

The master's thesis focused on six middle-aged and mature oak stands, with a total of 57 model trees being measured. An analysis of stem taper indicators was carried out, as well as the determination of the form factor indexes and their modelling. A statistical analysis by diameter was performed and the accuracy of the data was assessed. Changes in the form factor indexes by diameter and height were analysed and modelled using actual data, which was then compared with published data. The shape of the stems was analysed using form quotient and form class indexes, as well as stem taper numbers. The Chapman-Richards function was then used to model the trunk shape. A correlation analysis was performed to determine the relationship between all the estimated indicators of stem form.

**Keywords:** approaching cylindrical form trunk, assortment, form factor, stem taper, form quotient, form class, modelling

All patterns illustrated.

Tab. 8. Il. 13. Ref.: 52

## ЗМІСТ

	стор.
<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОВНОДЕРЕВНОСТІ СТОВБУРІВ</b> .....	10
1.1. Дослідження видових чисел стовбурів .....	10
1.2. Дослідження показників повнодеревності стовбурів.....	15
<b>РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТ, МЕТОДИКА ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	19
2.1. Програма робіт .....	19
2.2. Аналіз лісового фонду Сокирянського надлісництва .....	20
2.3. Методика проведення матеріальної оцінки лісосік.....	25
2.4. Обсяг польових досліджень .....	27
<b>РОЗДІЛ 3. ПОКАЗНИКИ ФОРМИ СТОВБУРІВ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СОКИРЯНСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА</b> .....	29
3.1. Статистична оцінка облікових дерев .....	29
3.2. Оцінка збіжистості деревних стовбурів дуба звичайного .....	32
3.3. Видові числа стовбурів дуба звичайного .....	38
3.4. Коефіцієнти та класи форми стовбурів дуба звичайного .....	45
3.5. Моделювання твірної стовбура .....	49
3.6. Кореляційний аналіз .....	51
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	54
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	57

## ВСТУП

Україна зараз знаходиться у процесі переходу підходів та методів лісового менеджменту на засади ринкової економіки з орієнтацією на стале використання лісових ресурсів. У такому ракурсі нагальним є питання підвищення ефективності та раціонального використання деревних ресурсів від рубок у різному віці. Для цього слід не тільки переходити на ощадливі технології заготівлі деревини, але й ефективного використання елементів кожного дерева для отримання найбільш якісних сортиментів та зменшення відходів від розкрязування деревини. Одним із напрямків для досягнення більшої ефективності є підвищення точності визначення об'ємотвірних показників, що дає змогу оцінити з вищою точністю запас не тільки стовбурової деревини, але й інших компонентів фітомаси, таких як гілки, кора, листя тощо. Звісно, найбільше якісної деревини ми можемо отримати від стовбурової частини дерева, тому вивчення особливостей розмірно-якісної структури дерева і перевід цих показників до цілого деревостану може вплинути не тільки на вихід сортиментів, але й покращити підходи до планування лісогосподарської діяльності, що особливо важливо в умовах післявоєнної відбудови України, де економіка буде потребувати значних обсягів деревини високої якості.

В останні десятиріччя в Україні були накопичені значні обсяги дослідних матеріалів для оцінки розмірно-якісної структури стовбура різних деревних видів, що лягли в основу формування і оновлення нормативно-довідкових матеріалів, що застосовуються на практиці в лісогосподарських підприємствах. Проте врахувати регіональні особливості формування стовбурів на рівні цілої держави практично неможливо і це не раціонально для масової таксації. Проте на регіональному рівні, в межах окремих підприємств чи їх груп такі дані можуть бути уточнюючими нормативами для детальнішого аналізу розмірно-якісних показників дерев окремих деревних видів, що дасть змогу на рівні окремого підприємства більш ефективно оцінювати вихід сортиментів під час проведення різних видів рубок.

Сьогодні у професійній спільноті вже є усталена думка про перехід на загальноєвропейську систему нормативних документів у галузі лісового господарства, в тому числі і обліку лісових матеріалів. Наприклад, за останнє десятиріччя значно оновилися нормативна база, яка до цього ще використовувалася із 70-80-их років минулого століття. Наприклад, такі стандарти як ДСТУ 4020-2-2001 (prEN 1309-2:1998) «Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів», ДСТУ 8416: 2015 «Лісоматеріали круглі. Таблиці об'ємів.» ДСТУ EN 1310:2005 «Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання параметрів.» та інші. Новими стандартами регламентовано порядок вимірювання, обміру та визначення об'ємів стовбурів та окремих сортиментів. В зв'язку із переходом на нові стандарти потребують уточнення і інші нормативні-довідкові матеріали, зокрема сортиментні та товарні таблиці для приведення їх до нових систем обліку деревини. Цьому сприяють і розвиток нових технологій та засобів для такої оцінки. Зокрема покращені за властивостями нові лісоінвентаризаційні інструменти, нові технології опрацювання великих баз даних та інше. Ці засоби і технології можна використовувати і на рівні окремих підприємств, оскільки станом на сьогодні вони не потребують певних специфічних засобів, але потребують висококваліфікованих працівників, що здатні проводити такі дослідження і робити відповідні висновки, що імплементуються на практиці.

Тому, як видно з вищенаведеного, збір і опрацювання даних розмірно-якісних показників дерев для вдосконалення місцевих нормативно-довідкових матеріалів, є актуальним питанням для дослідження на рівні окремих підприємств і регіонів для подальшого їх впровадження у нормативні документи на загальнонаціональному рівні. Враховуючи це, ми провели дослідження у дубових деревостанах Сокирянського надлісництва для оцінки показників форми стовбура, що можуть бути застосовані в умовах підприємства та стати частиною загальнонаціональної бази даних таких обмірів у інших регіонах.

Тому **метою** наших досліджень є оцінка параметрів форми стовбурів

дерев дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України».

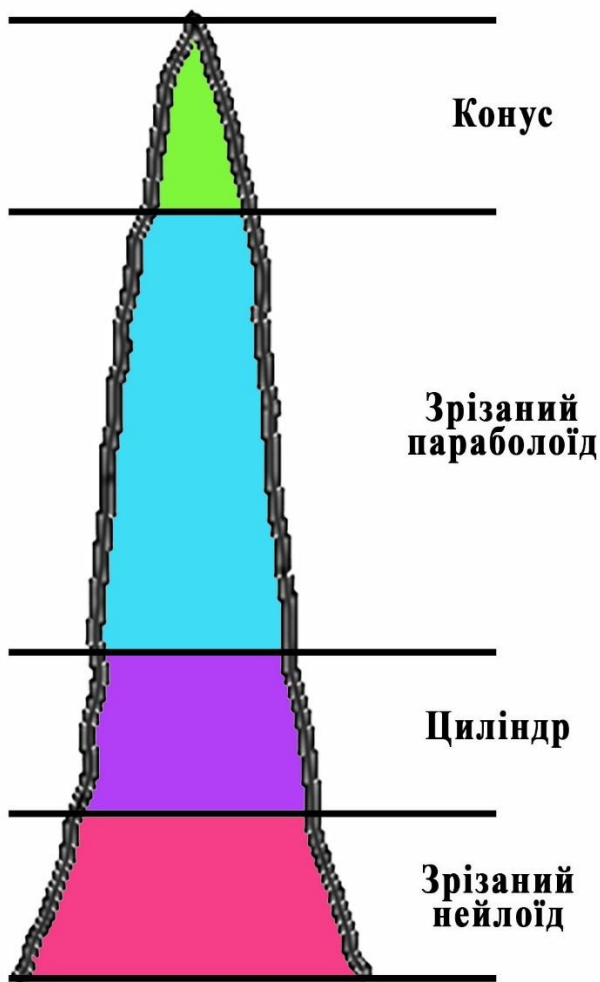
**Об'єктом** досліджень є особливості показників повнодеревності стовбурів дерев дуба звичайного залежно від діаметрів та висот в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України».

**Предметом** досліджень є закономірності зміни основних показників повнодеревності стовбурів дерев дуба звичайного залежно від діаметрів та висот в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України».

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОВНОДЕРЕВНОСТІ СТОВБУРІВ

### 1.1. Дослідження видових чисел стовбурів

Дослідженню показників повнодеревності стовбурів вчені приділяли значну увагу ще на початку ХІХ століття, коли постала необхідність у точному визначенні показників стовбура, зокрема його об'єму для оцінки виходу заготовлених



**Рис. 1.1. Частинаи деревного стовбура як форми правильних тіл обертання**

сортиментів. Для точного визначення об'єму стовбура, який не є правильною стереометричною фігурою, для якої відомі формули визначення об'ємів, було введено спеціальний коефіцієнт. Пошуки такого коефіцієнту ускладнювалися тим, що форма твірної стовбура у різних його частинах є неоднаковою і описуються різними функціями. Так, у нижній, прикореневій частині стовбура його форма нагадує зрізаний нейлоїд, вище нього – циліндр, за яким до вершини форма стовбура нагадує зрізаний параболоїд. Форму вершини дерева описують як конус ( рис. 1.1).

В подальшому цей коефіцієнт отримав назву видового числа або старого

видового числа (нім. Formzahl), оскільки він був введений німецьким вченим Паульсеном у 1800 році. Обґрунтований Паульсеном коефіцієнт настільки ввійшов у лісівничу науку та практику, що його почали глибоко вивчати, досліджувати його застосування для наукових та практичних задач. Так, старе видове число є одним із об'ємотвірних показників, що застосовується до сьогодні для визначення об'єму стовбура. Як відомо, об'єм стовбура – це добуток площі поперечного перетину стовбура на висоті 1,3 м, висоти стовбура та старого видового числа – це основна формула в лісовій таксації.

У лісотаксаційній науці виділяють старі, нормальні (раціональні) та абсолютні (дійсні) видові числа. Найбільше поширення здобуло старе видове число, оскільки воно базується на діаметрі дерева на висоті 1,3 м, що легко можна виміряти у природі та є загальноприйнятою в лісовому господарстві практикою.

Старе видове число – це відношення об'єму стовбура, визначене за різними способами (напр. простою чи складною формулами Губера) до об'єму циліндра висотою, рівною висоті стовбура (для ростучого дерева – висота дерева), та площею основи, рівною площі перерізу стовбура на висоті 1,3 м. Більшість закордонних науковців проводять дослідження із визначення старого видового числа для різних деревних видів з метою точнішого визначення об'єму стовбура (Oluwajuwon et al., 2025; Adekunle et al., 2013; Baral, et al., 2020; Ozcelik et al., 2010; Thakur, 2006; Socha & Kulej, 2007; Evert, 1969). Всі дослідники сходяться на важливості дослідження старого видового числа для точнішого визначення об'єму стовбура.

Значний вклад у дослідження старого видового числа зробив Гроховський (Grochowski, 1961). Досліджуючи зміну старого видового числа для соснових деревостанів він визначив коефіцієнти варіації його у різних деревостанах на рівні 7,5 %, причому варіація цього показника біла найбільшою на староорних землях, де поновлювалися соснові деревостани. Подальші дослідження Гроховського були розширені на використання не тільки старого видового числа, але й інших видів видових чисел, що використовуються на практиці, де за основу беруть не висоту на

рівні 1,3 м, а на різних відносних висотах, наприклад 1/2, 1/5, 1/10, 1/20 висоти всього стовбура.

Окрім старого видового числа, як згадувалося вище, широке застосування мають інші види видових чисел (form factor). Так, якщо за основу циліндра взяти висоту, що рівна 1/20 висоти стовбура, то такий коефіцієнт називають нормальним видовим числом М.Пресснера. У випадку базової висоти 1/10 – отримаємо дійсне видове число В Гогенадля.

Дослідженням видових чисел для дубових деревостанів займався Турський (Turski, 2005). На основі 28 модельних дерева автор встановив динаміку видових чисел залежно від висоти стовбура та оцінив їх мінливості. За основу були взяті видові числа, розраховані на різних відносних висотах:  $fL/15$ ,  $fL/10$ ,  $fL/9$ ,  $fL/8$ ,  $fL/7$ ,  $fL/6$ ,  $fL/5$ ,  $fL/4$ ,  $fL3/10$ ,  $fL/3$ ,  $fL4/10$  та  $fL/2$ . Ці видові числа встановлювали на основі даних вимірів діаметрів без кори. Для порівняння для всіх модельних дерев було розраховане старе видове число. Автором встановлено, що найменші показники варіації між модельними деревами характерні для видових чисел, де за основу взяті діаметри на відносних висотах  $fL/4$ ,  $fL/3$  та  $fL/5$ . Автор встановив залежність між видовими числами та діаметрами на висоті 1,3 м, висотою стовбура та відношенням діаметра до висоти. На основі проведених досліджень автор дійшов висновку, що видові числа незначно залежать від висоти стовбура, що підтверджується незалежно від періоду росту дерева. Більші значення залежності (коефіцієнт кореляції) характерні для видових чисел на висотах  $L/7$ ,  $L/6$ ,  $L/5$ ,  $L/4$ ,  $L3/10$  та  $L4/10$  із діаметром на висоті 1,3 м та відношенням діаметра та висоти. Проте така залежність справджується для дубових деревостанів старшого віку.

Кислюк та Гриник (2024) досліджували старе видове число для соснових деревостанів Волинської височини. Авторами для моделювання значення старого видового числа для соснових деревостанів були апробовані кілька моделей залежно від діаметра на 1,3 м та висоти стовбура з розподілом їх на категорії технічної придатності. Так, для моделювання старого видового числа найбільш адекватною

за значенням коефіцієнта детермінації виявилось рівняння типу:

$$f(dbh, th) = a_0 + \frac{a_1}{th^{a_2}} + \frac{a_3}{dbh^{a_4}}, \quad (1.1)$$

де  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  – коефіцієнти рівняння;  $dbh$  – діаметр на висоті 1,3 м, см;  
 $th$  – висота стовбура, м.

Використана залежність старого видового числа від діаметра та висоти показала, що найкраще описуються дані для ділових стовбурів, а найгірше – для дров'яних.

Моделюванням значення старого видового числа займалися також Лакида П.І. (2018) із співавторами. Автори на основі аналізу повидільної таксаційної бази даних лісовпорядкування та матеріалів пробних площ у дубових деревостанах встановили залежність між старим видовим числом, діаметром, висотою та віком дубових деревостанів. Для моделювання старого видового числа автори використали таку модель:

$$F = 0,477 - \frac{0,225}{H} + \frac{6,338}{H \cdot D}, \quad (1.2)$$

де  $F$  – старе видове число деревостану,  $H$  – середня висота деревостану, м;  $D$  – середній діаметр деревостану, см.

Мороз (2013) проводив аналіз показника старого видового числа для дерев дуба звичайного, що зростають у полезахисних смугах. Для цього ним була використана модель наступного вигляду:

$$f = \left( 401,80 + \frac{1299,53}{d+0,665} \right) \cdot 10^{-3}. \quad (1.3)$$

Як видно з даної моделі, тут за основу визначення значення старого видового числа взятий тільки діаметр стовбура на висоті 1,3 м. проте, як вказує автор, порівняння змодельованих значень старого видового числа з опублікованими даними показує незначні відхилення. Для стовбурів діаметром 20 см таке відхилення становить близько 9 %, а зі зменшенням діаметра воно спадає до 1 %.

Двохфакторний аналіз оцінки старого видового числа використав Миклуш (2008) для букових деревостанів. За основу була взята модель, розроблена та

апробована Й. Раланшутцем наступного виду:

$$f = b_1 + b_2 \ln D^2 + \frac{b_3}{H} + \frac{b_4}{D} + \frac{b_5}{D^2} + \frac{b_6}{DH} + \frac{b_7}{D^2 H}. \quad (1.4)$$

На основі аналізу моделі та її апробації до умов дослідження, автор використав спрощену двофакторну модель такого виду:

$$f = \left(\frac{H}{D}\right)^a \ln (DH)^b. \quad (1.5)$$

Король, Рижак та Костишин (2008) досліджували форму стовбурів дерев дуба звичайного на Прикарпатті. Автори дійшли висновку, що старе видове число із віком зменшується, проте для окремих модельних дерев таке зменшення є більшим або меншим залежно від густоти дубового деревостану. Найбільше зменшення старого видового числа характерне для дубових деревостанів 20-40-річного віку. Встановлено, що у пристигаючих дубових деревостанах 60-8—річного віку основним чинником, що впливає на старе видове число, є склад деревостану. У практично чистих дубових деревостанах (8-9 одиниць дуба звичайного у складі), значення старого видового числа вищі. Такі ж закономірності виявлено і для другого коефіцієнта форми. За збіжистістю стовбури дерев дуба звичайного є середньо- або сильнозбіжистими. На основі проведеного аналізу форми стовбурів автори провели моделювання твірної стовбура за допомогою функції Брінка та Гадова (Клаус фон Гадов, Горошко, Король, 2004).

Для моделювання старого видового числа дерев псевдотсуґи Мензіса (Гузь, Горошко, Король, Ярошук, 2011) авторами використана така модель залежності старого видового числа  $f$  від діаметра  $d$  та висоти  $h$ :

$$f(a, b, c, d, h) = \frac{1}{1 + e^{-(a+b \cdot \lg(d) + \frac{c}{\lg(h)} + \frac{d}{e \cdot h/d})}}, \quad (1.3)$$

Авторами встановлено, що на форму стовбура псевдотсуґи Мензіса найбільше впливають умови місцезростання. У дерев, що зростають на відкритій місцевості, формується стовбур, що за формою більше нагадує циліндр, тоді як для дерев у зімкнутих деревостанах стовбур має циліндричну форму, зокрема у центральній частині стовбура.

Биченко (2017) для аналізу форми стовбура аналізував старі видові числа та коефіцієнти форми з розподілом на відносних висотах. Автор дослідив, що відносні діаметри ( $d_i/d_{1,3}$ ) на відносній висоті  $h_{0,5}$  і вище мають значні показники варіації та розмаху. Подібних висновків дійшли Свинчук, Кашпор та Миронюк (2014).

Отже, дослідження старого видового числа, як показує проведений аналіз, є процесом багатограним і неоднозначним. Тому в лісівничій практиці до оцінки розмірних показників стовбурів включають і ніші показники, такі як збіг стовбура, коефіцієнти і класи форми, числа збігу.

## 1.2. Дослідження показників повнодеревності стовбурів

Як загальновідомо, діаметри стовбура із збільшенням висоти поступово зменшуються, причому швидкість такого зменшення залежить від форми стовбура та висоти його визначення. У попередньому пункті ми розглядали, що форма стовбура ділиться на окремі частини. У нижній частині зменшення діаметра відбувається найінтенсивніше, у центральній – де є практично циліндрична форма стовбура, таке зменшення є мінімальним і у верхній конусовидній частині зменшення діаметрів знову прискорюється. Тому для дослідження зміни діаметрів з висотою введено поняття збігу стовбура (збіжистості стовбура). Власне ці закономірності зміни діаметрів із висотою особливим чином впливають на точність визначення об'єму стовбура. Очевидно, що у разі використання стереометричних формул визначення об'єму стовбура можна врахувати такі закономірності зміни діаметрів тільки у разі поділу стовбура на окремі секції (1-, 2-, 4-метрові тощо). Проте у масовій таксації цього здійснити практично неможливо через необхідність зняття багатьох вимірів, що не є реальним на ростучому дереві. Тому на практиці використовують основну формулу визначення об'єму стовбура, де таким лімітуючим фактором є старе видове число. Проте воно враховує тільки діаметр на висоті 1,3 м, що не дає уявлення про форму стовбура конкретного дерева.

У лісотаксаційній науці виділяють абсолютний та відносний, дійсний та

середній види збігу деревних стовбурів.

Абсолютний збіг характеризує зміну діаметру стовбура на різних висотах. Для цього вимірюють діаметри стовбура на різних висотах, а їх різниця показує абсолютний збіг у сантиметрах. Ці дані можуть бути корисними для аналізу форми стовбура та побудови твірної стовбура.

Відносний збіг характеризує зміну діаметрів стовбура на усю довжину від основи до вершини, виражених у відносних одиницях або відсотках. Для визначення відносного збігу діаметри на різних висотах ділять на базовий діаметр (на основі, на висоті 1,3 м тощо), а для вираження у відсотках множать на 100 %. Цей показник краще описує збіг стовбура, оскільки вимірюється у відносних одиницях, що важливо для порівняння збігу стовбурів різних деревних видів чи різного віку. Маючи закономірності відносного збігу можна отримати фактичні значення діаметрів на будь-якій висоті, якщо мати значення базового діаметра даного стовбура. Тому відносний збіг широко використовується для моделювання твірної стовбура за різними даними.

Абсолютний та відносний збіг, які використовують діаметри на різних висотах, ще називають дійсними або фактичними збігами. Для аналізу збігу стовбура у різних його частинах, часто використовують поняття середнього збігу, оскільки він визначає зміну діаметра в середньому на 1 м певного стовбура або його частини. Для визначення середнього збігу необхідно знайти абсолютний збіг за різницею діаметрів на різних висотах і розділити на різницю висот, на яких взяті діаметри. Зазвичай середній збіг використовують для визначення збігу окремих сортиментів, коли вимірявши діаметри знизу і вверху колоди, ділять цю різницю на довжину колоди. В результаті отримують значення середнього збігу в середньому на 1 м певного цільового сортимента.

Зі збігом тісно пов'язані і інші показники повнодеревності, які обчислюють як для наукових досліджень, так і на практиці. Маємо на увазі коефіцієнти та класи форми, числа збігу.

Як зазначалося вище, відносний збіг стовбура визначається як ділення діаметра на певній висоті до діаметра на базовій висоті. Ідея коефіцієнтів та класів форми – це знаходження відносного збігу, де за базовий беруть діаметри на різних висотах. Так, для визначення коефіцієнтів форми (Шіффель) за базовий беруть діаметр на висоті 1,3 м, а коефіцієнти форми – це відношення діаметрів на висотах  $1/4h$ ,  $1/2h$  та  $3/4h$ . Класи форми за основний базовий діаметр беруть діаметр на висоті  $1/4h$ . Числа збігу за базовий діаметр беруть на висоті 0,1 м. У практиці лісового господарства найбільше застосування отримали другий коефіцієнт форми та другий клас форми, за значеннями яких можна судити про збіжистість стовбура. Зокрема введено поділ стовбурів на сильнозбіжисті, середньозбіжисті та малозбіжисті.

Дімітров (Dimitrov, 2003) досліджував показники збіжистості стовбурів дерев сосни звичайної, ялини європейської та ялиці білої. Автор встановив, що відносні збіги дерев у середньовікових, пристигаючих та стиглих деревостанах практично не відрізняються, що наводить на думку про однотипність формування стовбурів у дерев різного віку. Також відмічено, що збіжистість стовбура значно залежить від повноти деревостану. Так, у високоповнотних деревостанах збіжистість стовбурів є нижчою, ніж у зріджених деревостанах. Цю тезу висунув ще Духовніков (Duhovnikov, 1947) у 1947 році. Ним встановлено, що збільшення простору для росту окремого дерева у деревостані збільшує збіжистість їх стовбурів. Ця закономірність більше проявляється для дерев листяних деревних видів, ніж для хвойних. Окремо слід відзначити, що основний вплив на показники збіжистості виявлено для різних лісорослинних умов, тоді як вік дерев суттєвого впливу на показники збіжистості не має.

Однією із найновіших робіт із дослідження форми стовбура є порівняння показників для дубових деревостанів у північно-східній частині Польщі та західній Україні, що провели Р. Палюх та Г.Гриник (Paluch, Hrunyk, 2024). Автори комплексно підійшли до аналізу форми стовбура та показників збіжистості. Багато

уваги було приділено моделюванню старого видового числа дерев дуба звичайного. Виявилось, що змодельовані значення старого видового числа для дерев дуба звичайного є нижчими, ніж дані за нормативами. Порівняння проводилося з нормативами, що використовуються у Польщі та Україні. Важливо відмітити, що показники повнодеревності для дерев дуба, що зростають на польській стороні, є нижчі порівняно із деревами на заході України.

Отже, вивчення показників повнодеревності стовбурів є питанням багатогранним. Для цього можна проводити аналіз за показниками видових чисел, переважно старого видового числа, яке найбільше застосовується у лісівничій практиці. Проте через мінливість форм стовбурів, доцільно комплексно підходити до вивчення повнодеревності, тому додатковою інформацією слугують показники коефіцієнтів та класів форми, числа збігу та збіжистості стовбурів. Така комплексна оцінка дозволяє підвищити точність визначення об'ємів деревного стовбура вцілому або його окремих частин – сортиментів. Результатом такого вивчення може бути підбір адекватної моделі твірної стовбура, що дає найточніший спосіб визначення об'єму стовбура як фігури обертання.

## РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, ОБ'ЄКТ, МЕТОДИКА ТА ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Програма робіт

Для вивчення показників форми стовбурів дерев дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва слід перш за все ознайомитися із доступними нормативно-довідковими матеріалами, що характеризують ці показники, зокрема із старими видовими числами, таблицями ходу росту тощо. На основі проведеного дослідження слід опрацювати методику проведення польових вимірів для подальшого їх камерального опрацювання та порівняння із опублікованими у наукових статтях та нормативних документах даними. Після порівняння цих даних слід зробити відповідні висновки.

Тому програмою наших робіт були визначені наступні завдання:

- вивчення наявних наукових публікацій вітчизняних та закордонних вчених щодо оцінки показників форми стовбурів дерев різних деревних видів та їх практичне застосування;
- проаналізувати наявні нормативно-довідкові матеріали з показниками форми стовбура для дубових деревостанів;
- ознайомитися із лісовим фондом підприємства та вибрати потенційні ділянки для проведення польових досліджень із обмірів дерев дуба звичайного;
- отримати інформацію на підприємстві щодо проведення різних видів рубок у дубових деревостанах, що потенційно можна використати для проведення необхідних обмірів окремих дерев дуба звичайного;
- провести обміри на повалених деревах дуба звичайного, зокрема оцінити діаметри на різних висотах, висоту кріплення крони та загальну висоту дерева; ці дані будуть слугувати основою для подальших пошуків показників форми стовбурів;
- здійснити розрахунки основних показників форми стовбура: збіг,

коефіцієнти та класи форми, числа збігу, видові числа;

- провести кореляційний аналіз показників форми стовбура та здійснити моделювання твірної стовбура
- на основі проведених досліджень сформулювати відповідні висновки.

Об'єктом наших досліджень є особливості показників повнодеревності стовбурів дерев дуба звичайного залежно від діаметрів та висот в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України».

Предметом досліджень є закономірності зміни основних показників повнодеревності стовбурів дерев дуба звичайного залежно від діаметрів та висот в умовах Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України».

## **2.2. Аналіз лісового фонду Сокирянського надлісництва**

Станом на проходження переддипломної практики магістра та ознайомлення із матеріалами, які використовують на підприємстві, тут діючим був Проєкт організації та розвитку лісового господарства державного підприємства «Сокирянське лісове господарство» Чернівецького обласного управління лісового та мисливського господарства, зроблений фахівцями Київської лісовпорядної експедиції ВО «Укрдержліспроект» у 2022 році (Проєкт..., 2022). Сьогодні це підприємство носить назву Сокирянського надлісництва «Подільського лісового офісу» ДП «Ліси України», проте нових даних поки що немає, тому аналіз лісового фонду проводимо за даними 2022 року.

Підприємство розташоване у західній частині Чернівецької області на території Дністровського та Чернівецького адміністративних районів. Площа підприємства становить 38 671,0 га.

Територія підприємства розміщена у лісостеповій зоні Західноукраїнського лісостепоного лісогосподарського округу, Прут-Дністровського лісогосподарського району. Поверхневі ґрунтові відклади сформовані переважно

лесоподібними материнськими породами, де формуються найродючіші ґрунти – чорноземи та сірі лісові ґрунти. Найбільш поширеними ґрунтами тут є сірі лісові ґрунти (85 %), дернові ґрунти (9 %), опідзолені чорноземи (4 %) та лучні ґрунти (2 %).

За кліматом територія підприємства є помірно-континентальною, де серед негативних чинників, що впливають на ріст і розвиток лісових насаджень, можна відмітити пізні весняні заморозки, значні коливання температури, зокрема взимку, нерівномірне випадання опадів протягом року.

Територія підприємства переважно рівнинна, хоча тут є Хотинське підвищення, також присутні яружно-балкова рівнина Прут-Дністровського водорозділу.

Територія підприємства відноситься до сільськогосподарської території, де найбільшою мірою розвинений агросектор. У лісовому секторі на території підприємства у 2019 році було заготовлено 83,35 тис.м<sup>3</sup> ліквідної деревини, з якої ділова деревина становила 20,39 тис.м<sup>3</sup>. Основна частина ліквідної деревини – це твердолистяне господарство – 79,88 тис.м<sup>3</sup> ліквідної та 20,00 тис.м<sup>3</sup> ділової деревини. Переважно це круглі лісоматеріали, дров'яна деревина для промислового та непромислового використання.

Річні обсяги заготівлі деревини наведено в табл. 2.1.

Як видно з табл. 2.1, порівняно із минулим лісовпорядкуванням заплановано значно більші обсяги річного користування, коли лісосіка зростає від 76,05 тис.м<sup>3</sup> до 102,99 тис.м<sup>3</sup>, тобто зростає на 26 %. Аналогічно зростає і обсяг користування в порядку рубок головного користування. Це зростання має вплив на середній розмір користування, яке збільшується в середньому на 1 га з 2,1 до 2,9 м<sup>3</sup>. Проте обсяги лісовідновлення штучним шляхом зменшуються, що може свідчити про те, що частина рубок головного користування заплановано проводити вибірковими методами, а частина планується під природне поновлення.

Таблиця 2.1

**Рівень інтенсивності ведення лісового господарства**

Показник	Од.вим.	Рівень користування	
		за даними минулого л/в	за даними теперішнього л/в
1. Річний обсяг лісокористування усього ліквіду	тис.м <sup>3</sup>	76,05	102,99
в т.ч. від рубок головного користування	тис.м <sup>3</sup>	49,80	54,18
2. Середній обсяг лісокористування з 1 га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок	м <sup>3</sup>	2,1	2,9
3. Річний обсяг лісовідновлення			
створення лісових культур	га	204,6	161,6

На території підприємства переважають ліси захисних категорій (табл. 2.2). Зокрема тут переважають ліси, що відносяться до категорії захисних, в структурі яких є протиерозійні ліси, ліси вздовж залізниць та автомобільних доріг, байрачні ліси, Ліси навколо берегів річок, навколо озер та інші. Експлуатаційні ліси становлять меншу половину площі лісів підприємства. На території підприємства є пам'ятки природи загальнодержавного значення (наприклад «Шилівський ліс» площею 60 га та «Рухотинський ліс» площею 49 га). Є пам'ятки природи місцевого значення на площі 67,33 га, заповідні урочища площею 141,8 га, заказники 2119,2 га та дендрологічний парк «Млинки» площею 13,8 га. Додатково 3 249,7 га лісів підприємства включено до Смарагдової мережі.

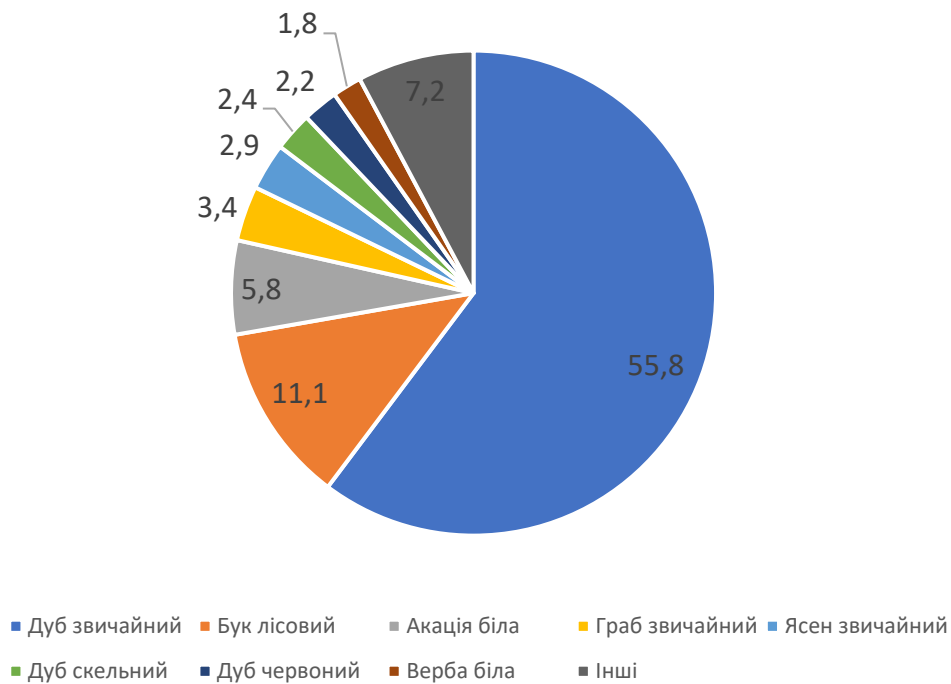
Таблиця 2.2

## Розподіл площ лісів за категоріями лісів

Категорії лісів	Площа за даними лісовпорядкування	
	га	%
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	3 137,2	8,1
Рекреаційно-оздоровчі ліси	4 077,8	10,5
Захисні ліси	12 853,2	33,2
Експлуатаційні ліси	18 612,8	48,2

У лісовому фонді підприємства переважають дубові деревостани (рис. 1.1), які зростають на 63 % площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок.

Розподіл площі за переважаючими деревними видами, %



**Рис. 2.1. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за переважаючими деревними видами**

У лісовому фонді Сокирянського надлісництва переважають дубові деревостани, де головним деревним видом є дуб звичайний. Ці деревостани зростають на площі 21 576,1 га, що становить 55,8 % від всіх вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. Значними є площі букових деревостанів (4 400,4 га або 11,1 %), акацієвих деревостанів (2 260,3 га або 5,8 %), ясеневих деревостанів (1 127,9 га або 2,9 %) та деревостанів дуба скельного (945,6 га або 2,4 %). Примітно, що значними є площі деревостанів дуба червоного, які займають площу 857,8 га. У лісовому фонді підприємства є і досить екзотичні деревостани, сформовані із таких деревних видів як маслинка вузьколиста (9,1 га), горіх маньчжурський (8,9 га), бархат амурський (2,6 га) липа срібляста (0,7 га) та інші. Також слід відмітити наявність значних площ горіхових деревостанів, зокрема горіх грецький зростає на площі 549,4 га, горіх чорний – 4,9 га та згаданий вже горіх маньчжурський на площі 8,9 га.

У структурі лісового фонду насадження природного та штучного походження становлять приблизно однакові площі. За віком тут переважають середньовікові деревостани (майже 50 %), стиглі та перестійні ліси займають площу майже 7 тис. га. Більшість деревостанів на підприємстві є високопродуктивними, оскільки частка лісів I та II класів бонітету становить 37,5 та 29,3 % відповідно. За відносними повнотами тут переважають середньоповнотні деревостани повнотою 0,7, що зростають на площі 14 662,9 га або 40,8 %. Низькоповнотних деревостанів на території підприємства є мало – близько 1,5 %.

Оскільки у лісовому фонді переважають дубові деревостани, детальніше розглянемо саме них. Високопродуктивні дубові деревостани I<sup>a</sup> класу бонітету зростають на площі 2 561,9 га, I класу – 8 727,5 га, II класу – 1 974,5 га. За відносною повнотою це середньоповнотні деревостани (0,7 – 9 517,6 га, 0,6 – 2 448,4 га). Високоповнотні деревостани займають 0,8 – 5 329,3 га, 0,9 – 3900,9 га та 1,0 – 155,9 га. Середній запас дубових деревостанів становить 235 м<sup>3</sup>/га, тоді як

стигли та перестійні деревостани характеризуються запасом 272 м<sup>3</sup>/га. Щороку у дубових деревостанах приростає близько 74,18 тис. м<sup>3</sup> деревини, що в річному вимірі на 1 га становить 3,4 м<sup>3</sup>/га. Переважно дубові деревостани зростають у свіжій грабовій діброві (13 514,5 га) та свіжій буковій діброві (3 594 га).

Отже, як бачимо із аналізу лісового фонду, тут переважають дубові високопродуктивні деревостани, тому ми обрали цей деревний вид для аналізу показників форми стовбура.

### **2.3. Методика проведення матеріальної оцінки лісосік**

Для проведення польових вимірювань для оцінки показників форми стовбура слід звалювати моделі і вже на повалених деревах проводити вимірювання. Очевидно, що спеціально проводити звалювання дерев дуба звичайного, які є дуже цінними в господарському відношенні, не раціонально і не завжди можливо. Тому ми для вимірювання повалених дерев знаходили ділянки, де заплановано проведення рубок і під час звалювання проводили відповідні виміри. Тому для аналізу нам слід було підібрати ділянки, заплановані в рубку, проводити вимірювання під час проведення рубки, де проводилася матеріальна оцінка лісосіки.

У лісогосподарських підприємствах для проведення будь-якого виду користування слід попередньо оцінити в натурі запаси деревини, що будуть вибиратися в порядку рубки. Це називається матеріальною оцінкою лісосік. Проведення матеріальної оцінки лісосік є обов'язковим елементом для отримання лісорубного квитка – дозволу на проведення рубання. У діяльності лісогосподарських підприємств сьогодні склалася ситуація, коли всі лісорубні квитки фіксуються спеціальним підрозділом Державної агенції лісових ресурсів України (ЛІАЦ), де можна отримати доступ до всієї бази лісорубних квитків починаючи від запровадження цієї системи (<https://lk.ukrforest.com/forest-tickets/>).

Переважно для проведення робіт з матеріальної оцінки лісосік сьогодні на підприємствах створені спеціальні бригади, що проводять польові вимірювання та

формують матеріальну оцінку лісосік та подають ці дані на затвердження до Державної агенції лісових ресурсів України.

Згідно із сучасним законодавством, що діє в галузі лісового господарства, на кожній ділянці, запланованій до рубки, проводять детальний облік всієї заготовлюваної деревини. Є два основних підходи до обліку деревини. На частину заходів, таких як освітлення чи прочищення, проводять оцінку заготовленої продукції за площею. Для цього закладається серія проб, де проводять ці рубки, оцінюють запаси заготовленої продукції та переводять це на всю площу ділянки, де будуть проводити цей захід. Цей підхід називається оцінка лісосіки за площею.

Для більшості інших видів рубок, в тому числі рубок головного користування, проводять подеревну оцінку. Для цього проводять виміри всіх дерев, що підлягають вирубці на всій площі рубки, і за цими даними проводять матеріальну оцінку із поділом на можливі заготовлювані сортименти. Проведення подеревної матеріальної оцінки лісосік регламентовано СОУ 02.02-37-476: 2006 (Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання, 2006).

Здійснення матеріальної оцінки лісосік проводиться в кілька етапів: підготовчий, польовий та камеральний. Під час підготовчого етапу на ділянці, де заплановано проведення рубки, проводять попередній огляд з оцінку можливих меж наступної ділянки. Під час польового етапу проводять безпосереднє відмежування ділянки за допомогою бусолі із прорубуванням візирів, відміченням фарбою меж ділянки та встановлення межових знаків на межах лісосіки (Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські. Загальні вимоги. ДСТУ 3534-97.). Кожна така ділянка прив'язується до видимих орієнтирів (проводять проміри до квартальних стовпів чи природних утворень для віднаходження цієї ділянки у майбутньому). Додатково сьогодні можна використати GPS-приймачі для отримання координат лісосіки.

У межах відведеної лісосіки проводять вимірювання всіх дерев, що підлягають рубці із відповідним їх маркуванням і занесенням у польову відомість.

Для цього вимірюють діаметри кожного дерева за ступенями товщини, визначають категорію технічної придатності дерева (ділова, напівділова та дров'яна, неліків). Для визначення розряду висот проводять вимірювання 10-15 облікових дерев – діаметр та висоту. Заключні роботи під час польового етапу – це загальний опис ділянки, зокрема опис трав'яного, чагарникового ярусів, оцінка природного поновлення, відмічення особливостей ділянки тощо.

Отримані дані підлягають аналізу під час камерального етапу. Для цього сьогодні зазвичай використовують спеціалізовані програмні продукти, що дозволяють на основі діючих нормативів за даними польових вимірів оцінити запаси деревини з розподілом на грубу, середню, дрібну ділову деревину, дров'яну деревину, оцінити вихід можливих сортиментів із вибраного запасу тощо.

Окремо на основі визначеного запасу проводять грошову оцінку лісосіки – тобто визначення таксової вартості заготовленої деревини, яку підприємство має сплатити у бюджет.

Ми проводили свої вимірювання на ділянках, що вже пройшли етап матеріальної оцінки, на ці ділянки були отримані лісорубні квитки. Наші виміри ми проводили на ділянках, де вже проводився відповідний захід – рубки головного користування та прохідні рубки. На повалених деревах під час рубки, що вибиралися за принципом пропорційного представництва дерев за ступенями товщини, ми вимірювали діаметри на 1-метрових секціях, додатково вимірювали діаметр на висоті 1,3 м, визначали відстань до основи крони та загальну довжину поваленого дерева.

Загалом ми провели дослідження на 6-ти ділянках, де здійснювалися різні види рубок. Детальна інформація про досліджені ділянки наведена у розділі 2.4.

#### **2.4. Обсяг польових досліджень**

Польові дослідження із вимірювання діаметрів дерев дуба звичайного проводили у 6-ти деревостанах на території Сокирянського надлісництва, де проводилися рубки головного користування та прохідні рубки. Детальніша

таксаційна характеристика деревостанів наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Лісівничо-таксаційна характеристика дубових деревостанів для проведення польових вимірів стовбурів**

№ пп	Квартал	Виділ	Вік, років	Склад деревостану	Середні		Клас бонітету	Тип лісу	Повнота відносна	Запас, м <sup>3</sup> Га <sup>-1</sup>
					висота, м	діаметр, см				
1	25	3	109	5Дз2Яз2Лпд1Гз	27,4	41,5	II	D <sub>2</sub> -ГД	0,75	376
2	25	9	109	6Дз2Яз1Гз1Бп	28,1	39,8	II	D <sub>2</sub> -ГД	0,79	404
3	24	11	110	7Дз1Яз2Гз+КЛГ	27,8	40,6	II	D <sub>2</sub> -ГД	0,81	419
4	28	14	89	8Дз2Гз	24,6	30,9	II	D <sub>2</sub> -ГД	0,95	300
5	33	1	73	8Дз2КЛГ+Чш	24,1	28,0	I	C <sub>2</sub> -ГД	0,85	350
6	43	1	79	8Дз2Гз	26,3	30,3	I	C <sub>2</sub> -ГД	0,85	350

Як видно з таблиці 2.3, всі деревостани – це дубова господарська секція, де дуб звичайний є головним деревним видом. Всі аналізовані деревостани є змішаними за складом, де поряд з дубом звичайним зростають ясен звичайний, липа дрібнолиста, береза повисла, граб звичайний та клен гостролистий. Перші три деревостани – це стиглі деревостани віком 109-110 років, в яких проводилися суцільні рубки головного користування. Останні три деревостани – це середньовікові деревостани віком 73-89 років, де проводилися прохідні рубки. За продуктивністю – це високопродуктивні деревостани I та II класів бонітету. Всі деревостани є високоповнотними.

У вказаних деревостанах були обміряні повалені дерева. Зокрема у стиглих деревостанах було обміряно 57 дерев, а у середньовікових – 27 дерев. Ці дані слугували основою для аналізу показників форми стовбурів дерев дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва.

## РОЗДІЛ 3. ПОКАЗНИКИ ФОРМИ СТОВБУРІВ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СОКИРЯНСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА

### 3.1. Статистична оцінка облікових дерев

Важливим аспектом аналізу даних є їх статистична оцінка, тобто визначення достовірності даних на основі визначених статистичних показників. Така оцінка може проводитися за різними показниками і з визначенням різних статистичних показників. У лісівничій практиці найбільше статистичну оцінку проводять за групами статистичних ознак для згрупованих даних чи для окремої вибірки.

Оскільки ми у своїй роботі проводимо аналіз показників форми стовбура, що безпосередньо залежать від діаметрів, тому і статистичний аналіз будемо проводити саме для даних виміряних діаметрів дерев.

Згідно методики дослідження ми міряли діаметри на різних висотах з кроком 1 м. Проте повалені дерева мають різну довжину, тому для аналізу ми беремо тільки показники діаметрів виміряних стовбурів на загальноприйнятій в лісовій таксації висоті – 1,3 м. Ці дані є для всіх виміряних облікових дерев, де ми проводили дослідження.

Загалом ми маємо поміряних 57 дерев у стиглих деревостанах та 27 у середньовікових, тому статистичний аналіз будемо проводити з розподілом бази даних на дві частини залежно від віку дерев.

Статистичний аналіз проводимо за наступними показниками.

Мінімальне та максимальне значення – показує ліміти розмаху діаметрів облікових дерев – на скільки вони відрізняються між собою.

Середнє значення – показує усереднений діаметр на висоті 1,3 м для дерев певної вибірки.

Мода – показує діаметр стовбура, який найчастіше зустрічається у вибірці.

Медіана – показує середній діаметр дерева, якщо проранжувати дерева за діаметром від найменшого до найбільшого.

Стандартне відхилення – показує на скільки в середньому відрізняються діаметри дерев від середнього дерева у вибірці.

Дисперсія – показує середній квадрат відхилень діаметрів дерев від середнього діаметра дерева.

Коефіцієнт варіації – показує мінливість діаметрів.

Точність дослідження – свідчить про статистичну значущість отриманих статистичних показників.

Асиметрія та ексцес – показують форму кривої розподілу і вказують на ступінь відхилення діаметрів дерев від кривої нормального розподілу.

Ми обрахували всі ці показники, а результати наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

### Статистичний аналіз діаметрів дерев

Показник	Стиглий деревостан			Середньовіковий деревостан		
	значення	основна помилка	точкова оцінка	значення	основна помилка	точкова оцінка
Мінімальне	43,0	-	43,0	16,5	-	16,5
Максимальне	149,5	-	149,5	40,5	-	40,5
$D_{сер}$	70,45	2,487	70,45±2,487	25,9	1,25	25,85±1,247
Мода	78	-	78	22	-	22
Медіана	68	-	68	25	-	25
Стандартне відхилення	18,78	1,759	18,78±1,759	6,48	0,88	6,48±0,882
Дисперсія	346,43	46,715	346,43±46,715	40,5	8,08	40,5±8,081
Коефіцієнт варіації	26,70	0,268	26,7±0,268	25,1	0,52	25,1±0,523
Точність дослідження	3,54	0,354	3,537±0,354	4,83	0,7	4,83±0,697
Асиметрія	1,58	0,324	1,575±0,324	0,55	0,47	0,552±0,471
Ексцес	4,79	0,649	4,791±0,649	-0,3	0,94	-0,304±0,943

Як видно з даних табл. 3.1, розмах діаметрів облікових дерев для стиглих дубових деревостанів становить від 43,0 до 149,5 см, тоді як середнє значення діаметрів для них становить 70,45 см. Найчастіше серед 57 облікових дерев зустрічаються стовбури із діаметром 78 см. В середньому діаметр кожного

стовбура відрізняється від середнього діаметра на 18,78 см, тоді як дисперсія вказує на дуже значне відхилення. Коефіцієнт варіації у 26,70 % показує, що стиглі дерева дуба звичайного мають значну варіацію за діаметром. Крива розподілу для стиглих дубових дерев значно відрізняється від кривої нормального розподілу, оскільки є значні значення асиметрії та ексцесу. Так показник асиметрії 1,58 вказує на те, що крива має правосторонню асиметрію, тобто більшість дерев мають менші діаметри. Хоча за показником ексцесу крива є гостровершинною.

Обчислені статистичні показники є достовірними на 95 % рівні значимості, оскільки показник точності дослідження становить менше 5 %, а саме 3,54 %. Для оцінки генеральних показників ми провели додатково точкову оцінку, тобто розмах основних статистичних показників. Так, для стиглих дерев середній діаметр у генеральній сукупності може становити від 67,963 до 72,937 см. Як видно, показник точності дослідження також не виходить за межі 5 % для генеральної сукупності на 95 % рівні значимості.

Для середньовікових дерев дуба звичайного ми отримали подібні закономірності, проте мінімальні та максимальні значення тут значно нижчі. Відповідно, стандартне відхилення тут також менше, оскільки фактичні значення діаметрів знаходяться в значно вужчому діапазоні. За показником коефіцієнта варіації тут також видно, що дерева мають значну варіацію (25,1 %). Асиметрія та ексцес тут значно менші, ніж для стиглих дерев, проте якщо асиметрія також є правосторонньою, тоді як ексцес вказує, що крива розподілу є туповершинною, оскільки показник ексцесу від'ємний (-0,3). Точність дослідження є меншою 5 %, що вказує на достатню кількість дерев для подальшого аналізу.

Проаналізувавши дані вимірів на статистичну однорідність, можна приступати до вивчення спеціальних показників, що характеризують форму стовбура.

### 3.2. Оцінка збіжистості деревних стовбурів дуба звичайного

Збіг стовбура – це зменшення діаметрів стовбура дерева з висотою. Важливою властивістю цього показника є те, що знаючи показник збіжистості стовбура ми можемо точніше оцінити його об'єм.

Розрізняють абсолютний та відносний збіг стовбура.

Абсолютний збіг показує зміну діаметра стовбура в сантиметрах від основи до вершини через певний інтервал (1, 2, 4 м і т.д.), тому визначають його за наступною формулою:

$$S_a = d_i - d_{i+1}, \quad (3.1)$$

де  $d_i$  – діаметр на висоті  $i$ , см;  $d_{i+1}$  – діаметр на іншій висоті, см.

Визначення абсолютного збігу дає можливість аналізувати стовбур та визначати його об'єми як для всього стовбура, так і для окремих його частин або окремих сортиментів. Маючи показники абсолютного збігу навіть можна побудувати твірну стовбура залежно від абсолютного збігу в різних його частинах.

Відносний збіг показує зміну діаметрів стовбура, проте виражається у відносних величинах (частках або відсотках). Відносний збіг визначають за формулою:

$$S_b = \frac{d_i}{d_6}, \quad (3.2)$$

де  $d_6$  – діаметр стовбура на базовій висоті, см.

Якщо порахувати відносний збіг за формулою 3.2, отримаємо відносний збіг у частках, тоді як перемноживши результат на 100 % - у відсотках.

Базовий діаметр – це діаметр на певній визначеній висоті. Зазвичай за такий базовий діаметр беруть діаметр на висоті 1,3 м, який найлегше виміряти в натурі. Проте є дослідження, коли за такий діаметр беруть якусь відносну висоту, наприклад  $\frac{1}{4}$  висоти дерева. У першому випадку, коли за базовий беруть висоту 1,3 м, тоді відносний збіг – це коефіцієнти форми, у другому випадку – класи форми (ми до них повернемося у наступному підрозділі). Маючи дані відносного

збігу можна побудувати відсотковий ряд зміни діаметрів з висотою стовбура.

Абсолютний та відносний збіг ще називають дійсними або фактичними збігами, оскільки вони прив'язані до певного місця на стовбурі дерева – на висоті 1,3 м чи певних відносних висотах.

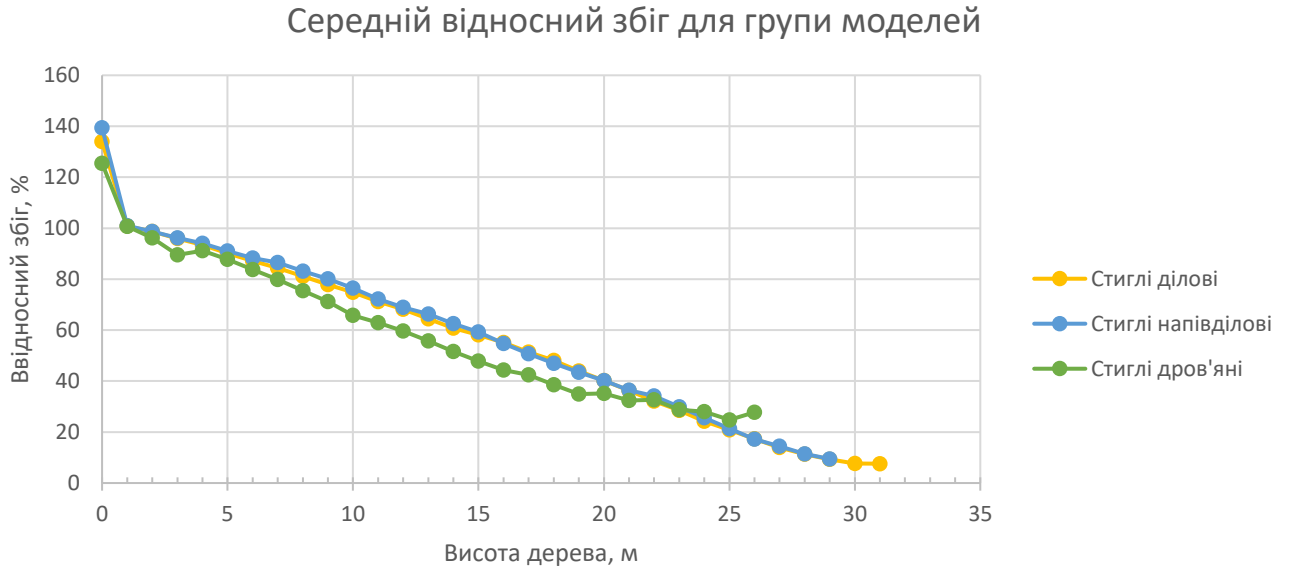
Для характеристики збіжистості стовбура на окремій ділянці використовують середній збіг. Середній збіг – це середня зміна діаметра на 1 м стовбура для певного відрізка або сортимента. Обраховують середній збіг за формулою:

$$S_{\text{сер}} = \left( \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{в}}}{l} \right), \quad (3.3)$$

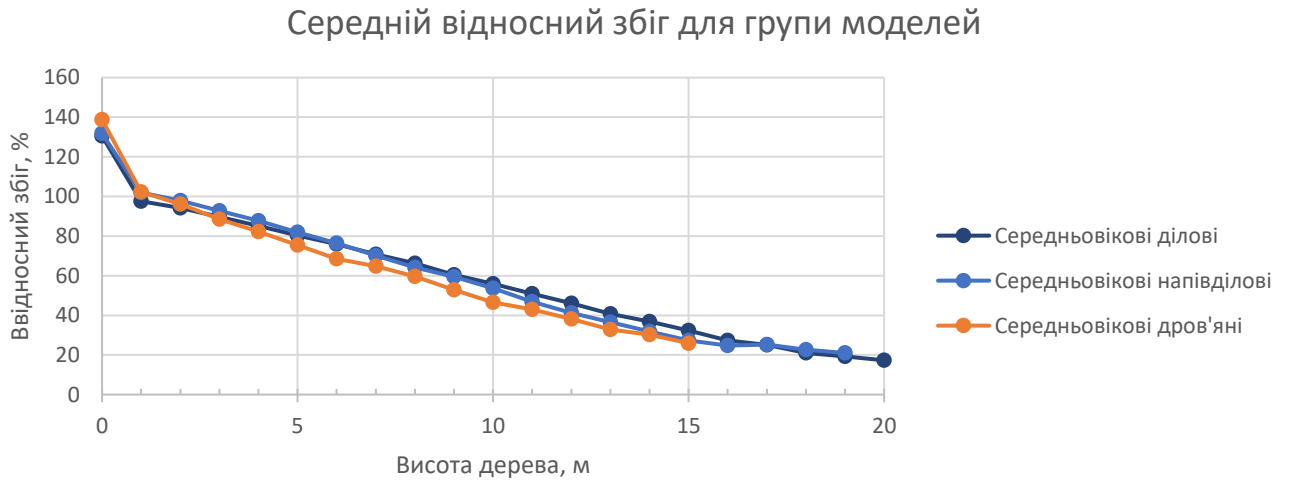
де  $d_{\text{н}}$ ,  $d_{\text{в}}$  – діаметри стовбура (сортимента, відрізка) у нижній та верхній частині, см;  $l$  – довжина відрізка чи сортимента, м.

Середній збіг вже може давати інформацію про форму частини стовбура, оскільки знаючи показник середнього збігу можна знайти діаметри на різних висотах.

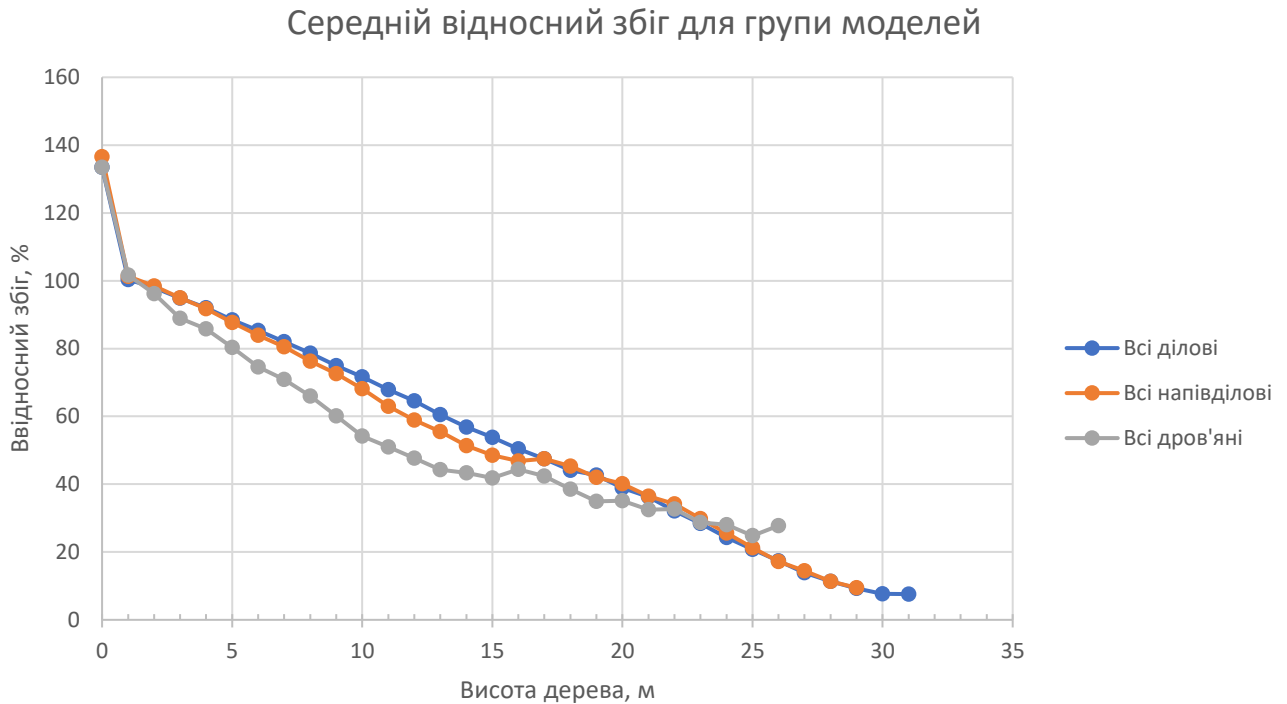
Ми на основі вимірних даних обрахували показники відносного та середнього збігу для всіх стовбурів дерев. Проте для аналізу доцільно їх розділяти. Оскільки ми маємо інформацію про категорію технічної придатності дерев, ми спробували оцінити відносний збіг залежно від категорії технічної придатності та віку дерев. Для цього вся база даних вимірів була поділена на групи стиглих: ділові, напівділові та дров'яні, та середньовікових: ділові, напівділові та дров'яні, та незалежно від віку - ділові, напівділові та дров'яні. Оскільки даних дуже багато, ми спробували результати представити у вигляді усередненого стовбура. Так, на рис. 3.1-3.3 наведені результати визначення відносного збігу для дерев різних категорій технічної придатності та вікових груп.



**Рис. 3.1. Відносний збіг середнього дерева стиглих дубових деревостанів залежно від категорії технічної придатності**



**Рис. 3.2. Відносний збіг середнього дерева середньовікових дубових деревостанів залежно від категорії технічної придатності**



**Рис. 3.3. Відносний збіг середнього дерева всіх дубових деревостанів залежно від категорії технічної придатності**

Як видно з рис. 3.1, закономірності зміни відносного збігу для стиглих ділових та напівділових дерев практично не відрізняються. На основі відносний збіг становить близько 140 % від діаметра на висоті 1,3 м і до вершини цей збіг спадає до 5-7 %. Для стиглих стовбурів дров'яної частини деревини закономірність дещо інша: дров'яні дерева нижчі, тому спадання діаметрів у нижній частині стовбура інтенсивніше, тоді як до основи вершинки усередненого дров'яного стовбура відносний збіг залишається на рівні 22-24 %, що свідчить, що для дров'яних стовбурів у стиглому віці стовбур на вершинці різко зменшує діаметр.

Для середньовікових стовбурів (рис. 3.2) суттєвих відмінностей у стовбурах різних категорій технічної придатності не видно. Як і для стиглих стовбурів, відносний збіг на основі становить близько 140 % і до вершини зменшується до 18-19 %. Для середньовікових дров'яних стовбурів, які тут також мають нижчу висоту, характерне різке спадання діаметрів на вершинці стовбура.

Оскільки суттєвих відмінностей між стиглими та середньовіковими деревостанами за показником відносного збігу не виявлено, на рис. 3.3 представлено відносні збіги для всіх дерев незалежно від віку з розподілом на категорії технічної придатності. Як видно з рис. 3.3, відмінностей у відносному збігу для ділових та напівділових дерев також не прослідковується, тоді як дров'яні дерева інтенсивно зменшують діаметр стовбура у нижній частині від 140 % на кореневій шийці до 40 % на висоті 15 м, а вище 15 м зміна відносного збігу вже не така різка. Для ділових та напівділових стовбурів зміна діаметрів з висотою має практично прямолінійний характер, що свідчить про рівномірне зменшення діаметрів на всьому стовбурі, окрім нижньої частини – від 0 до 1 м, що пов'язано з кореневими лапами в основі стовбура.

Для оцінки середнього збігу, оскільки його рахують на окремі частини стовбура (відрізки, сортименти), ми розділили стовбур на 2 сортименти довжиною по 6 м, оскільки саме такі відрізки зазвичай заготовляють на підприємстві. Для зменшення ефекту відземкової частини, ми порахували середній збіг для сортиментів від 1 м до 7 метрів, та від 7 м до 13 м. На основі отриманих значень середнього збігу ми провели статистичну оцінку середнього збігу для сортиментів, взятих з дерев різних категорій технічної придатності та залежно від віку. Результати статистичної оцінки наведено у табл. 3.2.

Як видно з табл. 3.2, розмах середнього збігу для всіх дерев у вибірці становить від -0,2 до 3,9 см на 1 м довжини сортимента у відрізок від 1 до 7 м. Від'ємне значення свідчить, що серед даних наявне дерево, що має більший діаметр на висоті 7 метрів ніж на висоті 1 м. Таке може бути у випадку, коли дерево має вади у вигляді напливів, або навпаки ракових ділянок. Такого ефекту для сортимента від 7 до 13 м немає, оскільки тут ранг становить від 0,9 см до 8,7 см на 1 м довжини.

Таблиця 3.2

## Статистична оцінка середнього збігу сортиментів

Сортименти		Кількість дерев	Статистичні показники							
			мін.	макс	середнє	медіана	мода	стандартне відхилення	коефіцієнт варіації	точкова оцінка
Всі дерева	сортимент 1-7 м	84	-0,2	3,9	1,7	1,7	1,8	0,6	35,3	1,7±0,07
	сортимент 7-13 м	84	0,9	8,7	2,2	1,9	1,3	1,04	47,3	2,2±0,11
Всі ділові дерев	сортимент 1-7 м	42	0,9	8,7	2,2	1,9	1,3	1,04	47,3	2,2±0,11
	сортимент 7-13 м	42	1	8,7	2,4	2,2	2,7	1,23	51,3	2,4±0,19
Всі напівділові дерев	сортимент 1-7 м	22	-0,2	2,6	1,5	1,55	1,3	0,55	36,7	1,5±0,12
	сортимент 7-13 м	22	0,9	3,5	2	1,75	1,8	0,71	35,5	2±0,15
Всі дров'яні дерев	сортимент 1-7 м	20	0,4	3,5	1,6	1,45	1,8	0,63	39,4	1,6±0,14
	сортимент 7-13 м	20	1	3,7	1,9	1,7	1,3	0,84	44,2	1,9±0,19
Стигли ділові дерев	сортимент 1-7 м	35	1	3,9	2	1,9	1,8	0,59	29,5	2±0,1
	сортимент 7-13 м	35	1	8,7	2,5	2,4	2,7	1,3	52	2,5±0,22
Стигли напівділові дерев	сортимент 1-7 м	14	-0,2	2,6	1,6	1,7	1,7	0,68	42,5	1,6±0,18
	сортимент 7-13 м	14	1,3	3,5	2,2	2,15	1,3	0,76	34,5	2,2±0,2
Стигли дров'яні дерев	сортимент 1-7 м	8	1,3	3,5	2	1,8	1,8	0,7	35	2±0,25
	сортимент 7-13 м	8	1,3	3,7	2,6	2,4	1,8	0,95	36,5	2,6±0,34
Середньовікові ділові дерев	сортимент 1-7 м	7	1	1,8	1,6	1,6	1,8	0,29	18,1	1,6±0,11
	сортимент 7-13 м	7	1,3	2,1	1,8	1,8	1,8	0,27	15	1,8±0,1
Середньовікові напівділові дерев	сортимент 1-7 м	8	1,3	1,7	1,4	1,35	1,3	0,16	11,4	1,4±0,06
	сортимент 7-13 м	8	0,9	1,8	1,5	1,6	1,8	0,3	20	1,5±0,11
Середньовікові дров'яні дерев	сортимент 1-7 м	12	0,4	1,8	1,3	1,3	1,1	0,36	27,7	1,3±0,1
	сортимент 7-13 м	12	1	2	1,4	1,4	1,3	0,31	22,1	1,4±0,09

Середнє значення середнього збігу для першого сортимента становить 1,7 см, для другого – 2,2. Це свідчить про те, що у нижній частині середній збіг менший, ніж у вищій частині, тобто нижні сортименти є менш збіжистими (більш повнодеревними), ніж верхній сортимент. Таку закономірність можна прослідкувати для дерев всіх категорій технічної придатності та різного віку, коли середній збіг нижнього сортимента є меншим ніж вищого. В середньому збіг коливається від 1,3 (середньовікові дров'яні дерева нижній сортимент) до 2,6 см/м у стиглих дров'яних дерев верхнього сортимента). Це свідчить про те, що оскільки середній збіг у всіх випадках практично перевищує значення 1 см/м, тоді збіжистість що стиглих, що середньовікових, що ділових, що дров'яних є високою. Тобто дерева дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва є сильnozбіжистими, що очевидно впливає як на якість отриманих сортиментів, так і на точність визначення об'ємів стовбурів, коли при підвищеній збіжистості іде систематичне завищення об'ємів кожного стовбура від їх реального об'єму.

### 3.3. Видові числа стовбурів дуба звичайного

Для визначення об'єму стовбура важко отримати виміри діаметрів на різних висотах, щоб оцінити збіжистість стовбура та точно визначити його об'єм. Тому на практиці використовують підхід, коли для визначення об'єму стовбура використовують спеціальний коефіцієнт, який показує на скільки форма стовбура відрізняється від форми циліндра із діаметром на певній висоті, наприклад 1,3 м як найбільш поширений на практиці діаметр. Це відомо як основна таксаційна формула:

$$V_c = g_{1,3} \cdot h \cdot f, \quad (3.4)$$

де  $V_c$  – об'єм стовбура, м<sup>3</sup>;  $g_{1,3}$  – площа поперечного перетину стовбура на висоті 1,3 м, м<sup>2</sup>;  $h$  - висота стовбура, м;  $f$  – коефіцієнт, відомий як старе видове число.

Згаданий коефіцієнт – це поняття видового числа, що введено в практику

лісової таксації, яке визначають як відношення об'єму стовбура  $V_c$  до об'єму циліндра  $V_{ц}$  на певній висоті:

$$f = \frac{V_c}{V_{ц}}. \quad (3.5)$$

Залежно від задач, видові числа можна обрахувати як для всього стовбура, так і його частин чи певних сортиментів. У лісовій таксації відомі кілька підходів до визначення видових чисел, тому розрізняють старі, нормальні (раціональні), абсолютні та дійсні видові числа.

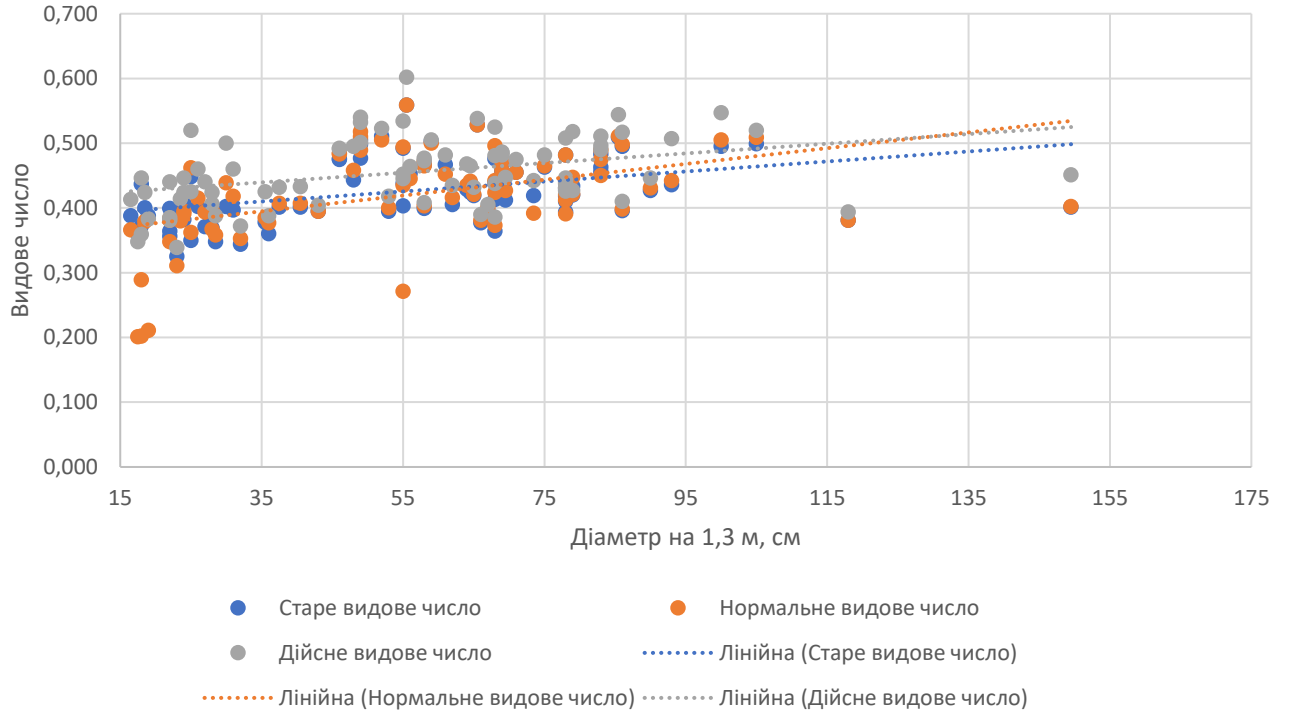
Найбільш поширеним видом є старе видове число, яке розраховують як відношення об'єму стовбура до  $V_c$  до об'єму циліндра  $V_{ц}$  з основою на висоті 1,3 м:

$$f_c = \frac{V_c}{V_{ц}} = \frac{V_c}{g_{1,3} \cdot h} = \frac{V_c}{\frac{\pi}{4} d_{1,3}^2 \cdot h}. \quad (3.6)$$

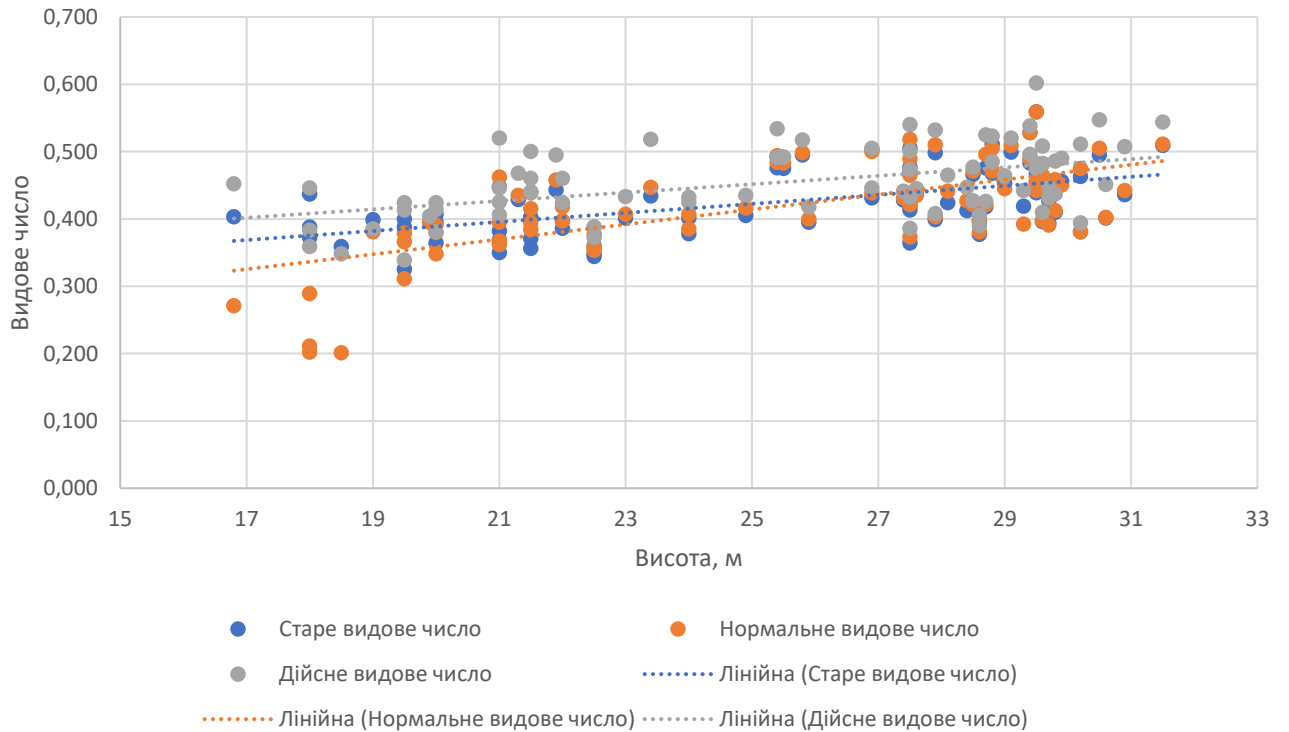
У випадку, коли за висоту основи циліндра беруть частку висоти на відстані  $l$  від основи, отримують нормальні видові числа. Так, якщо за основу взяти  $1/20h$  висоти стовбура, то отримаємо нормальне видове число (Пресслера), а якщо  $1/10h$  – дійсне видове число (Гогенадля). Абсолютне видове число – це коли за основу циліндра беруть площу поперечного перетину дерева на кореневій шийці.

Як зазначалося вище, у практиці ведення лісового господарства найбільшого поширення набуло старе видове число. Тому на основі наших вимірів стовбурів ми провели визначення видових чисел та провели їх моделювання. Результати представлено на рис. 3.4-3.5.

Як видно з рис. 3.4 та 3.5, старі, нормальні та дійсні видові числа відрізняються між собою та мають різні залежності. Дійсне видове число практично не відрізняється від старого видового числа, проте за абсолютними значеннями є більшим. Тоді як нормальне видове число як за діаметром, так і за висотою, має тенденцію до швидшого зростання із збільшенням діаметрів та висот.



**Рис. 3.4. Залежність видових чисел від діаметра на 1,3 м для всіх стовбурів дуба звичайного**



**Рис. 3.5. Залежність видових чисел від висоти дерева для всіх стовбурів дуба звичайного**

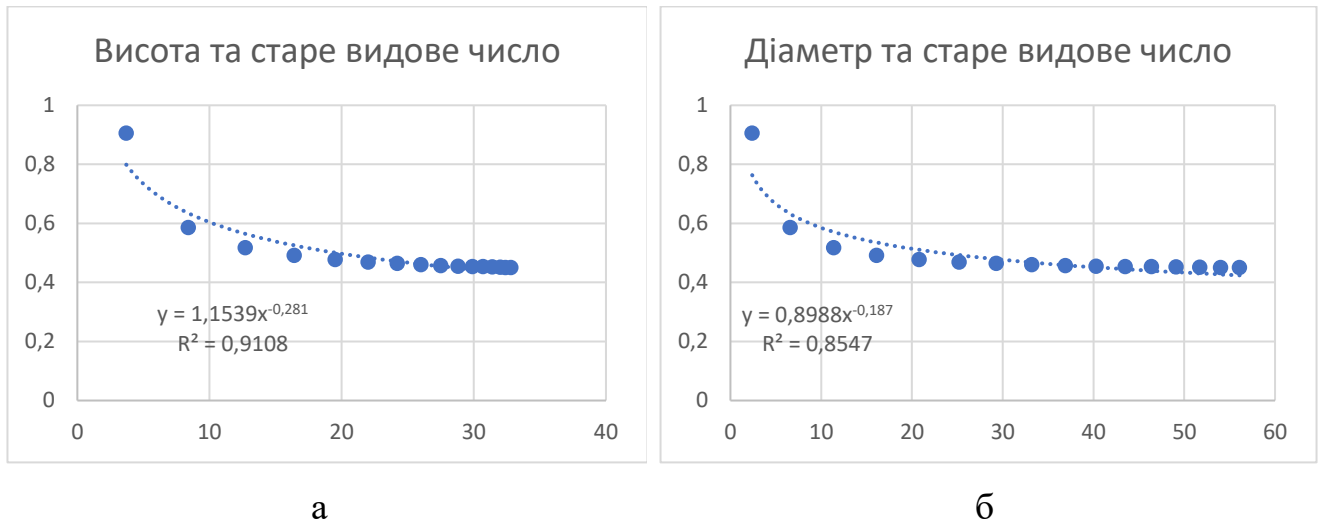
Тут слід відмітити, що загальноприйнято вважати, що зі збільшенням віку видові числа мають зменшуватися. Фактично, збільшення діаметрів чи висоти – це теоретично пов'язано із збільшенням віку, тому видові числа мали б зменшуватися. У нашому випадку вони навпаки збільшуються. На нашу думку так може бути, коли ми маємо обмежений діапазон віку. Додатково, збільшення діаметрів у деревостанах приблизно однакового віку – це не збільшення віку, а кращі умови росту окремих екземплярів дерев, які мали змогу прирости у діаметрі та висоті більше, ніж сусідні дерева, оскільки вони займали панівне положення. Тому однозначно судити про збільшення параметрів дерев як залежність від віку недостатньо обґрунтовано, а збільшення видових чисел пов'язане не з віком, а зі збільшеними параметрами дерев, коли вищі панівні дерева мають менш збіжисті стовбури, а тому більше наближаються до форми циліндра.

Поділ стовбурів дуба звичайного на категорії технічної придатності показує подібні закономірності – збільшення видових чисел зі збільшенням діаметрів та висот. Хоча є виняток для ділових дерев, коли зі збільшенням діаметрів старе видове число залишається стабільним – на рівні 0,420.

Враховуючи отриманий результат, ми додатково провели порівняння старих видових чисел дерев дуба звичайного за нашими даними та даними, що опубліковані у таблицях ходу росту для дубових деревостанів I класу бонітету (Лісотаксаційний довідник, 2013; Строчинський, Кашпор, 2010). Для цього ми визначили залежності старого видового числа від діаметра та висоти для опублікованих даних, які найточніше описуються степеневою функцією (рис. 3.6)

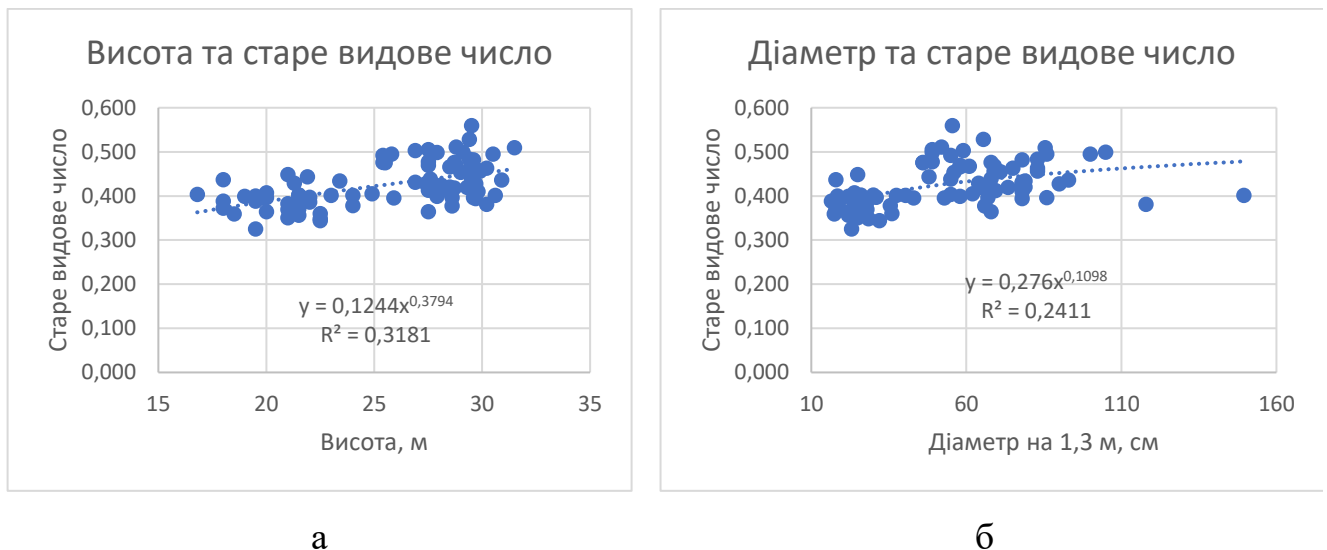
Знаючи закономірності зміни старого видового числа за опублікованими даними, ми провели оцінку залежності старого видового числа від діаметра та висоти для наших даних (рис. 3.7).

Як видно з рис. 3.7, моделювання зміни старого видового числа провели також степеневою функцією, проте дані зі збільшенням діаметра та висоти збільшуються.



**Рис. 3.6. Залежність старого видового числа від висоти (а) та діаметра (б)**

(за опублікованими даними Давидова М.В.)



**Рис. 3.7. Залежність старого видового числа від висоти (а) та діаметра (б)**

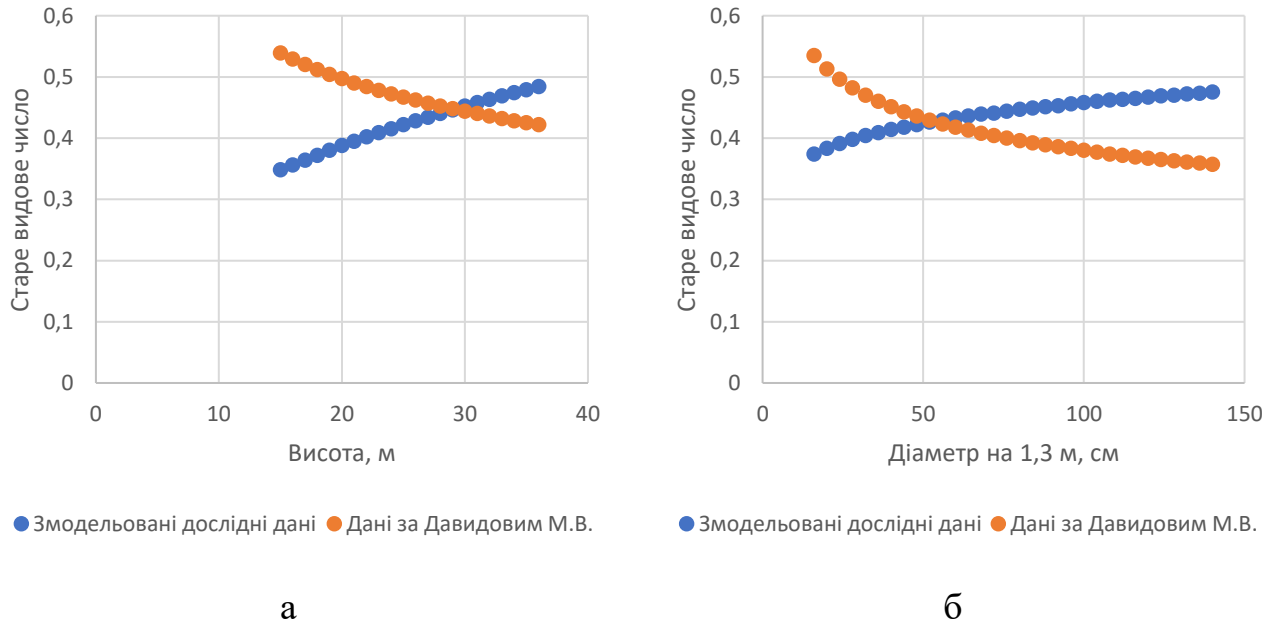
(за фактичними даними)

На основі отриманих залежностей ми провели моделювання зміни старого видового числа з діаметром та висотою та оцінили відхилення фактичних змодельованих значень із теоретичними за даними таблиць ходу росту (табл. 3.3), а графічне представлення наведено на рис. 3.8. Для вирівнювання висоти, знайшли залежності між фактичними діаметрами та висотами і на основі цих залежностей сформувавали фрагмент таблиці ходу росту зміни старого видового числа від діаметра та висоти (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Моделювання старого видового числа залежно від висоти та діаметра  
стовбурів дуба звичайного**

Порівняння за висотою				Порівняння за діаметром				Моделювання		
Ступені висоти	Змодельоване за фактичними даними $f$	Змодельоване за Давидовим М.В.	Відхилення, %	Ступені товщини	Змодельоване за нашими даними $f$	Змодельоване за Давидовим М.В.	Відхилення, %	Ступені товщини	Змодельована висота	Змодельоване $f$ за висотою
15	0,348	0,539	35,4	16	0,374	0,535	30,1	16	17,9	0,372
16	0,356	0,529	32,7	20	0,383	0,513	25,3	20	19,4	0,383
17	0,364	0,52	30	24	0,391	0,496	21,2	24	20,7	0,393
18	0,372	0,512	27,3	28	0,398	0,482	17,4	28	21,7	0,400
19	0,38	0,504	24,6	32	0,404	0,47	14	32	22,6	0,406
20	0,388	0,497	21,9	36	0,409	0,46	11,1	36	23,4	0,411
21	0,395	0,49	19,4	40	0,414	0,451	8,2	40	24,1	0,416
22	0,402	0,484	16,9	44	0,418	0,443	5,6	44	24,8	0,421
23	0,409	0,478	14,4	48	0,422	0,436	3,2	48	25,4	0,424
24	0,415	0,472	12,1	52	0,426	0,429	0,7	52	25,9	0,428
25	0,422	0,467	9,6	56	0,429	0,423	-1,4	56	26,4	0,431
26	0,428	0,462	7,4	60	0,433	0,418	-3,6	60	26,9	0,434
27	0,434	0,457	5	64	0,436	0,413	-5,6	64	27,3	0,436
28	0,44	0,452	2,7	68	0,439	0,408	-7,6	68	27,7	0,439
29	0,446	0,448	0,4	72	0,441	0,404	-9,2	72	28,1	0,441
30	0,452	0,444	-1,8	76	0,444	0,4	-11	76	28,5	0,443
31	0,458	0,44	-4,1	80	0,447	0,396	-12,9	80	28,9	0,446
32	0,463	0,436	-6,2	84	0,449	0,392	-14,5	84	29,2	0,447
33	0,469	0,432	-8,6	88	0,451	0,389	-15,9	88	29,5	0,449
34	0,474	0,428	-10,7	92	0,453	0,386	-17,4	92	29,8	0,451
35	0,479	0,425	-12,7	96	0,456	0,383	-19,1	96	30,1	0,453
36	0,484	0,422	-14,7	100	0,458	0,38	-20,5	100	30,4	0,454
-	-	-	-	104	0,46	0,377	-22	104	30,6	0,456
-	-	-	-	108	0,462	0,374	-23,5	108	30,9	0,457
-	-	-	-	112	0,463	0,372	-24,5	112	31,1	0,458
-	-	-	-	116	0,465	0,369	-26	116	31,4	0,460
-	-	-	-	120	0,467	0,367	-27,2	120	31,6	0,461
-	-	-	-	124	0,469	0,365	-28,5	124	31,8	0,462
-	-	-	-	128	0,47	0,363	-29,5	128	32,1	0,464
-	-	-	-	132	0,472	0,361	-30,7	132	32,3	0,465
-	-	-	-	136	0,473	0,359	-31,8	136	32,5	0,466
-	-	-	-	140	0,475	0,357	-33,1	140	32,7	0,467



**Рис. 3.8. Моделювання старого видового числа за фактичними та опублікованими даними залежно від висоти (а) та діаметра (б)**

Як видно з табл. 3.3, порівняння фактичних та опублікованих даних старого видового числа залежно від висоти показує, значні відхилення, зокрема у нижчих висотах є суттєве заниження фактичних даних (до 35,4 %), тоді як у вищих дерев спостерігається навпаки заниження старого видового числа (до -14,7 %). Аналогічна ситуація характерна і за діаметром, проте розмах відхилень тут від +30,1 % до -33,1 %, тобто для ряду діаметрів такі відхилення вищі у відсотковому вираженні. Тому для формування фрагменту таблиці ходу росту ми провели моделювання старого видового числа за функцією, отриманою для ряду за висотою. Як видно зі модельованих даних, у нас збереглася тенденція до збільшення старого видового числа із збільшенням як діаметра, так і висоти. На нашу думку це може бути пов'язане із особливостями зростання дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва, коли найкращі дерева формують більш повнодеревні стовбури, ніж ті, що знаходяться в середній чи нижній частині намету деревостану. Проте для підтвердження цієї гіпотезі потрібно значно розширювати віковий діапазон досліджень.

### 3.4. Коефіцієнти та класи форми стовбурів дуба звичайного

Для повнішої характеристики форми стовбурів дерев дуба звичайного доцільно розрахувати інші показники, що можуть дати уявлення про їх форму. Для цього використовують коефіцієнти та класи форми і числа збігу. Ці показники – це відношення діаметрів стовбура на різних висотах.

Першими були апробовані коефіцієнти форми (А.Шіффель). Коефіцієнти форми визначають як частка ділення між діаметрами на різних висотах до діаметра на висоті 1,3 м:

$$q_0 = \frac{d_0}{d_{1,3}}, q_1 = \frac{d_{1/4}}{d_{1,3}}, q_2 = \frac{d_{1/2}}{d_{1,3}}, q_3 = \frac{d_{3/4}}{d_{1,3}}. \quad (3.7)$$

Класи форми за базову висоту беруть діаметр на висоті  $\frac{1}{4}$  і обраховуються за формулами:

$$q_{0/1} = \frac{d_0}{d_{1/4}}, q_{2/1} = \frac{d_{1/2}}{d_{1/4}}, q_{3/1} = \frac{d_{3/4}}{d_{1/4}}. \quad (3.8)$$

Гогенадль ввів поняття чисел збігу, де за основу беруть діаметр на 0,1 висоти стовбура, тобто:

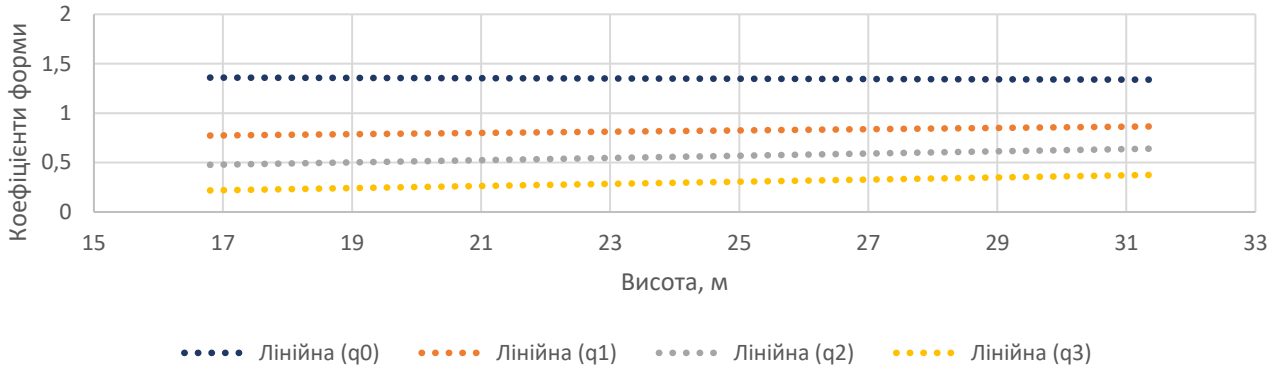
$$\eta_{0,3} = \frac{d_{0,3}}{d_{0,1}}, \eta_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}}, \eta_{0,7} = \frac{d_{0,7}}{d_{0,1}}, \eta_{0,9} = \frac{d_{0,9}}{d_{0,1}}. \quad (3.9)$$

Практичне значення коефіцієнтів та класів форми – це визначення збіжистості стовбурів дерев. Окрім того їх можна використовувати для визначення старого видового числа з метою оцінки об'єму стовбура.

Ми порахували ці показники для кожного деревного стовбура дуба звичайного та отримали залежності їх зміни з висотою (рис. 3.9) та діаметром (3.10).

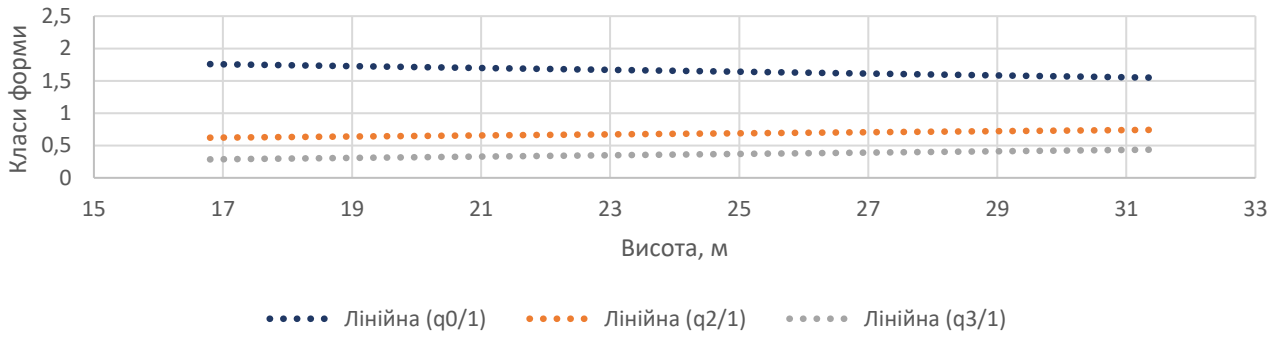
Як видно з рис. 3.9.а,  $q_0$  для всіх дерев незалежно від висоти за абсолютним значенням практично не змінюється і становить майже 1,4. Інші коефіцієнти форми за абсолютними значеннями є нижчими і незначно зростають зі збільшенням висоти.

Залежність коефіцієнтів форми від висоти дерев дуба звичайного



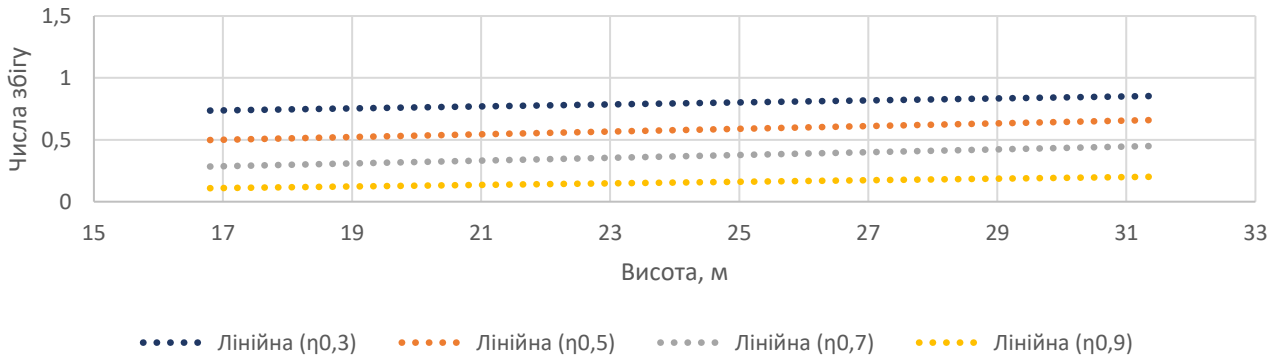
а

Залежність класів форми від висоти дерев дуба звичайного



б

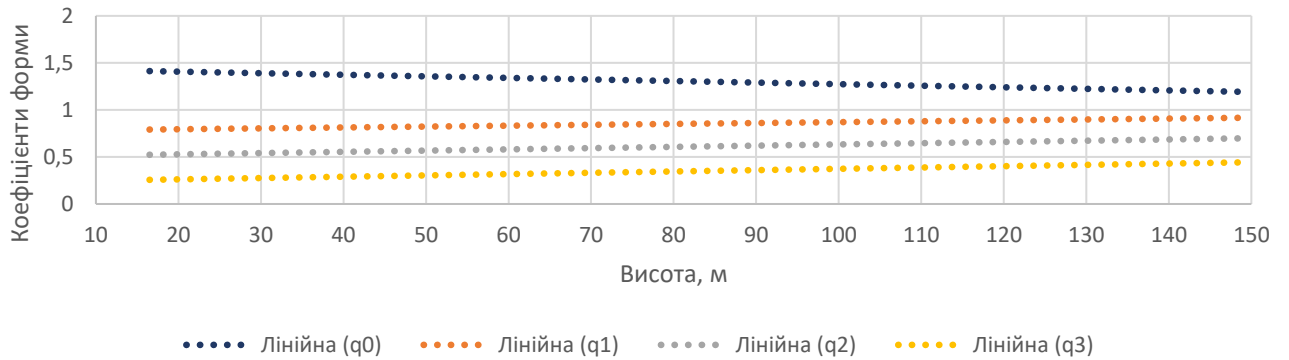
Залежність чисел збігу  $\eta_{0,5}$  від висоти дерев дуба звичайного



в

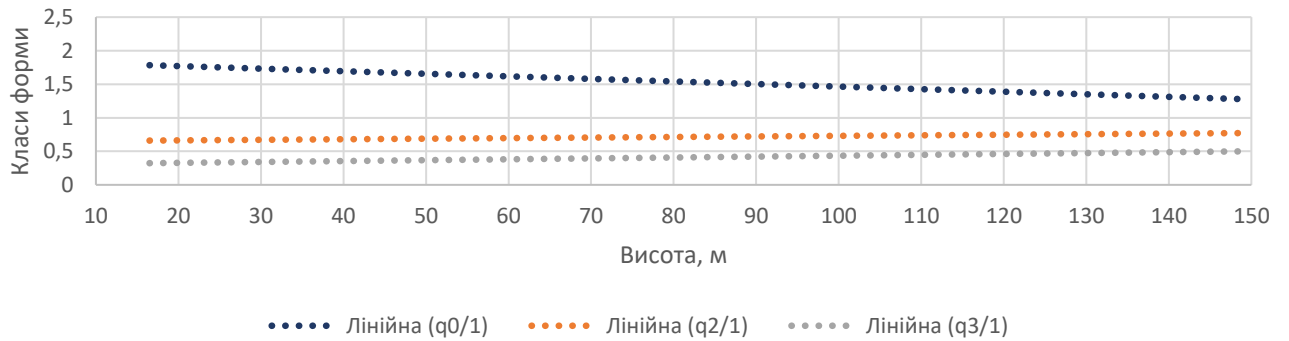
**Рис. 3.9. Залежність коефіцієнтів (а), класів (б) форми та чисел збігу від висоти стовбура**

Залежність коефіцієнтів форми від діаметрів дерев дуба  
звичайного



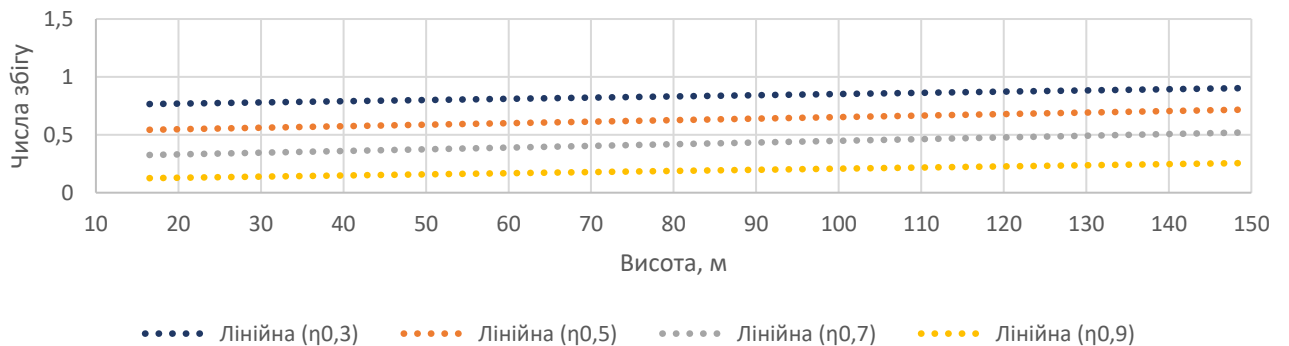
а

Залежність класів форми від діаметрів дерев дуба звичайного



б

Залежність чисел збігу  $\eta_{0,5}$  від діаметрів дерев дуба звичайного



в

**Рис. 3.10. Залежність коефіцієнтів (а), класів (б) форми та чисел збігу від діаметра стовбура**

Для класів форми  $q_{0/1}$  зменшується із збільшенням висоти, тоді як інші класи форми показують зворотну тенденцію – збільшення зі збільшенням висоти. Числа збігу всі збільшуються зі збільшенням висоти.

Подібні закономірності характерні для ряду діаметрів, де  $q_0$  зі збільшенням діаметра зменшується, тоді коли інші коефіцієнти форми збільшуються. Це ж саме стосується і класів форми і чисел збігу. Це означає, що зі збільшенням параметрів дерев (діаметра та висоти) діаметри на вищих висотах менше відрізняються від діаметрів на нижчих висотах. Це також засвідчує, що старе видове число із збільшенням діаметрів та висот зростає.

Тому для глибшого аналізу показників форми ми провели моделювання зміни другого коефіцієнта форми  $q_2$ , класу форми та числа збігу залежно від діаметра та висоти. Методологія моделювання така ж, як і для моделювання видових чисел.

Таблиця 3.4

**Моделювання коефіцієнтів, класів форми та чисел збігу залежно від висоти та діаметра стовбурів дуба звичайного**

Ступені товщини	Висота, м	Змодельовані значення			Ступені товщини	Висота, м	Змодельовані значення		
		$q_2$	$q_{2/1}$	$\eta_{0,5}$			$q_2$	$q_{2/1}$	$\eta_{0,5}$
16	17,9	0,49	0,3	0,3	80	28,9	0,61	0,41	0,42
20	19,4	0,51	0,31	0,31	84	29,2	0,62	0,41	0,42
24	20,7	0,52	0,32	0,33	88	29,5	0,62	0,41	0,43
28	21,7	0,53	0,33	0,34	92	29,8	0,62	0,42	0,43
32	22,6	0,54	0,34	0,35	96	30,1	0,63	0,42	0,43
36	23,4	0,55	0,35	0,36	100	30,4	0,63	0,42	0,44
40	24,1	0,56	0,36	0,37	104	30,6	0,63	0,43	0,44
44	24,8	0,57	0,37	0,37	108	30,9	0,63	0,43	0,44
48	25,4	0,57	0,37	0,38	112	31,1	0,64	0,43	0,45
52	25,9	0,58	0,38	0,39	116	31,4	0,64	0,43	0,45
56	26,4	0,58	0,38	0,39	120	31,6	0,64	0,44	0,45
60	26,9	0,59	0,39	0,4	124	31,8	0,64	0,44	0,45
64	27,3	0,59	0,39	0,4	128	32,1	0,65	0,44	0,46
68	27,7	0,60	0,4	0,41	132	32,3	0,65	0,44	0,46
72	28,1	0,60	0,4	0,41	136	32,5	0,65	0,45	0,46
76	28,5	0,61	0,4	0,42	140	32,7	0,65	0,45	0,46

Вибір другого коефіцієнта форми, класу форми та числа збігу викликано тим, що саме ці показники найбільш поширені у практиці ведення лісового господарства. Результати моделювання наведені в табл. 3.4.

Як видно із змодельованих значень, зі збільшенням діаметрів та висот всі показники форми стовбура (другі коефіцієнт та клас форми та число збігу) збільшуються і лежать у межах:

$q_2$  - від 0,49 до 0,65;

$q_{2/1}$  - від 0,3 до 0,49;

$\eta_{0,5}$  - від 0,3 до 0,46.

За абсолютним значенням найбільшим є другий коефіцієнт форми, тоді як другий клас форми та число збігу практично не відрізняються.

### 3.5. Моделювання твірної стовбура

Поширеною практикою для аналізу форми стовбурів є моделювання твірної стовбура (Oluwajuwon et al., 2025; Adekunle et al., 2013; Кислюк, Гриник, 2024, 2025; Лакида та ін., 2018; Король та ін., 2008; Клаус фон Гадов та ін., 2004; Гузь та ін., 2011; Свинчук та ін., 2014). Різні вчені використовують різні моделі, що можуть описати форму стовбура та побудувати твірну, наприклад R. Newnham (1992), A. Kozak (1988), A. Kozak (2004) модель 1, A. Kozak (2004) модель 2 (за Кислюк, Гриник, 2025). Король та ін. (2008), Клаус фон Гадов та ін. (2004), Гузь та ін. (2011) для моделювання форми стовбура рекомендують рівняння твірної Чапмана-Річардса, опрацьоване Брінком та Гадовим. Рівняння твірної має такий вигляд:

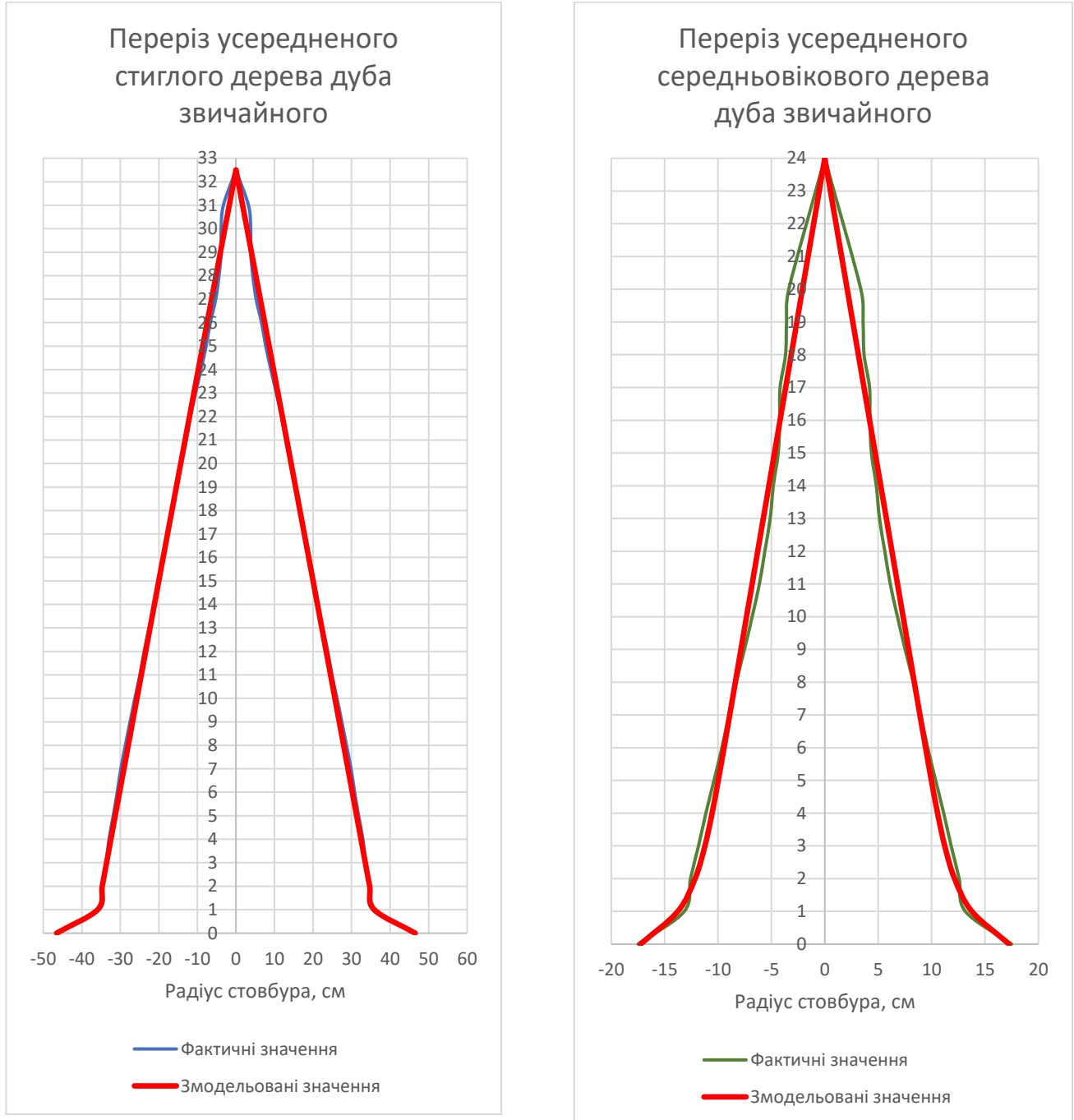
$$y = a(1 - e^{-bt})^c, \quad (3.10)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти рівняння;  $t$  – залежна ознака.

У рівнянні 3.10 в якості залежної ознаки  $t$  ми використали значення висоти зрізу, де вимірювався діаметр. В такому випадку залежна ознака буде діаметр на певній висоті.

Для реалізації даної функції, яка має 3 коефіцієнти, для їх пошуку можна

використати можливості програмного продукту Microsoft Excel, де через опцію пошуку рішень можна визначити коефіцієнти рівняння, які найточніше описують зміну діаметра залежно від висоти. Результати моделювання наведені на рис. 3.11.



а

б

**Рис. 3.11. Твірна стовбура для усередненого стиглого (а) та середньовікового (б) дерева дуба звичайного**

Як видно з рис. 3.11, моделювання твірної дає задовільний результат для усереднених даних дерев різного віку. Змодельована крива практично вирівнює зміну діаметрів на різних висотах. Про високу точність моделювання також свідчить і показник суми квадратів різниці, який для усередненого стиглого дерева становить 10,8, а для середньовікового – 6,7. Це свідчить про високий рівень злагоженості між фактичними та змодельованими значеннями.

### 3.6. Кореляційний аналіз

Кореляційний аналіз показує на скільки певні показники мають зв'язок із іншими показниками. Показник кореляції – це статистичний зв'язок між різними змінними, коли певним змінам однієї змінної відповідає зміна іншої. Причому така зміна може змінюватися в обидва напрямки, тому розрізняють додатку та від'ємну кореляцію. Так, при додатній кореляції при збільшенні однієї змінної, збільшується інша і навпаки. При від'ємній кореляції при збільшенні однієї змінної інша зменшується і навпаки.

За фактичним значенням коефіцієнта кореляції можна судити про тісноту зв'язку, де розрізняють значний, помірний та слабкий зв'язок. Якщо значення коефіцієнта кореляції наближається до нуля, говорять що між змінними немає зв'язку.

Найбільш поширеним є розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \sqrt{(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.11)$$

Хоча використання коефіцієнта кореляції показує тісноту зв'язку, проте він не дає відповідь на причину такого зв'язку і не завжди показує те, що зміна однієї змінної спровокована зміною іншої. Наявність у вибірці певних екстремальних значень може значно спотворити оцінку кореляції.

Зазвичай коефіцієнти кореляції представляють у вигляді матриці, яка наведена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

## Кореляційна матриця зв'язку між показниками форми стовбура

Показники	Діаметр, $d_{1,3}$	Висота, м	Об'єм стовбура	Відносний збіг на висоті 7 м	Відносний збіг на висоті 13 м	Середній збіг сортимента 1-7 м	Середній збіг сортимента 7-13 м	Старе видове число	Нормальне видове число	Дійсне видове число	Другий коефіцієнт форми, $q_2$	Другий клас форми, $q_{2/1}$	Число збігу, $\eta_{0,5}$
Діаметр, $d_{1,3}$	1,000												
Висота, м	0,824	1,000											
Об'єм стовбура	0,949	0,738	1,000										
Відносний збіг на висоті 7 м	0,720	0,820	0,653	1,000									
Відносний збіг на висоті 13 м	0,687	0,880	0,594	0,886	1,000								
Середній збіг сортимента 1-7 м	0,463	0,213	0,329	-0,086	0,003	1,000							
Середній збіг сортимента 7-13 м	0,769	0,398	0,800	0,389	0,201	0,370	1,000						
Старе видове число	0,417	0,566	0,386	0,788	0,814	-0,296	0,014	1,000					
Нормальне видове число	0,471	0,670	0,402	0,777	0,793	-0,179	0,072	0,816	1,000				
Дійсне видове число	0,377	0,492	0,360	0,737	0,691	-0,289	0,025	0,904	0,849	1,000			
Другий коефіцієнт форми, $q_2$	0,386	0,514	0,344	0,732	0,727	-0,237	0,011	0,873	0,536	0,805	1,000		
Другий клас форми, $q_{2/1}$	0,244	0,376	0,192	0,523	0,562	-0,094	-0,144	0,690	0,536	0,657	0,908	1,000	
Число збігу, $\eta_{0,5}$	0,373	0,491	0,336	0,720	0,687	-0,235	0,011	0,841	0,731	0,846	0,985	0,909	1,000

Як видно з табл. 3.5, Значні коефіцієнти варіації характерні для основних об'ємотвірних показників – діаметра, висоти та об'єму стовбура. Тут коефіцієнти варіації мають значення від 0,738 до 0,949. Відносний збіг на обох сортиментах (1-7 м та 7-13 м) тісно корелюють з висотою стовбура, де коефіцієнт кореляції становить 0,820 та 0,880 відповідно. Загалом відносний збіг обох сортиментів тісно корелює із всіма показниками форми, де значення коефіцієнтів варіації становить від 0,523 до 0,814. Середній збіг не має такої тісноти зв'язку, особливо у відземковій частині від 1 до 7 метрів – тут не виявлено зв'язку із жодним іншим показником. Середній збіг другого сортимента (7-13 м) вже корелює із діаметром на висоті 1,3 м та об'ємом стовбура, причому зв'язок між ними прямий, тобто при збільшенні збігу збільшуються і діаметр, і висота. Слід відмітити, що відносний збіг сортимента від 1 до 7 метрів має обернений і слабкий зв'язок із всіма видовими числами, коефіцієнтами та класами форми та числами збігу. Такий результат не дуже відображає загальні закономірності, оскільки, наприклад, при збільшенні середнього збігу старе видове число зменшується, тоді як має бути навпаки.

Старе видове число найбільше корелює із відносним збігом (0,788 та 0,814). Дивно, що виявлено такий низький показник тісноти зв'язку старого видового числа із об'ємом стовбура, оскільки старе видове число є одним із об'ємотвірних показників. Закономірно, що старе видове число має значну тісноту зв'язку із коефіцієнтами та класами форми і числами збігу, що є закономірним явищем.

Слід також відмітити практично лінійну кореляцію між другим коефіцієнтом форми та другим класом форми та числом збігу – тут коефіцієнти кореляції між ними всі понад 0,9. Це свідчить про те, що вони можуть бути взаємозамінними, оскільки вони використовують однаковий підхід до визначення, тільки базові діаметри відрізняються.

Отже проведений кореляційний аналіз показав ті показники, які можуть мати зв'язок між собою і використані за певними залежностями взаємозамінними між собою.

## ВИСНОВКИ

Оцінка параметрів форми деревних стовбурів дозволяє підвищити точність визначення об'ємів окремих дерев та деревостанів в цілому та оцінити вихід сортиментів, які можна отримати в порядку проведення лісогосподарських заходів. Таких показників є чимало, вони з різних сторін характеризують стовбур і його форму. На основі визначення і аналізу окремих з них, найбільш поширених у практиці ведення лісового господарства, можна зробити такі висновки:

1. В умовах Сокирянського надлісництва в лісовому фонді переважають дубові високопродуктивні, середньоповнотні деревостани, частка яких становить понад 55,8 % за площею, що становить 21 576,1 га.
2. Польові роботи виконано на 6 ділянках – 3 стиглих деревостани та 3 середньовікові деревостани мішані за складом. У цих деревостанах було поміряно 57 облікових дерев дуба звичайного у стиглих деревостанах та 27 – у середньовікових.
3. Статистичний аналіз облікових дерев за діаметром показав, що середній діаметр дерева у стиглих деревостанах становить 70,45 см, у середньовікових – 25,9 см. Облікові дерева характеризуються значною варіацією за діаметром, асиметрією та ексцесом. Взятих до аналізу кількості дерев є достатньо, оскільки показник точності дослідження становить до 5 %.
4. Відносний збіг стовбурів ділових та напівділових дерев практично не відрізняється, тоді як для дров'яних дерев він є більш нерівномірним по висоті стовбура. Для стиглих та середньовікових стовбурів відносний збіг має практично прямолінійне зменшення по висоті, якщо не враховувати відземкову частину. Відмінностей у стиглих та середньовікових деревостанах за відносним збігом практично немає. Дров'яні стовбури незалежно від віку у нижній частині стовбура (до 15 м) інтенсивно зменшують діаметр (відносний збіг зменшується від

140 до 40 %), а далі така зміна не така різка.

5. За показником середнього збігу дерева дуба звичайного в умовах підприємства є сильнозбіжистими, що впливає на якість сортиментів, що можна отримати від різних видів рубок. Значні показники середнього збігу впливають і на точність визначення об'єму стовбура шляхом систематичного їх завищення. Середній збіг сортимента від 1-7 м є меншим (1,7) порівняно із другим сортиментом (7-13 м) і становить 2,2.
6. Виявлено, що старі видові числа збільшуються із збільшенням діаметрів та висот дерев дуба, що не відповідає загальноприйнятим уявленням до зміни старого видового числа із віком. Порівняння старих видових чисел із даними Давидова М.В. показує значні відхилення – до 33,1 %, причому ці відхилення більші для ряду діаметрів, ніж для ряду висот. На нашу думку це може бути пов'язане із особливостями зростання дуба звичайного в умовах Сокирянського надлісництва, коли найкращі дерева формують більш повнодеревні стовбури, ніж ті, що знаходяться в середній чи нижній частині намету деревостану. Проте для підтвердження цієї гіпотезі потрібно значно розширювати віковий діапазон досліджень.
7. Аналіз коефіцієнтів та класів форми показує, що зі збільшенням висоти та діаметрів стовбурів вони зростають, як і старі видові числа. За результатами моделювання показників форм отримані значення найпоширеніших другого коефіцієнта та класу форми та числа збігу залежно від висоти та діаметра стовбура дерев дуба звичайного.
8. Моделювання твірної стовбура за функцією Чапмана-Річардса показало високу точність моделювання порівняно із усередненим деревом у стиглому та середньовіковому віці.
9. Кореляційний аналіз зв'язку між показниками форми стовбурів показав, що відносний збіг стовбура має високі показники кореляції з іншими показниками, тоді як середній збіг – навпаки має низьку

кореляцію і з окремими показниками від'ємну кореляцію. Старе видове число найбільше корелює із відносним збігом. Дивно, що воно має низький показник зв'язку із об'ємом стовбура. Практично лінійна тісна кореляція характерна для другого коефіцієнта та класу форми і числа збігу.

Підсумовуючи, можна відмітити, що детальний аналіз показників форми стовбура показав потенційну можливість їх аналізу для підвищення точності визначення об'єму стовбурів. Це важливо з точки зору практичного лісового господарства, оскільки дуб звичайний є досить цінним деревним видом, а правильна оцінка їх запасів дозволить якісніше провести сортиментацию запасу та отримати сортименти вищих гатунків. Проте наші дослідження виявили і певні труднощі, що не вписуються у загальноприйняті тенденції. Це може бути результатом обмеженості наших даних, а тому для достовірної оцінки і впевненого констатування виявлених закономірностей слід значно розширювати вихідну базу даних для аналізу. Отримані закономірності можна використати в практичній діяльності на підприємстві під час проведення лісотаксаційних робіт у дубових деревостанах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биченко В. Б. Моделювання розмірно-якісної структури стовбурів дуба звичайного за європейськими стандартами. Науковий вісник НЛТУ України. 2024. 29(7). С. 90-95.
2. Биченко В. Б., Миронюк В. В. (2019). Особливості моделювання твірної поверхні стовбурів дуба звичайного. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. 29(5). С. 69–74.
3. Биченко В.Б. Методи обробки дослідних даних для моделювання твірної стовбурів дуба звичайного. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво», 2017, 278, 25-33.
4. Гірс, О.А., Пастернак, В.П., Слиш, О.А. (2015). *Будова та товарна структура стиглих модальних дубових деревостанів насінневого та порослевого походження Лісостепу України. Лісове і садово-паркове господарство, № 7*. Отриманий з: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc\\_2015\\_7\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2015_7_4).
5. Горошко М. П., Миклуш С. І., Хомюк П. Г. Біометрія : навчальний посібник. Львів: Вид-во "Камула", 2004. 236 с.
6. Гриник Г. Г., Кислюк В. В., Гриник О. М. Моделювання залежності видових чисел від таксаційних ознак дерев сосни звичайної різних категорій технічної придатності на межі поширення соснових типів лісу в Україні. Біологічні дослідження – 2020: зб. наук. праць. Житомир, 2020. С. 391-393.
7. Гузь М. М., Горошко М. П., Король М. М., & Ярошук Р. А. (2011). Повнодеревність та об'ємна структура стовбурів дугласії (псевдотсуґи мензіса) у лісових культурах рівнинної частини заходу України. Науковий вісник НЛТУ України, 21 (10), 8-15.
8. ДСТУ 4020-2-2001 (prEN 1309-2:1998). Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі. 2001.
9. ДСТУ 4020-2-2001. Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Ч. 2. Лісоматеріали круглі (pr EN 1309-2:1998). Київ:

- Держстандарт України, 2001. 70 с.
10. ДСТУ 8416: 2015, Лісоматеріали круглі. Таблиці об'ємів. 2015.
  11. ДСТУ EN 1310:2005, Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання параметрів. 2005.
  12. Знаки натурні лісовпорядні і лісогосподарські. Загальні вимоги. ДСТУ 3534-97.
  13. Каганяк, Ю.Й., Ільків, І.С., Гаврилюк С.А. Розподіл об'єму стовбурів у букових деревостанах із різним режимом ведення лісового господарства. *Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства. Четверті Анненковські читання (присвячено 175-річчю з Дня заснування Уманського національного університету садівництва та з нагоди 200-ї річниці від дня народження професора Миколи Івановича Анненкова). У двох частинах. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (3-4 жовтня 2019 року). Умань: Видавець «Сочінський М.М.», 2019, 63-65.*
  14. Кашпор С. М. Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень. Науковий вісник Національного аграрного університету. 1999. Вип. 17. С. 265-268.
  15. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів державного лісового фонду Волинської височини. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. 35(1). С. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.36930/40350102>
  16. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Моделювання твірної поверхні стовбура сосни звичайної у переважаючих типах лісорослинних умов Волинської височини. Науковий вісник НЛТУ України. 2025. 35(2). С. 25-35. DOI: <https://doi.org/10.36930/40350203>
  17. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Особливості моделювання залежності видових чисел дерев сосни звичайної від таксаційних ознак на межі поширення соснових типів лісу. Ліс, наука, молодь: матеріали VII Всеукр. наук.-практ.

- конф. (20 листопада 2019 р., м. Житомир), Житомир: ЖНАЕУ, 2019. С. 100-101.
18. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Особливості таксаційних показників стовбурів дерев різної технічної придатності сосни звичайної в сугрудових умовах. Ліс, наука, молодь: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф. (22 листопада 2018 р.). Житомир, ЖНАЕУ, 2018. С. 195-196.
19. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Особливості товарної структури соснових деревостанів Волинської височини у переважаючих типах лісорослинних умов. Сучасний стан і перспективи розвитку біо- й агроценозів в умовах постійного техногенного забруднення : зб. мат. V Міжнар. Наук.-практ. конф. молодих учених та студ. Дрогобич: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2022. С. 119-126.
20. Кислюк В. В., Гриник Г. Г. Старі видові числа дерев сосни звичайної в умовах свіжого сугруду на межі поширення соснових типів лісу Волинської Височини. Науковий вісник НЛТУ України. 2024. 34(2). С. 7-16. DOI: <https://doi.org/10.36930/40340201>
21. Клаус фон Гадов, Горошко М.П., Король М.М. Залежність збігу стовбура від показників деревостану. Лісівництво і агролісомеліорація, 2004, вип. 107, 43-48.
22. Король, М. М., Рижак, І. В. & Костишин В. В. (2008). Вплив густоти зростання та складу деревостану на форму стовбура дуба звичайного. Науковий вісник НЛТУ України , 18 (2), 25-30.
23. Лакида П. І., Биченко В. Б. Лісівничо-таксаційна характеристика дубових деревостанів Придніпровського Правобережного Лісостепу. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. 27(5). С. 11–14. DOI: <https://doi.org/10.15421/40270501>
24. Лакида П., Бала О., Лакида І., Матусевич Л. Моделювання ходу росту модальних дубових деревостанів Полісся України. Український журнал

- лісівництва та деревинознавства, 2018, 288, 60-72.
- 25.Лакида, П.І. (2002). *Фітомаса лісів України. Монографія*. Тернопіль: Збруч.
- 26.Лісотаксаційний довідник. К., Видавничий дім «Вінніченко», 2013. – 496 с.
- 27.Миклуш С. І. (2008). Моделі росту рівнинних букових деревостанів. Науковий вісник НЛТУ України, 18 (11), 122-133.
- 28.Миклуш С. І. Проблеми оцінки та використання рівнинних букових насаджень України. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. (2006). Вип. 30. С. 228-235.
- 29.Миклуш, С.І., Король, М.М., Миклуш, Ю.С., Гаврилюк, С.А., Троцюк, В.І., Павлей, Ю.Ю. Форма та продуктивність старовікових ялинових деревостанів Горган. *Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць*, Вип. 12., 2014, 154-158.
- 30.Миронюк В. В., Поліщук В. В. Порівняльний аналіз різних підходів до моделювання твірної стовбурів берези повислої. Лісове і садово-паркове господарство. 2016. № 9. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc\\_2016\\_9\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2016_9_9)
- 31.Мороз В. В. (2013). Особливості повнодеревності стовбурів *Quercus robur* L. у полязахисних лісосмугах Правобережного Лісостепу. Науковий вісник НЛТУ України, 23 (11), 56-59.
- 32.Пастернак В., Слиш О., Назаренко В. (2021). Розмірно-якісна структура стовбурів *Quercus robur* L. у деревостанах вегетативного походження Лівобережного Лісостепу України. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Вип. 22. С. 165-172. DOI: <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.15421/412114>
- 33.Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. (2006). СОУ 02.02-37-476: 2006. Чинний від 2007.
- 34.Проект організації та розвитку лісового господарства державного підприємства «Сокирянське лісове господарство» Чернівецького обласного управління лісового та мисливського господарства. Ірпінь,

2022, 346 с.

- 35.Свинчук В. А., Кашпор С. М., Миронюк В. В. Математичні моделі об'єму деревних стовбурів основних лісоутворювальних порід України. Науковий вісник НУБіП України, 2014, № 198, Ч. 2, 58–64.
- 36.Свинчук В.А., Сошенський О.М. Особливості повнодеревності стовбурів дерев липи дрібнолистої Лісостепу України. Науковий вісник НУБіП України, 2014, № 1982, 65–70.
- 37.Строчинський, А.А., Кашпор, С.М. (Ред.). *Нормативно-інформаційний довідник з лісової таксації*. Київ. 2010.
- 38.Туниця, Ю.Ю., Богуслаєв, В.О. (Ред.). *Лісотехнічний термінологічний словник: український, російський, англійський*. Львів: Піраміда, 2014.
- 39.Цурик Є. І. Таксація дерева та його частин : навчальний посібник. Львів: НЛТУ України, 2006. 328 с.
- 40.Швиденко, А.З. (Ред.). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. Киев: Издательство "Урожай", 1987.
- 41.Adekunle, V.A.J., Nair, K.N., Srivastava, A.K., Singh, N.K. 2013. Models and form factors for stand volume estimation in natural forest ecosystems: a case study of Katarniag-hat Wildlife Sanctuary (KGWS), Bahraich District, India. *Journal of Forestry Research* 24(2):217-226. DOI 10.1007/s11676-013-0347-8.
- 42.Baral, S., Neumann, M., Basnyat, B., Gauli, K., Gautam, S., Bhandari, S.K., Vacik, H. 2020. Form factors of an economically valuable Sal tree (*Shorea robusta*) of Nepal. *Forests* 11, 754; doi:10.3390/f11070754.
- 43.Dimitrov E. Modeling the Structures, Volumes and Assortments of Middle-Aged and Maturing Scots Pine, Norway Spruce and Silver Fir Dendrocoenoses. Simolini. 2003. P. 48-57. (in Bulgarian).
- 44.Douhovnikov Y. Studies of the Stem Non-Tapering of Common Beech with a View to Its Practical Determination. Proceedings of Central Forest-Science-Research Institute. 1949. Book 5. P. 189-236. (in Bulgarian).

- 45.F. Evert, Use of Form Factor in Tree Volume Estimation, *Journal of Forestry*, Volume 67, Issue 2, February 1969, Pages 126–128, <https://doi.org/10.1093/jof/67.2.126>
- 46.Grochowski J. Results of investigations on the Breast-high form factor of stems in Pine stands. *Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Biol.* 1961. 9. P. 463-470.
- 47.Oluwajuwon, T. V., Ogbuka, C. E., Ogana, F. N., Hossain, M. S., Israel, R., & Lee, D. J. (2025). Describing and Modelling Stem Form of Tropical Tree Species with Form Factor: A Comprehensive Review. *Forests*, 16(1), 29. <https://doi.org/10.3390/fl6010029>
- 48.Ozçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Brooks, J.R., Wiant, Jr. H.V. 2010. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey. *Journal of Environmental Management* 91(3):742-753.
- 49.Paluch R., Hrynyk H. The breast height form factor of pedunculate oak *Quercus robur* L. growing under the canopy of Scots pine stands in NE Poland and W Ukraine – a preliminary comparative analysis. *Sylvan*. 2024. 168(2). P. 92-110, DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2023039>
- 50.Socha, J., Kulej, M. Variation of the tree form factor and taper in European larch of Polish provenances tested under conditions of the Beskid Sądecki mountain range (southern Poland). *Journal of Forest Science*, 53, 2007 (12): 538–547.
- 51.Thakur, R.B. 2006. Determination of form factor of major tree species of Parbat District (Sal, Chilaune, Katus, Salla & miscellaneous Species); Livelihoods & Forestry Program: Parbat, Nepal.
- 52.Turski M. Dalsze badania nad zmiennością z wiekiem właściwych liczb kształtu dębu oraz zależnością pomiędzy nimi a niektórymi cechami wymiarowymi drzew. *Acta Scientiarum Polonorum Seria Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*. 2005. 4 (2). S. 123–133.