

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ лісового і садово-паркового господарства

УДК 630*5:582.43

ПОГОДЖЕНО ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Директор ННІ лісового і садово-паркового господарства
Василишин Р. Д. Т.в.о. завідувача кафедри таксації лісу та лісового менеджменту
Миронюк В. В.

(підпис)

(ПІБ)

” ”

2023 р.

(підпис)

(ПІБ)

” ”

2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Порівняльний аналіз точності групових методів обліку круглих лісоматеріалів сосни звичайної»

Спеціальність 205 – Лісове господарство
(код і назва)
Освітня програма Лісове господарство
(назва)
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Канд. с.-г. наук, доцент (науковий ступінь та вчене звання) Бала О.П.
(підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Доктор с.-г. наук, професор Білоус А. М.
Доктор с.-г. наук, професор (науковий ступінь та вчене звання) Миронюк В.В.
(підпис) (ПІБ)
Виконав Коченков Гліб Артемович
(підпис) (ПІБ студента)

НУБІП України КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНІ лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедри таксації лісу
та лісового менеджменту
доктор с.-г. наук, проф.

Миронюк В.В.

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту

Коченкову Глибу Артемовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 205 – «Лісове господарство»

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Порівняльний аналіз точності групових методів обліку круглих лісоматеріалів сосни звичайної»

затверджені наказом ректора НУБіП України від 30 грудня 2022 року №1941 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2023.10.20

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи – методика дослідження круглих лісоматеріалів, ТУ У 16.1-00994207-004:2018 «Лісоматеріали круглі.

Маркування, сортування, транспортування, приймання, облік та зберігання»,
дослідні дані таксації деревини, база даних заготовленої деревини.

Перелік питань, які потрібно розробити

1. Здійснити огляд наукових та аналітичних джерел інформації про облік круглих лісоматеріалів. Вивчити сучасні мобільні додатки для таксації лісу та деревини.

2. Здійснити аналіз методичних особливостей таксації деревини за чинним способом та за програмою Timbeter.

3. Дослідити питання точності обліку круглих лісоматеріалів різними способами таксації.

Перелік графічного матеріалу: фотографії дослідного матеріалу.

Дата видачі завдання 01 листопада 2022 року

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи

Білоус А.М.

(підпис)

(ПІБ)

Миронюк В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

Коченков

Г.А. (підпис)

(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 54 с., 21 рис., 10 табл., 51 джерела.

У першому розділі нашої роботи розглянуто актуальні підходи до оцінки круглих лісоматеріалів сосни звичайної. Ознайомлено з методами обліку круглих лісоматеріалів за традиційними методами та за допомогою мобільних пристроїв.

У другому розділі нашої роботи представили методику збору дослідних даних, використовуючи мобільний додаток Timbeter. Ми детально описали процес використання цієї програми для визначення об'єму дослідних штабелів. Також надано інформацію про регіон, де здійснювався збір дослідних даних, та розглянуто матеріали досліджень у вигляді круглих лісоматеріалів, які були зібрані в штабелях різної довжини.

У третьому розділі роботи виконано розрахунки обсягів круглих лісоматеріалів, які були розміщені в штабелях, використовуючи різні методи визначення об'єму. Серед цих методів було враховано визначення об'єму за допомогою середнього діаметру колоди в корі, а також за допомогою застосування додатку Timbeter. Для загального аналізу ми також представили метод визначення об'єму на основі діаметру в верхній частині без кори.

Ключові слова: круглі лісоматеріали, клас товщини, клас якості деревини, абсолютне відхилення, відносне відхилення, облік лісопродукції.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1.....	7
ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ: НОВИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ.....	7
1.1 Сучасні завдання та проблеми обліку деревини.....	7
1.2 Огляд та аналіз основних методів визначення об'єму круглих лісоматеріалів.....	12
1.3 Використання сучасних технологій для таксація круглих лісоматеріалів.....	16
РОЗДІЛ 2.....	25
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Характеристика регіону досліджень.....	25
2.2 Методика збору дослідних даних.....	28
2.3 Кількісна характеристика первинного матеріалу.....	35
РОЗДІЛ 3.....	36
ТАКСАЦІЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ.....	36
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ

Актуальність теми дослідження. Лісове господарство станом на сьогодні, займає важливу роль як у розвитку району, так і регіону та в цілому держави, тому що здійснює виробництво значної кількості готової продукції, необхідної суспільству. Відповідно, особливої актуальності набуває питання організації обліку готової продукції, який має певні складнощі. Так, керівники підприємств лісового господарства повинні забезпечити, створити необхідні умови для належної організації облікового процесу, адже ефективне управління в лісовій галузі залежить від достовірного інформаційного забезпечення управлінського процесу.

На сьогодні необхідною умовою ефективного функціонування лісогосподарських підприємств є відповідна організація обліку лісової продукції, оскільки відсутність всебічного організаційно-методичного забезпечення обліку не дозволяє об'єктивно оцінювати лісові ресурси та здійснювати достовірний облік витрат лісового господарства з урахуванням галузевої структури лісового комплексу, вікового складу та міжвидового розподілу лісових ресурсів, організації системи ефективного державного регулювання використання продукції лісу.

Мета даної роботи полягає встановити відхилення результатів таксації круглих лісоматеріалів за застосунком Timberer у порівнянні з чинними нормативами

Завданнями роботи є

- ознайомитись з станом розвитку лісогосподарського комплексу України;
- охарактеризувати продукцію лісу як об'єкт обліку і контролю;
- обґрунтувати облікове забезпечення наявності та руху продукції лісу
- дослідити контроль за наявністю та рухом лісопродукції;
- розглянути систему побудови електронного обліку деревини.

• удосконалити організацію процесу контролю за використанням продукції лісу.

Об'єктом дослідження є групові методи обліку круглих лісоматеріалів

Предметом дослідження є точність групових методів обліку круглих лісоматеріалів.

Методи дослідження включають впровадження програмного забезпечення Timbeter. В сьогоденні реаліях це може зменшити обіг нелегально реалізованої лісопродукції під час лісозаготівельних робіт.

Timbeter дозволяє будь-кому з працівників по закінченню лісозаготівлі легко і просто зробити фото, визначити об'єм деревини і в подальшому контролювати її транспортування, вивезення або продаж.

Результатом проведених досліджень є порівняння класичних методів таксації деревини та мобільного додатку рішення для ефективного, прозорого та керованого даними управління ланцюгами поставок деревини.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розділ 1

ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ: НОВИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ

1.1 Сучасні завдання та проблеми обліку деревини

Сучасне забезпечення таксації лісу, зокрема лісопродукції, сформовано завеликих зусиль науковців кафедри таканії НУБіП України [2, 3, 7, 8, 14, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30], які працювали паралельно з іншими вченими на теренах Євразії [1, 4, 9, 10, 11, 12, 16, 20, 31, 32, 33, 34,]

Лісове господарство станом на сьогодні займає важливу роль як у розвитку району, так і регіону та в цілому держави, тому що здійснює виробництво значної кількості готової продукції, необхідної суспільству. Відповідно, особливої актуальності набуває питання організації обліку готової продукції, який має певні складнощі. Так, керівники підприємств лісового господарства повинні забезпечити, створити необхідні умови для належної організації облікового процесу, адже ефективне управління в лісовій галузі залежить від достовірного інформаційного забезпечення управлінського процесу.

Сьогодні, коли зростає занепокоєння щодо сталого розвитку, глобальної торгівлі та непрозорих ланцюгів поставок, важко дізнатися, звідки джерело походження деревини та лісопродукції, проте зростає інтерес до можливості відстежувати цю інформацію. Причини, з яких компанії або уряди впроваджують системи відстеження, можуть бути найрізноманітнішими [41].

Завдання та проблеми, пов'язані з обліком деревини, постійно змінюються та ускладнюються через вплив різних факторів, таких як зростання попиту на деревину, зміни в лісовому законодавстві, кліматичні зміни та інші чинники. Цей перший розділ магістерської роботи присвячений розгляду актуальних питань у сфері обліку деревини.

Із сучасних завдань електронного обліку деревини потрібно виділити:

1) Розвиток сучасних систем обліку (розробка новітніх програмних систем, використання технологій для збору даних).

2) Екологічні фактори обліку деревини (вплив рубок на біорізноманіття, збереження лісових екосистем).

3) Адаптація до змін клімату. Зміни клімату значно впливають на лісовий сектор. Розгляд адаптованих підходів обліку деревини.

4) Глобальна співпраця. Лісові ресурси є глобальними, міжнародні дослідження та обмін даними можуть забезпечити стале управління.

Насамперед завдання ЕОД спрямовані як раз на усунення можливостей незаконного використання лісових ресурсів і здійснення ефективного обліку за їх використанням, а саме: своєчасне й достовірне відбиття інформації про рух деревини; моніторинг використання лісових ресурсів, підтвердження походження, заготівлі й реалізації лісоматеріалів необроблених, запобігання їх нелегальному обігу; систематизацію та узагальнення інформації про походження, заготівлю та реалізацію деревини лісокористувачами [50].

Так, основними критеріями системи «ЕОД» є: онлайн-моніторинг і контроль використання лісових ресурсів; формування Єдиного реєстру обліку деревини; проведення аналізу й порівняння інформаційних даних щодо якості й обсягу деревини на всіх етапах обігу; перехід на електронний документообіг, поєднання інформаційних потоків між Системою «ЕОД» і бухгалтерськими програмами, що використовуються на підприємствах; підтвердження легальності заготівлі деревини, боротьба з її тіньовим обігом; підвищення ефективності управлінських рішень; застосування методів електронного контролю за рухом деревинних ресурсів від моменту заготівлі до вивезення за митний кордон України [35].

До речі, інноваційно-пошукова робота щодо вибору електронного формату зазначених специфікацій сприяла розв'язанню дуже складної і важливої проблеми функціонування системи електронного обліку деревини.

Мова йде про оперативну і достовірну передачу інформації та встановлення систематичного контролю по всьому ланцюжку руху деревинних ресурсів: від лісосіки до кінцевого споживача. Адже саме в цьому полягає головне завдання та призначення єдиної державної системи електронного обліку

деревини. Але як технічно та організаційно забезпечити надходження достовірних даних, наприклад, щодо приймання чи реалізації лісопродукції з ділянки відповідного кварталу лісництва до лісгоспу, а потім і до галузевої комп'ютерної мережі? За рахунок мобільного зв'язку – так, але він не скрізь працює в лісі, флеш-карткою – не надійно, через кабель – треба їхати в лісгосп, інколи за десятки кілометрів [40].

В час стрімкої глобальної механізації інформатизації та автоматизації виробничих процесів не можна уявити лісове господарство без сучасних маніпуляторів і тягачів, електронних вилок і СРО навігаторів. Серед останніх нововведень став електронний облік деревини впровадження якого є дійсним проривом в системі автоматизації лісогосподарського виробництва. Автоматизація лісогосподарських підприємств є нагальною потребою часу.

Лісогосподарське виробництво є багатопрофільним і характеризується великою кількістю виробничих процесів та значною номенклатурою продукції що випускається. Тому впровадження в лісове господарство облікових інформаційних систем актуальна потреба вирішення якої призведе до зменшення собівартості продукції, можливості контролю на всіх ділянках виробництва та загалом покращення управління підприємством [5].

Компанія в лісопромисловому секторі може просто заощити дізнатися більше про свій ланцюжок поставок, або ж може виникнути потреба зменшити ризик потрапляння в ланцюг постачання нелегальних або нестійких матеріалів. Система відстеження руху деревини може бути використана для виконання вимог сертифікації ланцюга поставок для схем лісової сертифікації, а також також може бути впроваджена як частина системи належної обачності, щоб отримати знання про структуру ланцюга постачання [41].

Належні вимірювання є надзвичайно важливими для власника лісу, лісозаготівельної компанії, перевізника, кінцевого покупця та деревообробного підприємства. Точність визначення об'єму лісопродукції має фундаментальне значення для планування та обліку окремих процесів. Вона є основою для визначення максимальної кількості деревини в одному вантажі,

що дозволяє використовувати допустиму загальну масу транспортного засобу [48].

Інноваційна діяльність з розвитком цифрових технологій все більше впливає на багато сфер людської діяльності, в тому числі і на управління лісами.

Вимірювання та облік заготовленої лісопродукції є абсолютно необхідним завданням для лісового господарства. Вимірювання деревини є важливим процесом у ланцюгу постачання деревини, який вимагає передових рішень, щоб впоратися з поточними викликами [36].

Точність визначення обсягу круглого лісу має фундаментальне значення для планування та обліку окремих процесів, пов'язаних з торгівлею деревною сировиною. Економічний ефект такого обліку деревини досягається шляхом зменшення кількості незаконних рубок, зниження часових та трудових витрат при організації лісозаготівельних робіт та оптимізації управлінського персоналу.

Сучасні проблеми електронного обліку є важливим об'єктом відображення актуальності викликів та недоліків у галузі лісового господарства та природокористування. Ось деякі ключові проблеми:

1) Недостатність достовірних даних. Серйозною проблемою є брак точних і достовірних даних.

2) Соціальний аспект у вигляді впливу на спільноти місцевого рівня, участь громади, а також права корінних народів.

3) Технологічний прогрес. Важливим аспектом є впровадження нових технологій для обліку деревини.

4) Серйозною загрозою залишається незаконна рубка деревини.

Проблеми правозастосування у лісовому секторі охоплюють такі важливі питання, як незаконні рубки, включаючи продаж, транспортування та переробку деревини. Накопичений міжнародний досвід свідчить, що ефективна боротьба з цими негативними явищами можлива за умови встановлення дієвого

контролю за веденням лісового господарства; встановлення походження деревини, що потрапляє в обіг походження деревини, яка потрапляє в обіг; здійснюється моніторинг реалізації деревини та її переробки; налагоджена

співпраця між органами державної влади, правоохоронними органами, визначеним бізнесом, природоохоронними організаціями та місцевими громадами для досягнення сталого лісокористування [44].

Декілька країн, зокрема країни Європейського Союзу (ЄС), взяли на себе зобов'язання боротися з проблемою незаконних рубок. ЄС, наприклад, започаткував план дій FLEGT (Правозастосування, управління та торгівля в лісовому секторі). Ключовим елементом цього плану дій є обмеження або можливе припинення імпорту незаконно заготовленої деревини (Європейський Союз (ЄС), 2005). Окрім відповідних заходів, спрямованих на вдосконалення

загальної законодавчої бази у відповідних країнах-партнерах, політикам потрібна інформація про масштаби нелегальних рубок та їх значення на європейському та національному ринках відповідно. Однією з основних проблем є виявлення незаконно заготовленої деревини та її відстеження через міжнародну

торгівлю деревиною до кінцевого пункту призначення. Вирішення цього завдання піднімає три ключові питання: (1) визначення законності, (2) ідентифікація незаконно заготовленої деревини та її частки в торгівлі і (3) охоплення торгівлі через треті країни [47].

Вимірювання круглих лісоматеріалів є, мабуть, найважливішим елементом ланцюга зв'язків між лісовим господарством та деревообробною промисловістю. На додаток до якості деревини, обсяг деревини є найважливішим параметром для встановлення цін [45].

НУБІП України

НУБІП України

1.2 Огляд та аналіз основних методів визначення об'єму круглих лісоматеріалів

Оцінка об'єму деревини є центральною темою в лісових наукових дослідженнях і практиці лісового господарства, оскільки точні оцінки є важливими для комерційних заготівлі, сталого лісокористування та збереження лісів [42].

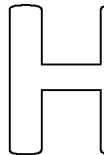
Різні методи вимірювання промислової деревини повинні відповідати певним вимогам. Загалом метод вимірювання повинен характеризуватися високим ступенем раціоналізації і в той же час водночас повинен забезпечувати максимально можливий рівень точності. Значення вимірювань повинні бути зрозумілими і такими, що можуть бути перевірені всіма особами, які беруть участь у переробці та продажу лісоматеріалів. Крім того, дані не повинні порушувати послідовність етапів заготівлі, трелювання і транспортування деревини збору даних, а вартість повинна бути якомога нижчою [45].

Поштучний метод – це метод, основним принципом якого є вимір об'єму кожної колоди окремо. Визначення об'єму крупномірної та середньомірної деревини в сучасних умовах здійснюється традиційним (ручним) способом. У цьому випадку використовується мірна вилка та вимірювальна стрічка. Цей метод характеризується незначною похибкою але низькою продуктивністю.

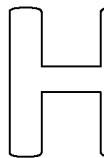
Метод серединного перерізу є найбільш відомим і традиційним поштучним методом вимірювання об'єму круглих лісоматеріалів. Об'єм колод визначають множенням площі поперечного перерізу на середині довжини колоди на довжину колоди. Моделлю колоди для визначення об'єму при цьому методі є циліндр з діаметром, що відповідає серединному діаметру колоди, і завдовжки дорівнює довжині колоди. Формула серединного перерізу (проста формула Губера):

$$V = \gamma \cdot l, \quad (1)$$

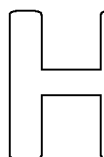
де V – об'єм колоди, м³;

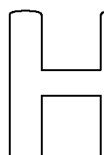
 g – площа поперечного перерізу на 0,5 довжини колоди, м²;
 l – довжина колоди, м.

За Дементьєвим об'єм колод можливо обчислювати за наступними формулами:

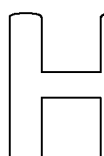
 $V = d^2 \cdot (l - 0.3), \quad l \leq 8, \quad (2)$

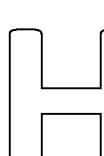
$V = d^2 \cdot l, \quad l > 8, \quad (3)$

 де d – діаметр колоди у верхньому перерізі без кори.
 l – довжина колоди, м.

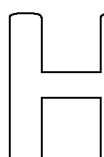


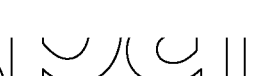

 Проста формула кінцевих перерізів Смаліана:

$$V = \frac{g_0 + g_e}{2} \cdot l, \quad (4)$$

 де g_0 – площа поперечного перерізу нижнього відрізу колоди без кори, м²;

 g_e – площа поперечного перерізу верхнього відрізу колоди без кори, м².
 Об'єм колоди за Шиффелем обчислюється за такою формулою:

$$V = \frac{g_{0.25} + g_{0.75}}{2} \cdot l, \quad (5)$$

де $g_{0,25}$ – площа поперечного перерізу без кори на $\frac{1}{4}$ довжини колоди, m^2 ;
 $g_{0,75}$ – площа поперечного перерізу без кори на $\frac{3}{4}$ довжини колоди, m^2 .

Формула Госфельда також відома серед стереометричних формул:

$$V = \frac{3 \cdot g_{(1/3)l} + g_e}{4} \cdot l, \quad (6)$$

де $g_{(1/3)l}$ – площа поперечного перерізу без кори на $\frac{1}{3}$ довжини колоди, m^2 .

Складна формула Губера є однією з найточніших, її також називають складна формула серединних перерізів:

$$V = l_c \cdot \sum_{i=1}^k \gamma_i \quad (7)$$

l_c – довжина секції, м;

k – кількість секцій;

γ_i – площа поперечного перерізу на середині i -ї секції, m^2 .

Груповий метод. Цей метод дозволяє вимірювати об'єм декількох колод у пакеті при використанні показника пропорційного до об'єму колод в партії.

Показниками пропорційними до об'єму партії можуть бути: сумарний об'єм штабеля колод, маса колод, число пакетів колод або число колод в партії. [39].

До групових методів належать метод лічби та штабельний метод.

Штабельний метод є основним способом групового вимірювання об'єму деревини. Визначення коефіцієнтів штабелів на основі результатів вимірювання об'єму круглих лісоматеріалів у вибірці за допомогою методу кінцевих перерізів сприяє підвищенню точності параметрів об'єму

заготовленої деревини, що визначаються як за допомогою стержневого методу, так і за допомогою методу кінцевих перерізів.

При методі лічби для розрахунку об'єму дерев'яних колод у партії використовується середній об'єм колоди або середній об'єм пакету, який визначається та налаштовується на підставі результатів вибіркового вимірювань після кожних 20 тисяч кубічних метрів асортименту. Методи лічби можуть бути використані при проведенні державного обліку заготовленої деревини для всіх асортиментів, за винятком асортиментів з цінних порід деревини.

Головним недоліком групових методів є їх неспроможність забезпечити задовільну точність вимірювань, особливо коли мова йде про визначення об'єму невеликих партій лісоматеріалів, де похибка може досягати 25%.

Також є інші методи для визначення об'єму лісоматеріалів – фізичні методи, зокрема, гідростатичний метод, ваговий і ксилметричний.

Гідростатичний метод опирається на ще один закон гідростатики, закон Архімеда: тіло, занурене в рідину втрачає у своїй масі стільки, скільки важить витіснена рідина. Зразок деревини спочатку зважують у повітрі, а потім у воді.

Перед зануренням до нього прив'язують металевий вантаж, який також зважують у повітрі і воді. Різниця між масою деревини в різних середовищах (без урахування маси вантажу) становить масу води, витісненої деревиною. Оскільки 1 м³ води за нормальних умов важить 1000 кг, то масу витісненої води треба прийняти за її об'єм, а отже і об'єм деревини.

Ксилометрія. Складність вимірювання об'єму колод пов'язана з неправильною формою дерев та гілок. Стебла мають вигини та скручування, а також неправильну форму поверхні, що не дозволяє отримати досконалу математичну модель для обчислення фактичної поверхні та об'єму. Метод вимірювання, який міг би визначити нерівності поверхні, був би ідеальним.

Занурення колод у воду наближає до цього методу найближчим або найбільш підходящим способом. Незважаючи на труднощі у виконанні вимірювань,

результати показують дуже хорошу кореляцію з реальним об'ємом штабеля [39].

Визначення об'єму деревини зважуванням використовується у тих випадках, коли необхідно провести облік великих партій деревної продукції, наприклад, під час перевезення залізничним і автомобільним транспортом [15].

Метод верхнього діаметру і середнього збігу. Зручність вимірювання верхнього діаметру колоди сприяє популярності цього методу в лісовій промисловості та торгівлі. Проте, обмеженість вимірювання лише одного верхнього діаметру не дозволяє враховувати індивідуальні особливості кожної

колоди. Метод ґрунтується на припущенні, що всі колоди з однаковими значеннями верхнього діаметру і довжини мають однаковий об'єм і збіг, відповідаючий середньому збігу, який визначається на основі проведених вибіркових вимірювань. Таке припущення призводить до зниження точності вимірювання об'єму порівняно з іншими розглянутими методами, які дозволяють враховувати індивідуальний збіг кожної колоди.

Найточнішим способом таксації об'єму деревини прийнято вважати ксилметричний. Точність усіх інших виражається у відсотках порівняно з результатом, який забезпечує цей спосіб. Так, усі складні стереометричні формули дозволяють визначати об'єм стовбура з помилкою не більше 2–3 %. Загальновідомо, що складна формула серединних перерізів дещо занижує об'єм першої секції для стовбурів зі значними кореневими напливами. Проста формула Смаліана завищує об'єм стовбурів, причиною чого також є кореневі напливи.

Величина відхилень значна і може сягати 65 %. Помилки простих формул Губера, Госфельда і Шиффеля можуть набувати як від'ємних, так і додатних значень, які коливаються в межах $\pm 10\%$ [15].

1.3. Використання сучасних технологій для таксації круглих

лісоматеріалів

За останні десятиліття в багатьох країнах Євросоюзу облік лісоматеріалів перемістився з місць заготівлі на склади лісопереробних підприємств. Це дало

зможу сконцентрувати всі види вимірювань і застосовувати більш сучасні методи. Сучасні методи вимірювання та обліку деревини є автоматизованими за способом, електронними за формою і мультисенсорними за технологією. Це дозволяє отримати найбільш достовірну інформацію про параметри круглих лісоматеріалів на етапі сортування та забезпечити подальше найбільш ефективне використання деревної сировини. Модулі з мультисенсорними вимірювальними приладами можуть бути інтегровані в лісозаготівельну техніку (харвестери), сортувально-транспортні машини на лісових складах або лісопильні лінії на деревообробних підприємствах. При прийманні на лісопильних і фанерних підприємствах більшу частину пиловика і фанерної сировини враховують поштучно на лініях вимірювання і сортування колод із використанням секційного методу вимірювання об'єму. Об'єм колоди вважають рівним сумі об'ємів окремих секцій, діаметри яких (d_i) вимірюють автоматично через 1–5 см по довжині колоди [46].

Система Logmeter. Логметр - це автоматична система, здатна отримувати високоточні об'ємні вимірювання та оцінювати біометричні характеристики лісоматеріалів, завантажених на причепи вантажівок. Система використовує передові лазерні технології та забезпечує точне і надійне вимірювання без безпосереднього втручання оператора [43].

Сканування однієї автомашини триває менше хвилини, що дозволяє обробити понад 600 автомобілів на добу. Система може вимірювати деревину різної форми, зокрема колоди нестандартних довжин, тріски й лісові відходи. Можна також встановити додаткові датчики для вимірювання дефектів і кори, якщо вимірювання об'єму має бути точним. Лазерне сканування в комбінації зі зважуванням дозволяє створити систему, що надає також дані про щільність і свіжість деревини. Можлива розробка системи, здатної при постачанні деревини в зимовий період враховувати наявність снігу й льоду [43].



Рис. 1.1. Система Logmeter [43]

Розрахунок об'єму колоди по відсканованій колоді.

Для великогабаритної деревини, що підлягає подальшій переробці на лісопилках, загальну інформацію про геометричні параметри колоди (її довжину, верхній, нижній та середній діаметр, форму та об'єм) можна отримати за допомогою безконтактних оптичних вимірювальних методів [18]. Для вимірювання колод здебільшого використовують лазерні сканери, які забезпечують задовільну точність, а також швидкість сканування [19]. До таких систем належать ті, що використовують два ортогональні сканери і вимірюють два ортогональні діаметри в одному поперечному перерізі колоди. Для того, щоб отримати інформацію про всі розміри колоди, потрібно щонайменше чотири лазерні сканери.

ProScan – тривимірний сканер колод. ProScan – це тривимірний сканер колод, розроблений відповідно до потреб сучасного виробництва, для вимірювання реальної форми колоди. Він має камери, що охоплюють всю

периферію колоди. ProScan є високопродуктивним сканером колод і використовується як при сортуванні, так і в процесі пиляння [23,41]

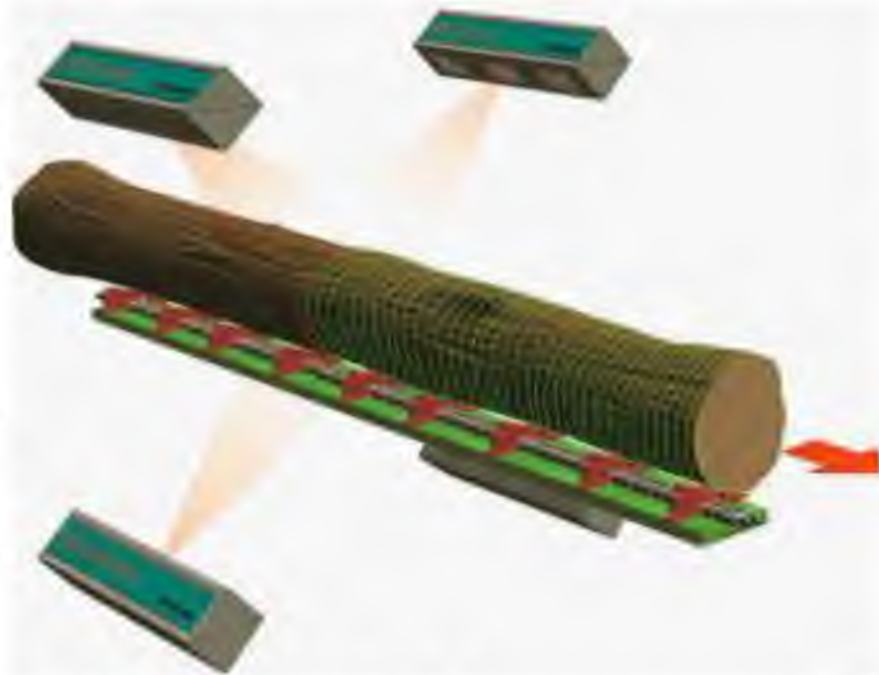


Рис. 1.2. Система ProScan [46]

Сканер має три камери із заводським калібруванням, вбудований лазер і систему попередньої обробки зображення. Кожна камера має свій мікропроцесор і програмне забезпечення, яке здійснює попередню обробку даних вимірювання. Це збільшує загальну швидкість роботи системи, тому комп'ютер значною мірою вільний від оцінки зображення. Дані від камер передаються на комп'ютер за допомогою волоконної оптики. Комп'ютер збирає дані й формує профіль. Дані сканера фільтруються і стискаються системою оптимізації. Фільтрація видаляє сторонні виміри, наприклад, конвеєра. Після видалення сторонніх даних розрахунок кута повороту та оптимізація схеми розпилування виконуються дуже швидко [46].

Перевагами даного сканеру є:

- скануюча система працює за дуже високої швидкості конвеєра
- потребує мінімального калібрування
- система фіксує якість корування

-вимірює реальну форму колоди, враховуючи викривлення, сучки тощо.

Враховуючи покращення обчислювальних потужностей та інформаційних технологій в останні роки, сканери на лісопилках тепер можуть включати фактичні розміри колод і дані про видимі дефекти, щоб забезпечити точні вимірювання для оптимального розкрою та розпилювання шаблони для покращення виробництва пиломатеріалів та зменшення витрат на обробку. Використовуючи Optitek (Forintek Canada Corp. 2006; FPInnovations 2014) як приклад, тривимірна колода може бути представлена серією перерізів вздовж поздовжньої (Z) осі колоди, і кожен переріз може бути представлений колоди, і кожна секція може бути представлена конічним перерізом, з'єднаним через певні точки перерізом, з'єднаним через певну кількість точок (зазвичай від 60 до 240 точок для "істинної форми"). Однак, ця технологія, як правило, обмежена заготовлених колод на різних стадіях обробки, переважно на лісопилках. Це не є ні економічно можливим ні екологічно небажано оцінювати об'єм шляхом сканування всіх дерев у деревостані або лісі для цілей лісогосподарського планування. Таким чином, мало ймовірно, що цей метод буде застосовуватиметься до деревостанів або дерев у найближчому майбутньому [49].

У сучасних приладах для вимірювання об'єму круглого лісоматеріалу також часто використовують оптико-звуковий метод. Наприклад, за допомогою універсальної виміральної установки «Екорондер» фірми Necht - Electronic (Німеччина) можна виконувати перехресне вимірювання колод. Аналогічний вимірювач колод від фірми Baljer & Zembrod (Німеччина) має рухливий передавач і нерухомо закріплений приймач з пристроєм для обробки отриманих даних. Протягом усього процесу вимірювання виробляється контроль похибок вимірювання, а оптичні і ультразвукові сенсори піддаються функціональному контролю. Під час вимірювання швидкість подачі колод обмежується 60 м/хв.

Прилад, що використовує ультразвук, є і в арсеналі "Автоматика-вектор" – називається він Vektor-Sonic. Цей прилад в одній площині використовує звичайні інфрачервоні лінійки, а в іншій – ультразвукові сенсори відстані [19].

Фотооптичні системи. Фотооптичні вимірювання стають все більш важливими протягом останніх років. В даний час на ринку існують різні системи, що дозволяють автоматично мобільно фіксувати окремі стоси за допомогою аналізу зображень (Jorgesen and Kristiansen, 2008) [39].

Існує помітна різниця між двома технологіями через принципи роботи (Fink, 2004). Вимірювання штабелів автоматизовано, вимірювання здійснюються за допомогою системи камер на даху автомобіля, а одночасні розрахунки проводяться за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Інші фотооптичні системи базуються на ручному записі за допомогою цифрових камер та автоматичній зовнішній оцінці фотоматеріалу. Повністю автоматизована технологія вимірювання штабелів деревини дозволяє збирати дані під різними кутами огляду, відстанями та швидкостями. Вимірювання проводяться за допомогою системи стереокамер, з двома камерами, розташованими під певним кутом одна до одна до одної [39].

Фотооптичні вимірювання деревини можна також проводити за допомогою цифрової камери. Записується кілька фронтальних індивідуальних зображень (тобто торця) штабеля. На кожному з цих зображень необхідно використовувати шкалу (наприклад, мірну лінійку) як еталон під час аналізу зображення [39].

Фотооптична система вимірювання, обліку й торгівлі поєднує в собі мобільний пристрій для вимірювання деревини (мобільний модуль) із реєстрацією, обліком, обігом деревини, оформленням рахунків-фактур на товар і надані послуги (адміністративний модуль). Мобільний модуль являє собою легковий автомобіль підвищеної прохідності з бортовим комп'ютером і розміщеним на даху блоком стереокамер. Блоком можна керувати за допомогою сенсорного екрана, розміщеного в кабіні водія. Обслуговує модуль одна людина – водій і оператор модуля в одній особі [46].



Рис. 1.3. Мобільний модуль (sScale)

Проїжджаючи повз штабель, мобільний модуль sScale (максимальна швидкість 30 км/год), кожна його камера фотографує під різними кутами зі швидкістю 11 кадрів на секунду. Комп'ютер формує тривимірне зображення штабеля й визначає всі характеристики, включаючи розміри окремих дерев.

Визначення відбувається відразу. Проїхавши штабель, водій зупиняє машину і вносить у комп'ютер відсутню інформацію: номер замовлення, довжину сортиментів, поправочні коефіцієнти. Оцінка займає від 3 до 5 хвилин. Після цього зображення і координати штабеля, а також всі його характеристики (кількість колод, обсяг, середній діаметр, розподіл за діаметрами тощо) передаються на центральний сервер [46].

Адміністративний модуль забезпечує прийом і збереження даних вимірювань, що надходять із мобільного модуля на центральний веб-сервер, експорт даних до інших систем, оформлення листів доставки, електронний документообіг та обмін інформацією між користувачами системи. Цей веб-сервер збирає зображення окремих ділянок штабеля в загальне зображення штабеля, подібне до панорамної фотографії.

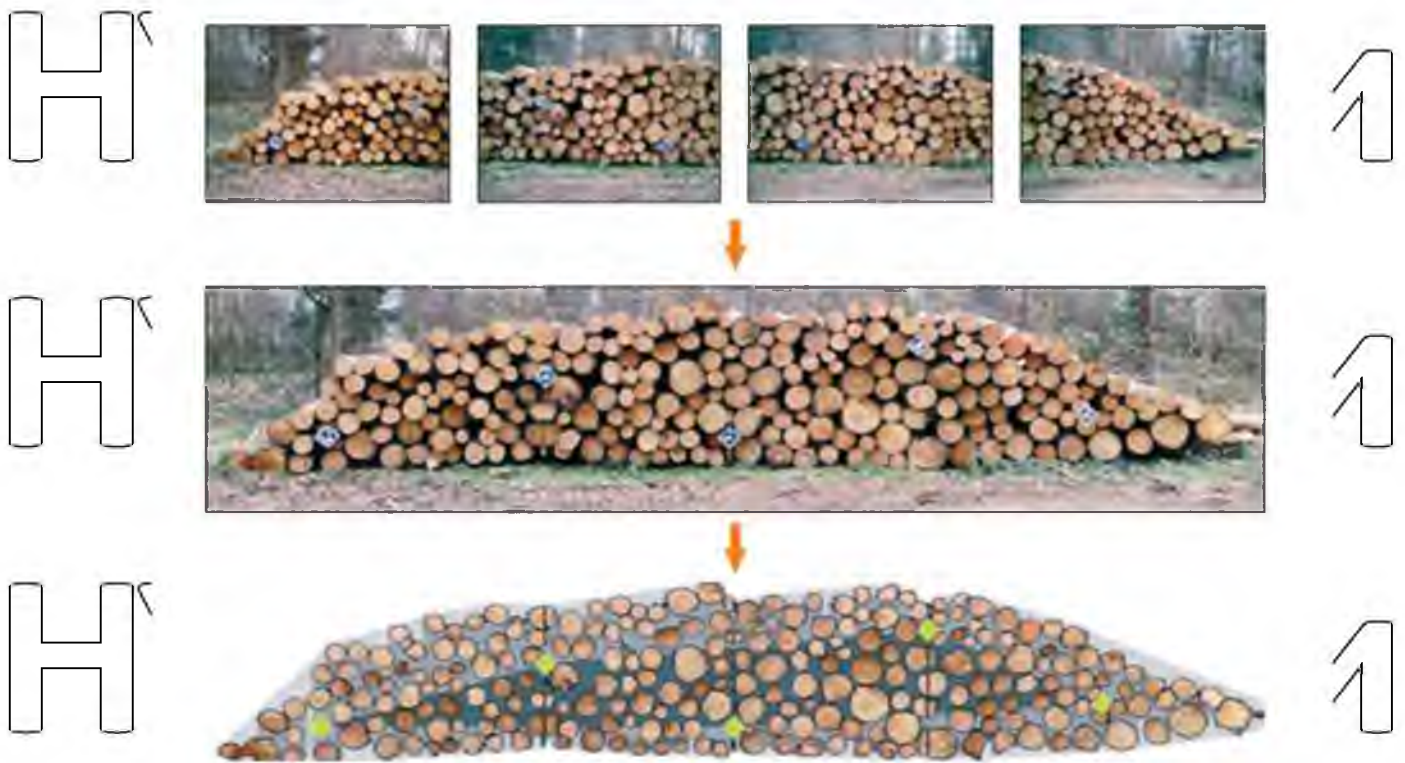


Рис. 1.4. Окремі етапи вимірювання фотооптичного стека (AFoRS, 2019)

Записані зображення використовуються для визначення кількості колод, діаметру торця та щільності складування штабеля. На основі цих значень та рівномірної довжини колод, загальний об'єм штабеля в кубічних метрах об'єм штабеля в кубічних метрах, середній середній діаметр і розподіл за класами розмірів. Шляхом застосування коефіцієнтів перерахунку застосуванням коефіцієнтів перерахунку можна згодом розрахувати загальний об'єм у твердих кубічних метрах [37].

Система sScale проста в управлінні, надійна за будь-яких погодних умов, монтується з модулем бездротової передачі даних, має вигідну ціну – вона порівнянна з вартістю вимірювань на великих заводах.

НУБІП України



Рис. 1.5. Система RUW

RUW — для середніх лісопильних заводів із сортиментною заготовлею. Здійснює операції з перевалки та сортування круглого лісу й розвиває максимальну швидкість 140 м/хв. Продуктивність — до 70 тис. м³ на рік.

Установка являє собою поєднання оптико-ультразвукового вимірювального пристрою з гідравлічним передавачем і нерухомо закріпленим прийманем та пристрою для обробки отриманих даних. Діапазон вимірювання — 720 і 950 мм.

Результати відразу ж у вигляді звіту видаються на принтер у кабіні оператора сортувально-транспортної машини. Потім дані виводяться на пульт управління. Протягом усього процесу ведеться контроль похибки вимірювання довжини [38].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика регіону досліджень

Ліс є складним комплексом географічного середовища, який включає всі його складові елементи – рослини, ґрунт, атмосферу, вологу та ін.. Під час вивчення лісорослинних умов необхідно враховувати, перш за все рельєф місцевості, геологічну будову, ґрунтово-кліматичні умови та інші за переважанням абіотичні фактори, і не менш важливі біотичні фактори – рослини, тварини, мікроорганізми, а також їхні режими.



Рис. 2.1. Район досліджень в межах Полтавської області

З виникненням лісівництва на початку XX ст. питання раціонального лісів розглядалися вже в теоретичному плані з врахуванням досягнень таких наук, як

ботаніка і географія. Згідно з класифікацією, район досліджень відноситься до Лівобережного лісостепу, що є однією з ключових природних зон. В цій зоні характерно поєднання лісових та степових екосистем, що робить її цікавим об'єктом для вивчення та досліджень в контексті лісового господарства.

Рельєф

Лісостепова зона займає територію, на якій переважають височини: із заходу на схід змінюють одна одну Розточчя, Подільська, Волинська, Придніпровська та Середньоруська височини. Платоподібні поверхні височин чергуються з горбогір'ями, окраїни височин сильно почленовані ярами і балками. Низовини займають невеликі території на Лівобережжі (Придніпровська низовина). Висоти поверхні коливаються від 100 м до 471 м (гора Камула). Загалом поверхня із заходу та сходу нахилена до Дніпра, абсолютні висоти змінюються від 380 м на Подільській височині і 230 м на Середньоруській височині до 50 м біля русла Дніпра [6].

Характерною ознакою краєвиду є високі праві береги річок, сильно розчленовані ярами, і низькі ліві береги з терасами. Заплави річок і низькі тераси нерідко заболочені, вищі тераси займають поля, населені пункти [6].

Клімат у лісостеповій зоні помірно континентальний, його континентальність збільшується у східному напрямку. Тепле літо і помірно холодна зима. Середня температура січня становить на заході -4°C , на сході -8°C , а липня — відповідно $+16$ і $+22^{\circ}\text{C}$. Опадів випадає менше, ніж у зоні мішаних лісів, але більше, ніж у степах. Кількість опадів змінюється у східному напрямку від 600 до 500 мм, але майже стільки ж води випаровується; зволоження достатнє. В окремі роки у зоні, особливо в її південній частині, бувають посухи [6].

Основними кліматичними факторами, які негативно впливають на ріст і розвиток насаджень є:

- 1) широкі річні амплітуди коливання добових температур;
- 2) можливі ранні осінні та пізні весняні заморозки;

3) нерівномірний розподіл снігового покриву та малосніжні зими;

4) зливові опади;

5) вітровали та буреломи, спричинені великою швидкістю шквальних вітрів;

6) ожеледі, часті відлиги зимою, налипання мокрого снігу, що завдає значної шкоди хвойним молоднякам.

Південна межа лісостепу майже збігається з «віссю Воейкова» (смуга високого атмосферного тиску), на південь від якої

переважає антициклональна погода й суттєво зменшується кількість опадів, та

ізолінією коефіцієнта зволоження 0,6. На вододілах ця межа також відповідає поширенню на південь дубових лісів [6].

У ґрунтовому покриві лісостепу переважають різні види чорноземів (типові та опідзолені) та сірі лісові ґрунти, що сформувалися

на лісах або лісоподібних суглинках. У зниженнях поширені лучні і лучно-чорноземні ґрунти, подекуди — торфові. Рівень родючості ґрунтів найвищий у середній та східній частинах зони [6].

Рослинність представлена лісовими і степовими видами. Лісистість території більша у західній частині; там вона досягає 15 %

(середня лісистість — 12,5 %). Ліси збереглися в долинах річок та межиріччях.

Вони ростуть на сірих лісових ґрунтах та деградованих чорноземах (в яких зменшився вміст гумусу, і вони стали менш родючими), що раніше були під

степами, а потім позаростали деревами. Лісоутворювальними породами зони є дуб, граб, бук, клен, липа. У заплавах річок ростуть берест, вільха, верба. На

піщаних берегах Дніпра, Південного Бугу та Сіверського Дінця, куди доходив язик давнього льодовика, острівцями ростуть соснові ліси. У широких балках

поширені байракові ліси, в яких ростуть дуб, граб, клен, липа, ліщина, брусниця.

НУБІП УКРАЇНИ

2.2 Методика збору дослідних даних

Первинну інформацію для досліджень було зібрано на території лісового фонду ДП «Миргородське ЛП». Для виконання поставлених у магістерській кваліфікаційній роботі завдань, під час збору первинної дослідної інформації було використано мобільний додаток Timbeter.

Сучасний лісовий сектор та промисловість потребують точних та надійних інструментів для вимірювання деревини. Timbeter - це програмний продукт, призначений для спрощення процесу вимірювання колод, забезпечуючи точність та ефективність вимірів. Він розроблений для

полегшення процесу вимірювання штабелів у лісництві. При використанні Timbeter слід дотримуватися деяких правил і процедур для отримання найточніших результатів.

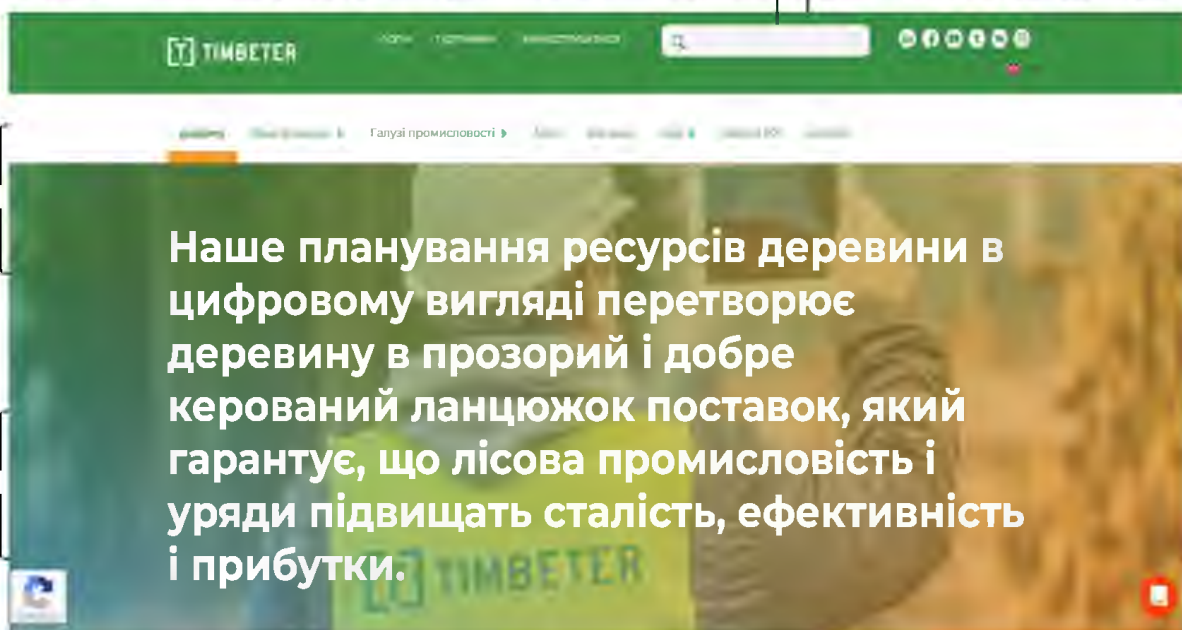


Рис. 2.2. Програма Timbeter [51]

Порядок використання мобільного додатку Timbeter

Завантажте та встановіть програму Timbeter. Почніть з завантаження та встановлення програми Timbeter на вашому пристрої (смартфоні, планшеті або комп'ютері). Зазвичай програму можна завантажити з офіційного веб-

сайту Timbeter. Занежіть програму: Після встановлення запустіть програму Timbeter на вашому пристрої. Створіть новий проєкт: Створіть новий проєкт у програмі. Вкажіть необхідну інформацію, таку як назву проєкту, дату, місце

проведення вимірювань і інші важливі дані. Додайте фотографії та зображення: Використовуючи камеру вашого пристрою, додайте фотографії деревини або лісоматеріалів, які ви бажаєте виміряти. Виміряйте діаметри:

Використовуючи спеціальні інструменти в програмі, виміряйте діаметри круглих лісоматеріалів. Це може бути зроблено шляхом накладання вимірювальних ліній на фотографії. Аналізуйте дані: Після вимірювань програма TimberEye автоматично аналізує дані та обчислює обсяг лісоматеріалів на основі ваших вимірів. Збережіть результати: Після завершення вимірювань і обробки даних, збережіть результати вашого проекту у програмі.

Експортуйте дані: За необхідності ви можете експортувати ваші дані у форматі, який вам підходить, для подальшого аналізу або звітування.

Перевірка та підтвердження: Перевірте дані, переконайтеся у їхній точності і відповідності стандартам, і при необхідності отримайте підтвердження відповідних організацій або фахівців [51].



Рисунок 23. Проведення дослідів програмою TimberEye [51]

В свою чергу слід відмітити, що додаток має складський модуль.

Складський Модуль: Хмарна платформа забезпечує огляд операцій у режимі реального часу. Складський модуль надає огляд ваших вимірів у реальному

часі. Ви можете швидко та ефективно проводити інвентаризацію, та створювати звіти у кілька клацань мишею.

Ось загальні правила для вимірювання штабеля за допомогою Timbeter:

1) Підготовка мобільного пристрою: Переконайтеся, що ваш мобільний пристрій, на якому встановлено Timbeter, працює належним чином, та має достатньо заряду для тривалого використання.

2) Завантаження даних: Введіть в додаток Timbeter всі необхідні дані, такі як вид деревини, місце вимірювань, специфікації та іншу інформацію.

3) Фотографування штабеля: Використовуйте камеру вашого мобільного пристрою, щоб зробити фотографії штабеля деревини з різних кутів. Дотримуйтеся правил фотографування, зокрема забезпечуйте якісне освітлення та чітку фокусування.

4) Маркування точок вимірювань: Використовуйте функцію Timbeter для маркування точок вимірювань на фотографіях штабеля. Ретельно визначте місця вимірювань, зокрема довжину, ширину і висоту штабеля.

5) Автоматичне обчислення об'єму: Timbeter автоматично обчислює об'єм деревини на основі ваших фотографій та введених даних. Перевірте результати обчислень та впевніться в їх точності.

6) Збереження та звітність: Збережіть результати вимірювань і згенеруйте звіт, який можна подати замовнику, власнику лісу або іншим зацікавленим сторонам.

7) Акуратність та уважність: Під час вимірювань та фотографування штабеля будьте акуратні та уважні. Наведіть належну увагу всім деталям і маркуванням точок вимірювань.

8) Оновлення додатку: Переконайтеся, що ви використовуєте останню версію Timbeter, оскільки розробники регулярно випускають оновлення для поліпшення функціональності та виправлення помилок.



Рис. 2.4. Місце заготівлі матеріалу

Також для оцінки ефективності та точності даного застосунку було проведено обмір кслод поштучно у розрізі верхнього та серединного діаметрів.

Вимірювання діаметрів круглих лісоматеріалів за допомогою мірної вилки є важливою процедурою для забезпечення точності та однорідності даних. Ось загальні правила вимірювання діаметрів:

1. Місце вимірювання: Діаметр вимірюється на перерізі лісоматеріалу. При проведенні досліду діаметр вимірювався в середині круглого лісоматеріалу або на верхньому зрізі. Важливо визначити точку вимірювання і утримуватися при ній для послідовності результатів.
2. Використовуйте мірну вилку. Для вимірювання діаметру використовуємо спеціальну мірну вилку. Розмістіть мірну вилку на стопі таким чином, щоб вона перетинала центральну точку стопи, і відмічайте діаметр.

3. **Забезпечте паралельність:** Переконайтеся, що мірна вишка розташована паралельно до площини перерізу лісоматеріалу. Це допомагає уникнути вимірювання нахилених діаметрів.

4. **Точність вимірювання:** Здійснюйте вимірювання з необхідною точністю, зазвичай до міліметра. Якщо є сумніви щодо точності вимірювання, можливо, варто повторити вимірювання або використувати інший метод для підтвердження результату.

5. **Запис результатів:** Фіксуйте отримані вимірювання, які включають діаметри на кожній стороні лісоматеріалу, а також середній діаметр (якщо потрібно) і точку вимірювання (середина стопи або верхній зріз).

Також при вимірюванні круглих лісоматеріалів Кожна колода, довгомірні лісоматеріали або комбіновані лісоматеріали з умовним позначенням для поділу класифікують згідно з їх розмірами та зовнішнім виглядом, кількістю та розповсюдженням специфічних вад.

Якісна класифікація круглих лісоматеріалів з деревини берези, вільхи, осики, липи, граба, акації, вишні, черешні та інших листяних порід (окрім дуба, бука, тополі, ясена, клена, в'яза) має три класи: А, В, С. Класифікація базується на наступному описі класів:

— клас якості А

Лісоматеріал найвищого класу якості; здебільшого відноситься до нижньої частини колоди з чистою деревиною або з незначними вадами, які не обмежують його використання.

— клас якості В

Лісоматеріал середнього класу якості, без особливих вимог до чистої деревини. Сучки дозволено в межах середнього значення для кожної породи.

— клас якості С

Лісоматеріал, що не задовольняє жодному з класів якості А та В, але з якого ще можливо отримати товарну продукцію (пиломатеріали). Зі всіма допустимими візуальними характеристиками, до класу якості С слід відносити

лісоматеріал, в якому не менше 40 % об'єму деревини придатні для використання у лісопилянні.

Лісоматеріали круглі хвойних та листяних порід. Правила класифікації

Якісна оцінка складається з чотирьох класів: А, В, С та D. Така градація

базується на наступному загальному описі класів якості:

— клас якості А

Лісоматеріал найвищого класу якості, здебільшого відноситься до нижньої частини колоди з чистою деревиною або з незначними вадами, які не обмежують його використання.

— клас якості В

Лісоматеріал середнього класу якості, без особливих вимог до чистої деревини. Сучки дозволено в межах середнього значення для кожної породи.

— клас якості С

Лісоматеріал нижче середнього класу якості, дозволяються всі якісні особливості, які не значно знижують природні властивості деревини.

— клас якості D

Лісоматеріал, що не задовольняє жодному з класів якості А, В та С і який може бути розпиляно на товарну продукцію (пиломатеріали), придатні для подальшого використання.

У разі відсутності додаткових технічних вимог контракту, лісоматеріал має бути занижено в класі, якщо він не відповідає вимогам будь-якої з характеристик відповідного класу.

Довжина і діаметр повинні бути виміряні методами, наведеними в ДСТУ 4020-2. Об'єм колод слід обчислювати: за умов використання обліку лісоматеріалів за верхівковим діаметром – згідно ДСТУ 8416; у разі обліку колод за серединним діаметром – згідно ДСТУ 4020-2.

Діаметр середньої у корі, см	Довжина, м											
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	
8	0,0135	0,0158	0,0181	0,0203	0,0226	0,0248	0,0271	0,0293	0,0316	0,0339	0,0361	
9	0,0171	0,0200	0,0229	0,0257	0,0286	0,0314	0,0343	0,0371	0,0400	0,0429	0,0457	
10	0,0212	0,0247	0,0282	0,0317	0,0353	0,0388	0,0423	0,0458	0,0494	0,0529	0,0564	
11	0,0256	0,0299	0,0341	0,0384	0,0427	0,0469	0,0512	0,0555	0,0597	0,0640	0,0683	
12	0,0305	0,0355	0,0406	0,0457	0,0508	0,0558	0,0609	0,0660	0,0711	0,0761	0,0812	
13	0,0357	0,0417	0,0476	0,0536	0,0595	0,0655	0,0715	0,0774	0,0834	0,0893	0,0953	
14	0,0414	0,0483	0,0552	0,0621	0,0690	0,0759	0,0828	0,0898	0,0967	0,104	0,111	
15	0,0475	0,0555	0,0634	0,0713	0,0792	0,0872	0,0951	0,103	0,111	0,119	0,127	
16	0,0541	0,0631	0,0721	0,0811	0,0901	0,0991	0,108	0,117	0,126	0,135	0,144	
17	0,0610	0,0712	0,0813	0,0915	0,102	0,112	0,122	0,132	0,142	0,153	0,163	
18	0,0684	0,0798	0,0912	0,103	0,114	0,125	0,137	0,148	0,160	0,171	0,182	
19	0,0761	0,0888	0,102	0,114	0,127	0,140	0,152	0,165	0,178	0,190	0,203	
20	0,0843	0,0984	0,112	0,127	0,141	0,155	0,169	0,183	0,197	0,211	0,225	
21	0,0929	0,108	0,124	0,139	0,155	0,170	0,186	0,201	0,217	0,232	0,248	
22	0,102	0,119	0,136	0,153	0,170	0,187	0,204	0,221	0,238	0,255	0,272	
23	0,111	0,130	0,148	0,167	0,186	0,204	0,223	0,241	0,260	0,278	0,297	
24	0,121	0,141	0,162	0,182	0,202	0,222	0,242	0,263	0,283	0,303	0,323	
25	0,131	0,153	0,175	0,197	0,219	0,241	0,263	0,285	0,307	0,328	0,350	
26	0,142	0,166	0,189	0,213	0,237	0,260	0,284	0,308	0,331	0,355	0,379	
27	0,153	0,179	0,204	0,230	0,255	0,281	0,306	0,331	0,357	0,382	0,408	
28	0,164	0,192	0,219	0,247	0,274	0,301	0,329	0,356	0,384	0,411	0,438	
29	0,176	0,206	0,235	0,264	0,294	0,323	0,352	0,382	0,411	0,441	0,470	
30	0,188	0,220	0,251	0,283	0,314	0,345	0,377	0,408	0,440	0,471	0,502	
31	0,201	0,234	0,268	0,301	0,335	0,368	0,402	0,435	0,469	0,502	0,536	
32	0,214	0,250	0,285	0,321	0,357	0,392	0,428	0,464	0,499	0,535	0,570	
33	0,227	0,265	0,303	0,341	0,379	0,417	0,455	0,492	0,530	0,568	0,606	
34	0,241	0,281	0,321	0,362	0,402	0,442	0,482	0,522	0,562	0,603	0,643	
35	0,255	0,298	0,340	0,383	0,425	0,468	0,510	0,553	0,595	0,638	0,680	
36	0,270	0,313	0,359	0,404	0,449	0,494	0,539	0,584	0,629	0,674	0,719	
37	0,284	0,332	0,379	0,427	0,474	0,521	0,569	0,616	0,664	0,711	0,758	
38	0,300	0,350	0,400	0,449	0,499	0,549	0,599	0,649	0,699	0,749	0,799	
39	0,315	0,368	0,420	0,473	0,525	0,578	0,630	0,683	0,735	0,788	0,840	
40	0,331	0,386	0,441	0,497	0,552	0,607	0,662	0,717	0,773	0,828	0,883	
41	0,347	0,405	0,463	0,521	0,579	0,637	0,695	0,753	0,811	0,868	0,926	
42	0,364	0,425	0,485	0,546	0,607	0,667	0,728	0,789	0,849	0,910	0,971	
43	0,381	0,444	0,508	0,571	0,635	0,698	0,762	0,825	0,889	0,952	1,02	
44	0,398	0,465	0,531	0,597	0,664	0,730	0,797	0,863	0,929	0,996	1,06	
45	0,416	0,485	0,555	0,624	0,693	0,763	0,832	0,901	0,971	1,04	1,11	
46	0,434	0,506	0,579	0,651	0,723	0,796	0,868	0,940	1,01	1,08	1,16	
47	0,452	0,528	0,603	0,678	0,754	0,829	0,904	0,980	1,06	1,13	1,21	
48	0,471	0,549	0,628	0,706	0,785	0,863	0,942	1,02	1,10	1,18	1,26	
49	0,490	0,571	0,653	0,735	0,816	0,898	0,980	1,06	1,14	1,22	1,31	
50	0,509	0,594	0,679	0,764	0,848	0,933	1,02	1,10	1,19	1,27	1,36	

Рис. 2.5. Об'єм круглих ділових лосоматеріалів сосни за середнім діаметром у корі, м³ (за ДСТУ 4020-2-2001)

2.3 Кількісна характеристика первинного матеріалу

Основними об'єктами дослідження є штабелі деревини, які мають різну довжину: 25 штабелів деревини довжиною 3,0 метри і 5 штабелів деревини довжиною 6,0 метрів. Для проведення аналізу також було виміряно п'ять лісовозів з навантаженням, а також здійснено виміри на середині штабелів та у верхньому зрізі деревини з корою та без кори за допомогою мірної вилки.

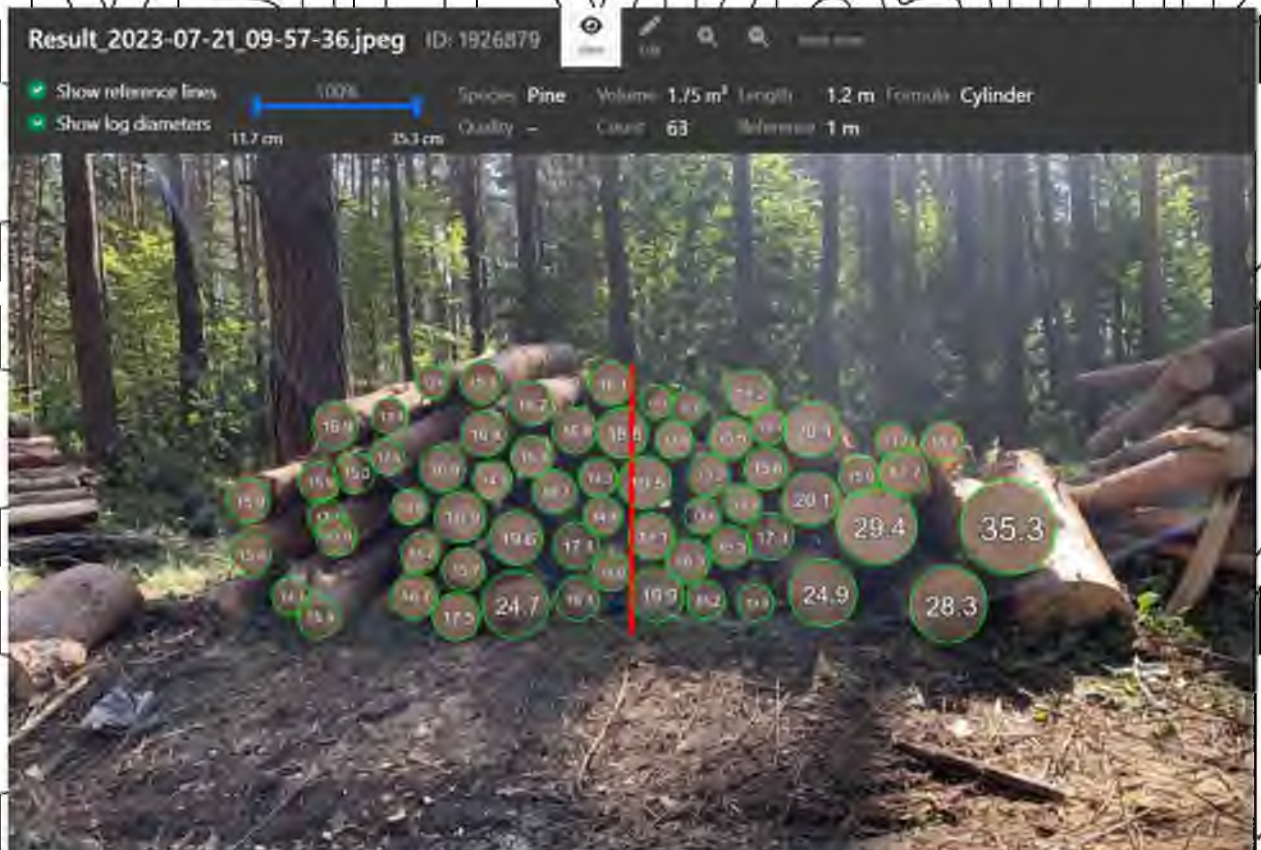


Рис. 2.6. Приклад розрахунку об'єму штабелю за допомогою мобільного додатку Timbeter на прикладі штабелю

Проведення вимірів дослідних даних було виконано як на підготовлених майданчиках, так і в умовах відкритого поля, що створювало певні труднощі і може впливати на точність отриманих результатів. У польових умовах деякі чинники, такі як нерівність місцевості та природні перешкоди, можуть ускладнювати вимірювання та впливати на їхню точність.

Погодні умови також грали важливу роль у процесі збору даних за допомогою програми. У випадку дощу, снігу або граду, програма не працює на повну потужність.

РОЗДІЛ 3

ТАКСАЦІЯ КРУТЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

3.1 Вимірювання деревини в штабелі

Аналіз дослідних даних включає в себе визначення різниці між вимірами, як з точки зору абсолютних значень, так і відносних показників, які були отримані традиційним методом порівняно з вимірами, здійсненими за допомогою мобільного додатку Timbeter.

Результати цих розрахунків подані в таблицях 3.1-3.15. Ми використовуємо серединний діаметр колоди як основний показник. Для більшої наочності приклади фотоматеріалів із дослідних даних, для яких були проведені ці розрахунки, наведені на рисунках 3.1-3.14. Після проведених розрахунків подані відповідні висновки.

Таблиця 3.1

Розрахунок об'єму штабелю №1 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт.	Об'єм за діаметром колод у корі на середині довжини, м ³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м ³	Абсолютне відхилення, м ³	Відносне відхилення, %
D1a (10-14)	B	2	0,064	0,067	-0,003	-4
D1b (15-19)	B	13	0,653	0,686	-0,033	-5
D2a (20-24)	B	17	1,333	1,413	-0,080	-6
D2b (25-29)	B	8	0,965	1,042	-0,077	-8
Разом	-	40	3,016	3,208	-0,192	-6



Рис. 3.1. Розрахунок об'єму штабелю за допомогою мобільного додатку
Timbeter на прикладі штабелю №1

За допомогою мобільного додатку Timbeter було розраховано, що об'єм штабелі 3,24 м³. Аналізуючи таблицю 3.1, можна побачити, що програма завищила кубатуру на -0,244 та 6%. Таке відхилення неприйнятне в сучасних умовах ведення лісового господарства.

Таблиця 3.2

Розрахунок об'єму штабелю №2 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колоду кори на середній довжині, м ³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м ³	Відхилення, м ³	Відносне відхилення, %
D1b (15-19)	B	3	0,342	0,357	-0,015	-4
D2a (20-24)	B	4	0,740	0,802	-0,062	-8

Продовження таблиці 3.2

D2b (23-29)	B	9	2,349	2,452	-0,103	-4
D3a (30-34)	B	2	0,685	0,716	-0,031	-5
D4 (40-49)	B	1	0,579	0,595	-0,016	-3
Разом		19	4,695	4,922	-0,227	-5

Різниця розрахунків об'ємів

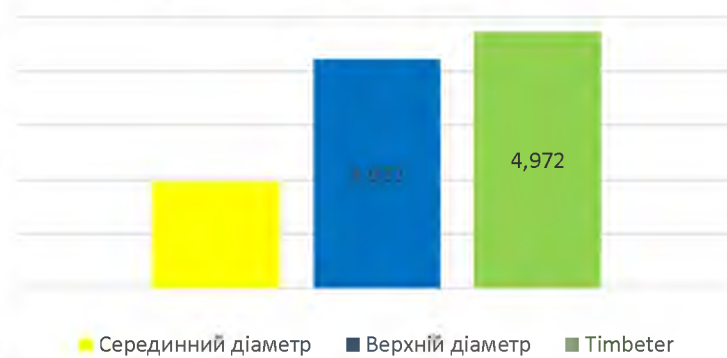


Рис. 3.2. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

На рисунку 3.2 можна помітити, що мобільний додаток також продемонстрував знанні відхилення від результатів, отриманих традиційним методом вимірювання за серединним діаметром. Абсолютна різниця складає 0,277 м³, що відповідає -5,9% відносному зменшенню обсягу.

Таблиця 3.3

Розрахунок об'єму штабелю №3 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт.	Об'єм за діаметром колод у корі на середині довжини, м³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м³	Абсолютне відхилення, м³	Відносне відхилення, %
D1a (10-14)	B	7	0,287	0,300	-0,013	-4

Продовження таблиці 3.3

D1b (15-19)	B	3	0,168	0,181	-0,013	-8
D2a (20-24)	B	8	0,928	0,988	-0,060	-6
D2b (25-29)	B	10	1,760	1,810	-0,050	-3
D3a (30-34)	B	4	0,856	0,913	-0,057	-7
Разом		32	3,999	4,191	-0,192	-5



Рис. 3.3. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

На рисунку 3.3. можна спостерігати, що мобільний додаток при розрахунках об'єму штабелю показав менше значення в порівнянні з вимірюванням за серединним діаметром. Абсолютна різниця становить 0,108 м³, що відповідає 2,7% відносного зниження.

Таблиця 3.4

Розрахунок об'єму штабелю №4 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт.	Об'єм за діаметром колод у корі на середній довжині, м ³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м ³	Абсолютне відхилення, м	Відносне відхилення, %
D2a (20-24)	B	1	0,093	0,098	-0,006	-6
D2b (25-29)	B	3	0,375	0,390	-0,015	-4
D3a (30-34)	B	3	0,523	0,524	-0,001	-0,1
D3b (35-39)	B	1	0,237	0,249	-0,012	-5
D4 (40-49)	B	2	0,610	0,641	-0,031	-5
D5 (50-59)	B	2	0,967	1,025	-0,058	-6
Разом	-	12	2,805	2,926	-0,121	-4



Рис. 3.4. Розрахунок об'єму штабелю за допомогою мобільного додатку

Timbeter на прикладі штабелю №4

В даному штабелі об'єм становить 2,805 м³, зробивши знімок оптичним приладом за допомогою мобільного додатку Timbeter вийшло 3,06 м³.

Таблиця 3.5

Розрахунок об'єму штабелю №5 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колод у корі на середині довжини, м ³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м ³	Абсолютне відхилення, м ³	Відносне відхилення, %
D1a (10-14)	B	8	0,328	0,343	-0,015	-5
D1b (15-19)	B	12	0,672	0,724	-0,052	-8
D2a (20-24)	B	1	1,276	1,350	-0,083	-6
Разом		31	2,276	2,425	-0,149	-7

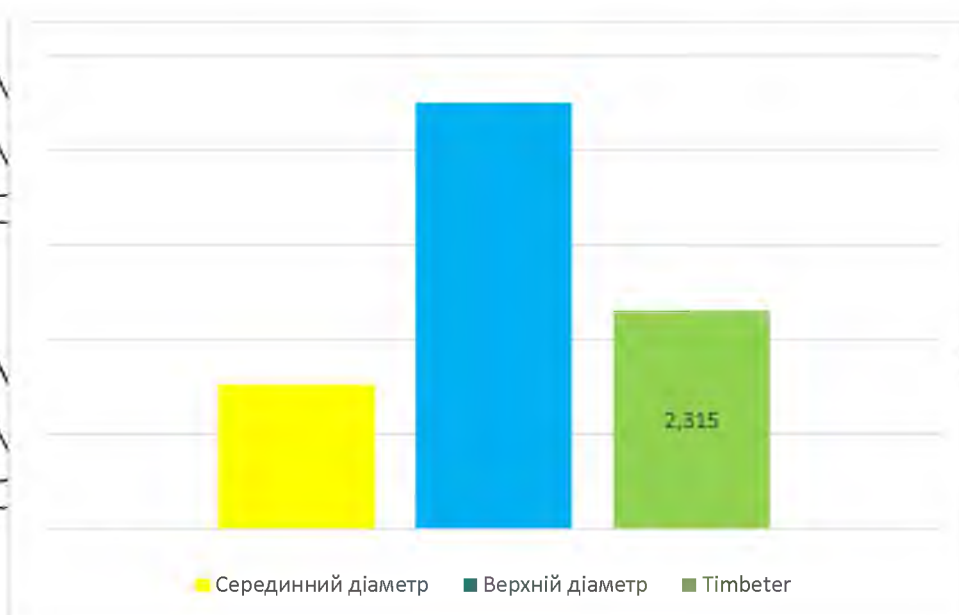


Рис. 3.5. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

За допомогою мобільного додатку Timbeter було розраховано, що об'єм штабеля 2,315 м³. Аналізуючи таблицю 3.6, можна побачити, що програма показала середнє значення, наближене до вимірювання по серединному

діаметру, а саме відхилення становить $-0,039 \text{ м}^3$ та $1,7\%$, відповідно. Таке відхилення не можна назвати грубим.

Таблиця 3.6

Розрахунок об'єму штабелю №6 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт.	Об'єм за діаметром колод у корі на середній довжині, м^3	Об'єм за діаметром колод без корі у верхньому відрізі, м^3	Абсолютне відхилення, м^3	Відносне відхилення, %
D2a (20-24)	B	4	0,464	0,494	-0,030	-6
D2b (25-29)	B	12	2,112	2,172	-0,060	-3
D3a (30-34)	B	17	3,638	3,880	-0,242	-7
D3b (35-39)	B	8	1,896	1,992	-0,096	-5
Разом		41	8,110	8,538	-0,428	-5

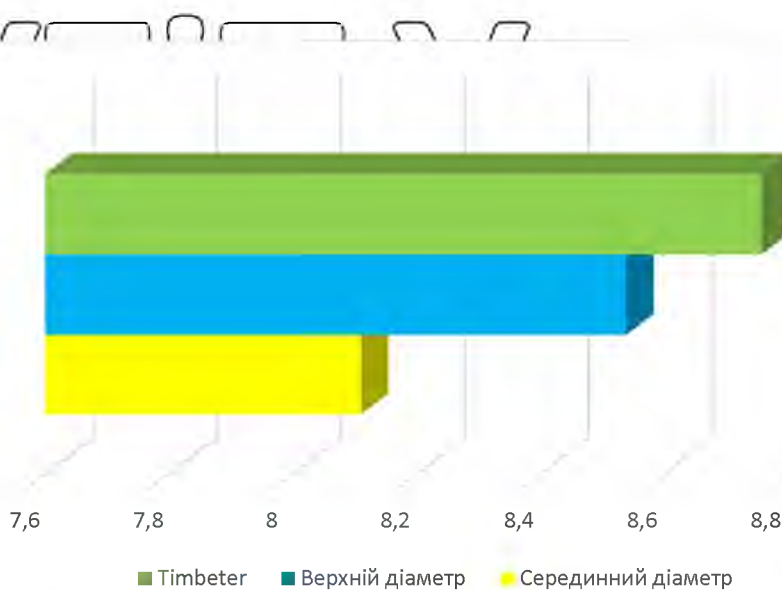


Рис. 3.6. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

За допомогою мобільного додатку Timbeter було розраховано, що об'єм штабеля 8,759 м³. Аналізуючи таблицю 3.7, можна побачити, що програма завищила кубатуру на -0,649 м³ та 8%. Таке відхилення неприйнятне в сучасних умовах ведення лісового господарства.

Таблиця 3.7

Розрахунок об'єму штабелю №7 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колод у корі на середині довжини, м ³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м ³	Абсолютне відхилення, м ³	Відносне відхилення, %
D3a (30-34)	B	6	2,056	2,148	-0,092	-4
D3b (35-39)	B	15	8,685	8,925	-0,240	-3
D4 (40-49)	B	20	7,022	7,213	-0,191	-3
D5 (50-59)	B	2	0,982	1,018	-0,036	-4
Разом		43	18,745	19,304	-0,559	-3

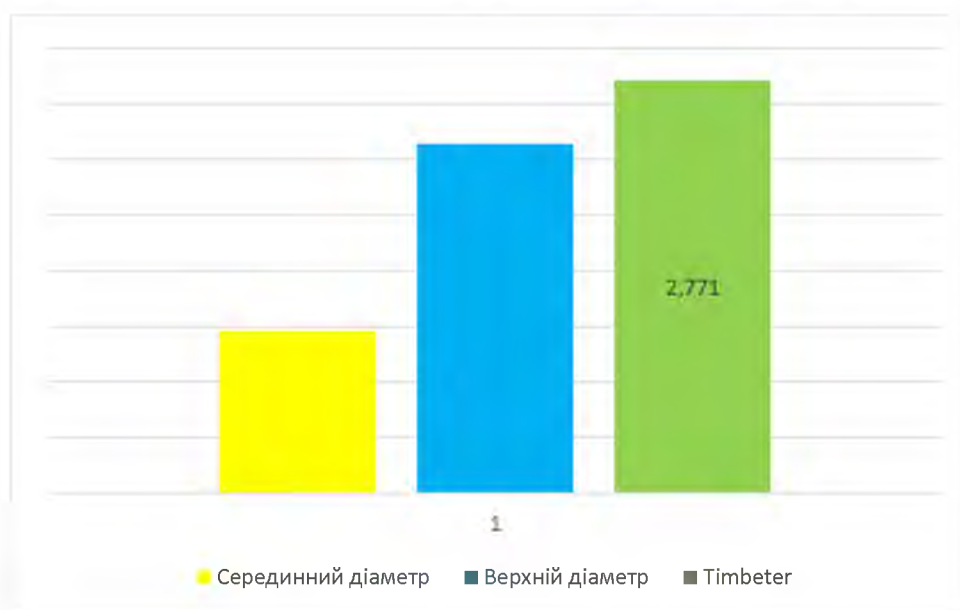


Рис. 3.7. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

Таблиця 3.8

Розрахунок об'єму штабелю №8 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колод у корі на середині довжини, м³	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м³	Відхилення, м³	Відносне відхилення, %
D1a (10-14)	B	3	0,077	0,080	-0,003	-4
D1b (15-19)	B	26	1,293	1,358	-0,065	-5
D2a (20-24)	B	10	0,916	0,944	-0,027	-3
D2b (25-29)	B	11	1,548	1,594	-0,046	-3
D3a (30-34)	B	4	0,693	0,707	-0,014	-2
D4 (40-49)	B	2	0,680	0,721	-0,041	-6
Разом	-	56	5,207	5,404	-0,196	-4



Рис. 3.8. Розрахунок об'єму штабелю за допомогою мобільного додатку Timberer на прикладі штабелю №8

В даному штабелі об'єм становить 5,207 м³, зробивши знімок оптичним приладом за допомогою мобільного додатку Timberer вийшло 5,34 м³. Проводимо аналіз точності вимірювання та визначаємо відхилення за абсолютним та відносним показником.

Визначивши абсолютне та відносне відхилення приходимо до висновку, що таке відхилення не можна назвати грубим.

Таблиця 3.9
Розрахунок об'єму штабелю №9 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колод у корі на середній довжині, м ³	Об'єм за діаметром колод без корі у верхньому відрізі, м ³	Абсолютне відхилення, м ³	Відносне відхилення, %

D2a (20-24)	B	6	1,170	1,203	-0,093	-8
D2b (25-29)	B	10	2,610	2,724	-0,114	-4
D3a (30-34)	B	15	5,138	5,370	-0,233	-5
D4 (40-49)	B	2	1,158	1,190	-0,032	-3
Разом		33	10,016	10,487	-0,472	-5



Рис. 3.9. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

За допомогою мобільного додатку Timbeter було розраховано, що об'єм штабеля 10,611 м³. Визначивши абсолютне та відносне відхилення, що становлять -0,595 м³ та 6% відповідно, приходимо до висновку що мобільних додаток завищує кубатуру в даному штабелі, що є не припустимо.

Таблиця 3.10

Розрахунок об'єму штабелю №10 різними способами

Клас товщини	Клас якості	Кількість колод, шт	Об'єм за діаметром колод у корі на середині	Об'єм за діаметром колод без кори у верхньому відрізі, м	Абсолютне відхилення, м ³	Відносне відхилення, %

			довжини, м			
D1a (10-14)	B	6	0,246	0,257	-0,011	-5
D1b (15-19)	B	10	0,560	0,603	-0,043	-8
D2a (20-24)	B	15	1,740	1,853	-0,113	-7
Разом		31	2,546	2,714	-0,168	-7

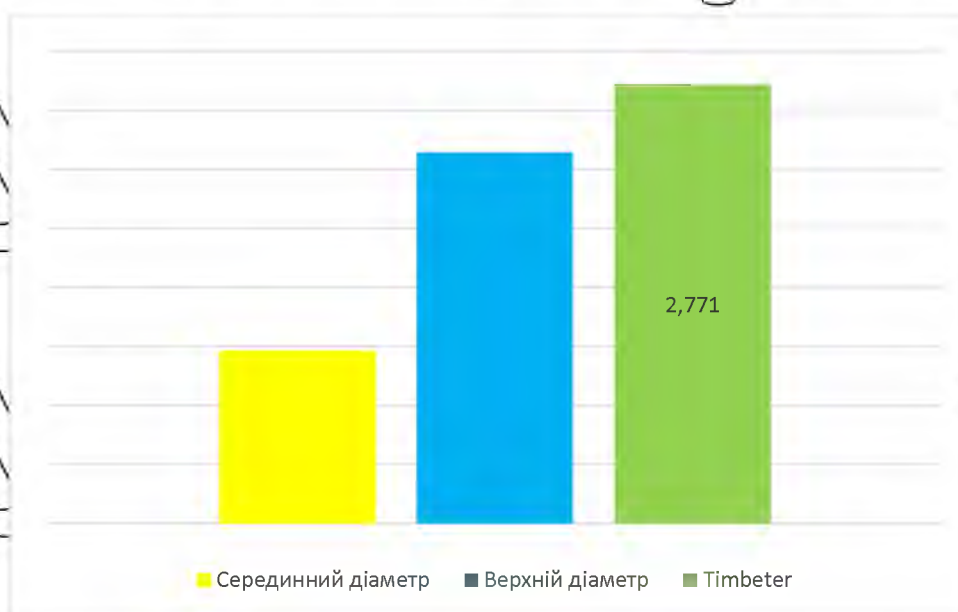


Рис. 3.10. Порівняння розрахунку об'ємів різними способами

За допомогою мобільного додатку Timbeter було розраховано, що об'єм штабеля 2,771 м³. Аналізуючи таблицю 3.10, можна побачити, що програма завищила кубатуру на 0,225 м³ та 8,8%. Таке відхилення неприйнятне в сучасних умовах ведення лісового господарства.

ВИСНОВКИ

НУБІП України

Порівнюючи результати вимірів середнім та верхнім діаметрами, було виявлено, що об'єм штабелю може значно відрізнятись в залежності від вибраного методу вимірювання. Це свідчить про важливість обраного методу та його вплив на точність результатів.

НУБІП України

Використання мобільного додатку Timbeter дозволяє автоматизувати процес вимірювання об'єму лісових штабелів, що може значно спростити та прискорити процес збору даних.

НУБІП України

Програма Timbeter показала певне відхилення від результатів, отриманих традиційними методами вимірювання. Важливо враховувати це відхилення при використанні програми для прийняття рішень у лісовому господарстві.

НУБІП України

Результати цього дослідження підкреслюють важливість ретельного аналізу та порівняння різних методів вимірювання об'єму лісових ресурсів для забезпечення надійності та точності даних. Це може мати вирішальне значення для ефективного управління лісовими ресурсами та збереження природного середовища.

НУБІП України

Для зменшення рівня відхилень в процесі вимірювання, рекомендується використовувати еталон, який має мати розмір не менше 0,5 метра та бути яскравого кольору, щоб виділятися на тлі деревини. Використання такого чіткого та видимого еталону сприяє підвищенню точності та надійності вимірювань. При порівнянні дослідних даних з еталоном і без нього виявлено, що похибка в кожному випадку перевищує 10%.

НУБІП України

Рекомендації виробництву

Для оперативного контролю обліку деревини, рекомендується програма Timbeter для споживачів лісопродукції, органів контролю та працівників лісового господарства.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Багинский В. Ф. Повышение продуктивности лесов: монография. Минск : Ураджай, 1984. 135 с.
2. Биченко В. Б., Биченко В. В., Миронюк В. В. Моделювання об'єму ділових сортиментів дуба звичайного з використанням рівнянь твірної деревних стовбурів. Науковий вісник НУБіП України. 2018. Вип. 288. С. 6 – 17.
3. Білоус А. М. Деревний детрит лісів Українського Полісся: [монографія]. К. : НУБіП України, 2018. 170 с.
4. Впровадження електронного обіку деревини [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.lesovod.org.ua/node/11215> (Назва з екрану).
5. Гайдучок Т. С. Використання інформаційних технологій в обліково-аналітичному забезпеченні системи управління лісогосподарських підприємств/ Т. С. Гайдучок, В. А. Мостепанюк // Агросвіт. – 2013. – № 12. – С. 8–12.
6. Географічна енциклопедія України : [у 3 т.] /редкол.: О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. — К., 1989—1993. — 33 000 екз. — ISBN 5-88500-015-8.
7. Гірс О. А. Динаміка товарності мішаних березово-соснових та грабово-ясенево-дубових насаджень. Наук. вісн. Нац. аграрн. ун-ту. 2004. Вип.72. С. 255–261.
8. Гірс О. А. Нормативи динаміки товарної структури оптимальних соснових деревостанів. Наук. вісн. Нац. аграрн. ун-ту. 2000. Вип. 27. С. 324–331.
9. Де Мігель-Діес Ф., Берендт Ф., Енглер Б., Кремер Т., Пурфюрст Т. (2023). Порівняння визначення об'єму штабеля деревини між ручним, фотооптичним, iPad-LiDAR і портативним LiDAR методами вимірювання.
10. Закон України "Лісовий кодекс України" від 1994 року.

11. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Ч. 1. Польові роботи. – Ірпінь, 2006. – 75 с.
12. Кичак В.М. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ. Вісник Хмельницького національного університету. URL: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012_3/31bil.pdf (Дата звернення: 20.10.2023).
13. Лакида П. І. Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси: автореф. дис... д-ра с.-г. наук: 06.00.19. Національний аграрний університет. Київ, 1997. 48 с.
14. Леснік О. М. Математичне моделювання об'єму дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва. Лісове і садово-паркове господарство. 2016. № 10.
15. Лісотаксаційний довідник / [відп. за випуск С. М. Кашпор, А. А. Строчинський]. К. : Видавничий дім «Вініченко», 2013.
16. Лісовий кодекс України. – К., 1994. – 56 с.
17. Лісова таксація: навчальний посібник / В.В. Миронюк, В.А. Свинчук, А.М. Білоус, Р.Д. Васишин. – К.: НУБіП України, 2019.
18. Миклуш С. І., Гаврилюк С. А., Часковський О. Г. Дистанційне зондування землі в лісовому господарстві : [навчальний посібник]. Львів : ЗУКЦ, 2012.
19. Облік і сортування лісоматеріалів. Оптимізація технологій лісообробки, модернізація обладнання [Електронний ресурс].
20. Пурфюрст Т., Де Мігель-Дієс Ф., Берендт Ф., Енглер Б., Кремер Т. (2023). Порівняння визначення об'єму штабеля деревини між ручним, фотооптичним, iPad-LiDAR і портативним LiDAR методами вимірювання.
21. Сошенський О. М. Особливості таксаційної будови, сортиментної і товарної структури деревостанів липи Лісостеу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування і лісова таксація». Київ, 2016.

22. Строчинський А. А., Лакида П. И., Кашпор С. Н. и др. Сортиментные таблицы для таксации молодняков и средневозрастных древостоев: справочник. Киев : УСХА, 1993.
23. Строчинський А. А., С. М. Кашпор. Товарна структура деревостанів основних лісоутворювальних порід. Київ : НАУ, 2007.
24. Строчинський А. А., Кашпор С. М. Математичні моделі повнодеревності стовбурів основних лісоутворювальних порід України. Наук. вісн. Нац. аграрн. ун-ту. 2006. Вип. 96. С. 116–126.
25. Строчинський А. А., Кашпор С. М., Гірс О. А., Березівський Л. М. Нормативи товарності деревостанів основних лісоутворювальних порід України. Київ : НАУ, 2004.
26. Строчинський А. А., Кашпор С. М., Поляков О. В. Моделі розмірно-якісної структури об'єму стовбурів основних лісоутворювальних порід : монографія. Київ : НАУ, 2007.
27. Строчинський А. А., Лакида П. І. Нормативи для визначення запасу і сортиментної структури штучних соснових деревостанів. Лісове госп-во, лісова, паперова і деревообробна пром-сть. 1990. № 1. С. 16–19.
28. ТСУРИК Є. І. Таксація динаміки деревостанів : навч. посібник. Львів : НЛТУ України, 2008. 345 с.
29. Т.С. Гайдочук, В.А. Мостепанюк. Обліково-методичні аспекти автоматизації обліку лісогосподарських підприємств: Стаття. URL:http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/7422/1/OAIKVUSK_2017_4-2_8-11.PDF (дата звернення 10.09.2023)
30. Українська радянська енциклопедія : в 12-ти т. Гол. ред. М. П. Бажан. 2-ге вид. Т. 11. Київ : Голов. ред. УРЕ, 1984. 606 с.
31. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: [Монографія]. Тернопіль: Збруч, 2002. 256 с.
32. Швиденко А. З., Лакида П. І., Щепашенко Д. Г., Василюшин Р. Д., Марчук Ю. М. Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор: [монографія]. Корсунь-Шевченківський, 2014. 283 с.

33. Цурик Е. И. Ельники Карпат (Строение и продуктивность): монографія. Львов : Вища школа, 1981. 184 с.
34. Цурик Є. І. Таксація динаміки деревостанів : навч. посібник. Львів : НЛТУ України, 2008. 345 с.
35. Єдина державна система електронного обігу деревини. Офіційний вебпортал державного підприємства «Лісогосподарський інноваційно-аналітичний центр». URL: <http://surl.li/akpur>.
36. Borz S.A., Morocho Toaza J.M., Forkuo G.O., Marcu M.V. "Potential of Measure App in Estimating Log Biometrics: A Comparison with Conventional Log Measurement." *Forests*. 2022;13:1028. doi: 10.3390/f13071028.
37. Brown M.W. "Evaluation of the Impact of Timber Truck Configuration and Tare Weight on Payload Efficiency: An Australian Case Study. *Forests*. 2021;12:855. doi: 10.3390/f12070855. [CrossRef] [Google Scholar]
38. 3. Trzciński G., Moskalik T., Wojtan R. Total weight and axle loads of truck units in the transport of timber depending on the timber cargo. *Forests*. 2018;9:164. doi: 10.3390/f9040164. [CrossRef] [Google Scholar]
39. Comparison of Different Stack Measuring Methods. Sibran: Website. URL: <https://www.sibran.ru/upload/iblock/a10/a10f7a34fc97cd1aaa59e4963ab3f9ea.pdf> (Last accessed: 02.11.2023).
40. "Differences in Round Wood Measurements Using Electronic 2D and 3D Systems and Standard Manual Method" by Janák K. in *Drv. Industrija*. 2007;53:127–133.
41. "DRAFT REPORT TIMBER TRACKING TECHNOLOGIES" on ITTO's website. URL: <https://www.itto.int/files/user/pdf/Meeting%20related%20documents/Timber%20Tracking%20Review.pdf> (Last accessed: 20.10.2023).
42. "Estimation of Log Volumes: A Comparative Study" on the Canadian Wildland Fire Information System's website. URL: <https://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/36459.pdf> (Last accessed: 02.11.2023).

43. High precision volume measurements and biometrics characteristics of timber estimation. LOGMETER: Website. URL: <https://www.woodtechms.com/logmeter>.
44. "International experience in development of timber tracking systems" on Enpi-fleg's website. URL: https://www.enpifleg.org/site/assets/files/1898/international_experience_in_development_of_timber_tracking_systems.pdf (Last accessed: 02.11.2023).
45. "Manual and Automatic Volume Measuring Methods for Industrial Timber" on IOPscience's website. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/159/1/012019/pdf> (Last accessed: 20.10.2023).
46. "Manual for measuring and evaluating the quality of round wood form" on Enpi-fleg's website. URL: https://www.enpifleg.org/site/assets/files/2111/manual_podkorytov_measuring_and_quality_assessment_round_wood.pdf (Last accessed: 10.09.2023).
47. Methods of Wood Volume. ScienceDirect: Website. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1389934109000914.pdf> (Last accessed: 20.10.2023).
48. "Methods of Wood Volume Determining and Its Implications for Forest Transport." National Library of Medicine. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9416393.pdf> (Last accessed: 10.09.2023).
49. "On-Line Laser Triangulation Scanner for Wood Logs Surface Geometry Measurement" by Siekański P., Magda K., Malowany K., Rutkiewicz J., Styk A., Krzesłowski J., Kowaluk T., Zagórski A. in Sensors. 2019;19:1074. doi: 10.3390/s19051074.
50. "The current state and prospects for developing legal regulation of innovative technologies in the field of protection and rational use of forest resources of ukraine" on Doi Foundation's website. URL: http://www.lsej.org.ua/10_2021/70.pdf (Last accessed: 02.11.2023).

51. URL: <http://www.timbeter.com/> (дата звернення 26.10.2023)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України