

Методи вимірювання таксаційних показників стовбура

Стовбур як об'єкт лісової таксації

Стовбур є одним із головних об'єктів вимірювання в лісовій таксації. Саме в ньому зосереджена основна частина деревини дерева, тому його розміри, форма та об'єм мають важливе лісівниче й господарське значення.

Під час таксації необхідно перейти від реального дерева складної форми до системи **кількісних показників**, які можна виміряти або розрахувати.





До основних характеристик стовбура належать:

- ✓ діаметр;
- ✓ висота або довжина;
- ✓ площа поперечного перерізу;
- ✓ форма;
- ✓ збіг;
- ✓ об'єм.

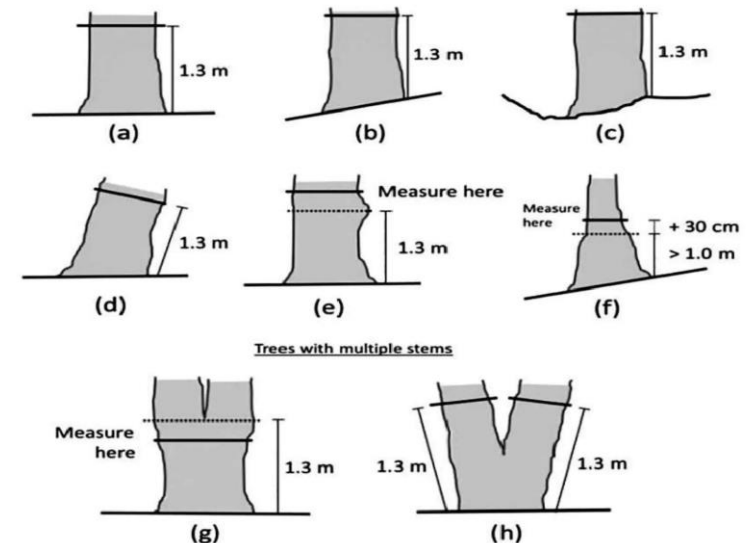


Діаметр стовбура

Діаметр стовбура d - відстань між двома протилежними точками поперечного перерізу стовбура, проведена через його центр. Оскільки діаметр змінюється вздовж стовбура, обов'язково зазначають висоту, на якій він визначений.

Наприклад:

$d_{0,2}$; $d_{1,3}$; d_2 ; d_5 означають діаметри на висоті відповідно 0,2; 1,3; 2 та 5 м.



Діаметр на висоті грудей

Основним стандартним показником для ростучого дерева є:

$$d_{1,3}$$

тобто діаметр стовбура на висоті 1,3 м від поверхні землі.

Такий рівень використовується тому, що він:

- ✓ зручний для виконання вимірювань;
- ✓ знаходиться вище більшості прикореневих напливів;
- ✓ дозволяє стандартизувати результати;
- ✓ забезпечує можливість порівняння різних дерев і насаджень.



Площа поперечного перерізу стовбура

Поперечний переріз стовбура наближено приймають за коло.
Площа такого перерізу:

$$g = \frac{\pi d^2}{4}$$

де:

g - поперечного перерізу, м^2 ;

d - діаметр, м.

Приклад 1

Діаметр дерева:

$$d = 30 \text{ см} = 0,30 \text{ м.}$$

Тоді:

$$g = \frac{3,1416 \times 0,30^2}{4}$$

$$g \approx 0,0707 \text{ м}^2.$$

Отже, дерево діаметром 30 см має площу поперечного перерізу приблизно:

$$g = 0,071 \text{ м}^2$$

Чому цей показник важливий?

Площа поперечного перерізу використовується для:

- ✓ визначення суми площ перерізів дерев у насадженні;
- ✓ характеристики повноти;
- ✓ визначення запасу;
- ✓ розрахунку об'єму окремого дерева;
- ✓ побудови таксаційних моделей.

Особливо важливо пам'ятати:

$$g \sim d^2$$

Тобто площа перерізу залежить від **квадрата діаметра**.

Висота дерева і довжина стовбура

Висота дерева h - вертикальна відстань від основи дерева до його найвищої точки.

Для ростучого дерева зазвичай визначають саме висоту.

Наприклад:

$$h=24,5 \text{ м.}$$

Довжина стовбура l - відстань уздовж осі стовбура від комлевої частини до верхівки або місця його відсікання.

Для прямого вертикального дерева: $h \approx l$. Але для нахиленого або викривленого дерева ці величини можуть відрізнятися. Це особливо важливо під час таксації **зрубаних дерев**, де вимірюють уже не висоту, а фактичну довжину стовбура.

Форма стовбура

Стовбур дерева не є правильним циліндром.
Його діаметр поступово зменшується від основи до верхівки.

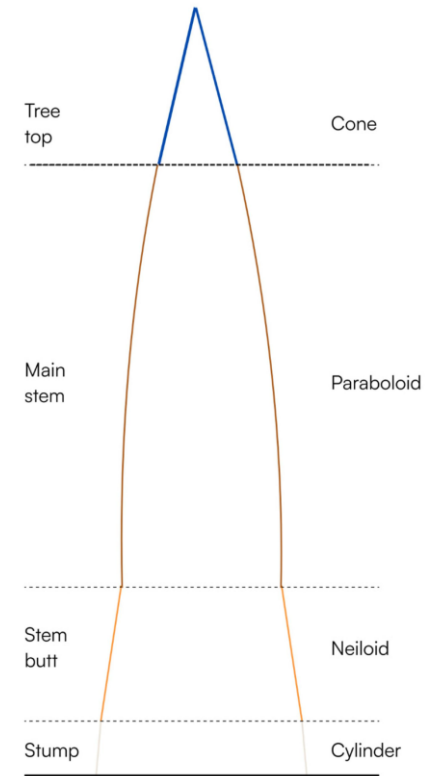
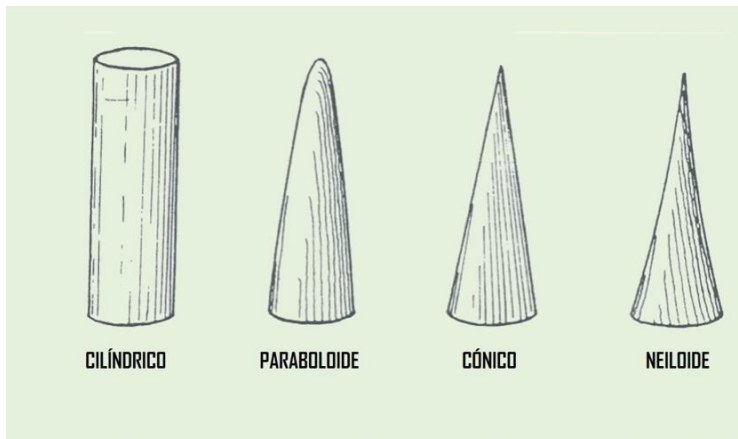
Умовно:

великий діаметр біля основи → поступове звуження → малий діаметр → верхівка.

Тому застосування формули звичайного циліндра:

$$V=g \times h$$

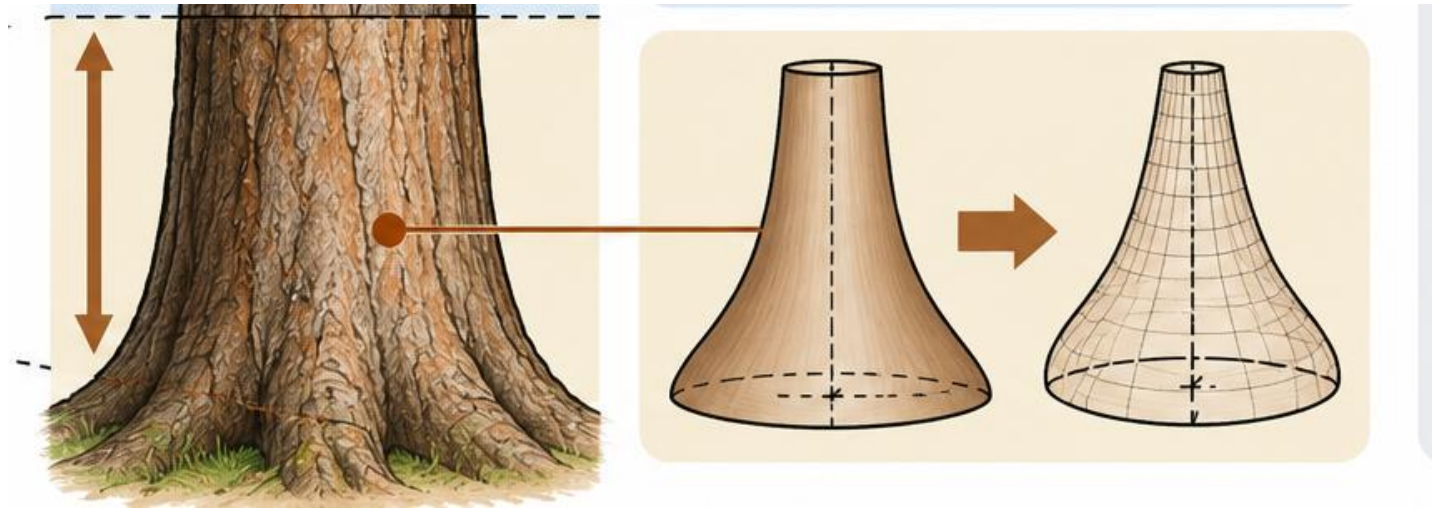
для всього стовбура призвело б до завищення його реального об'єму.



Геометричне представлення форми стовбура

Комлева частина

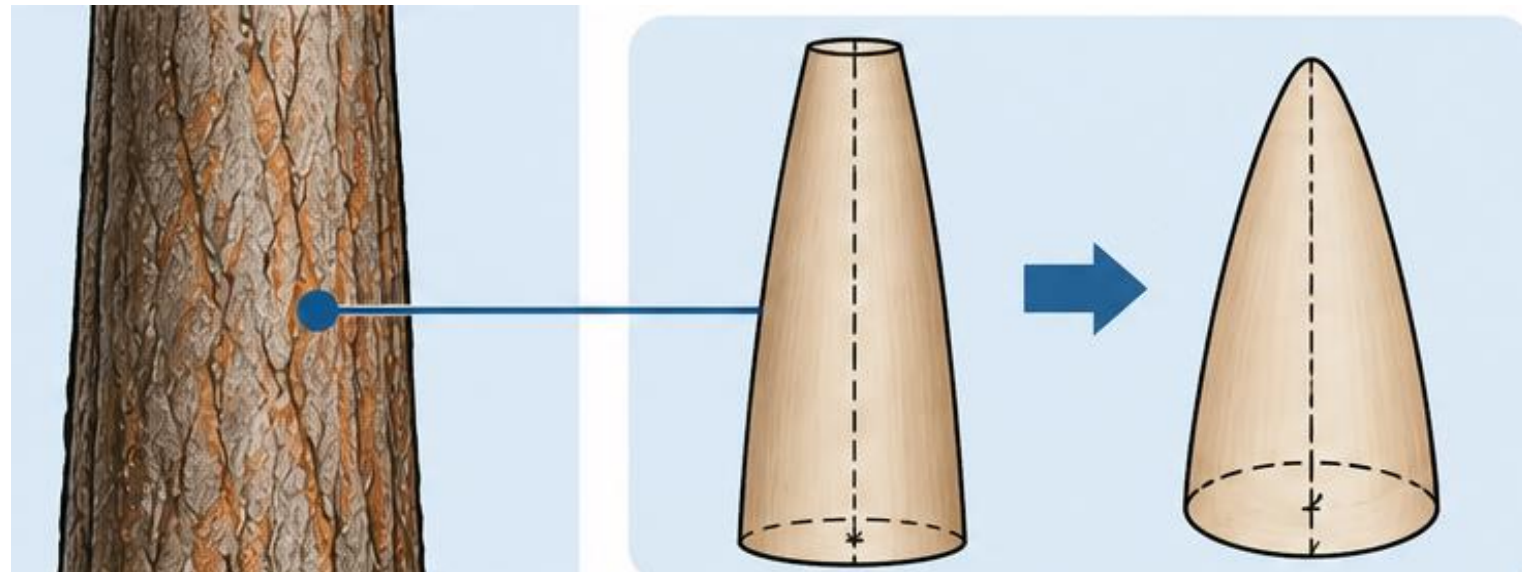
Розташована безпосередньо біля основи дерева.
Характеризується значним діаметром, прикореневими напливами та швидким зменшенням діаметра.
За формою може наближатися до **нейлоїда**.



Геометричне представлення форми стовбура

Середня частина

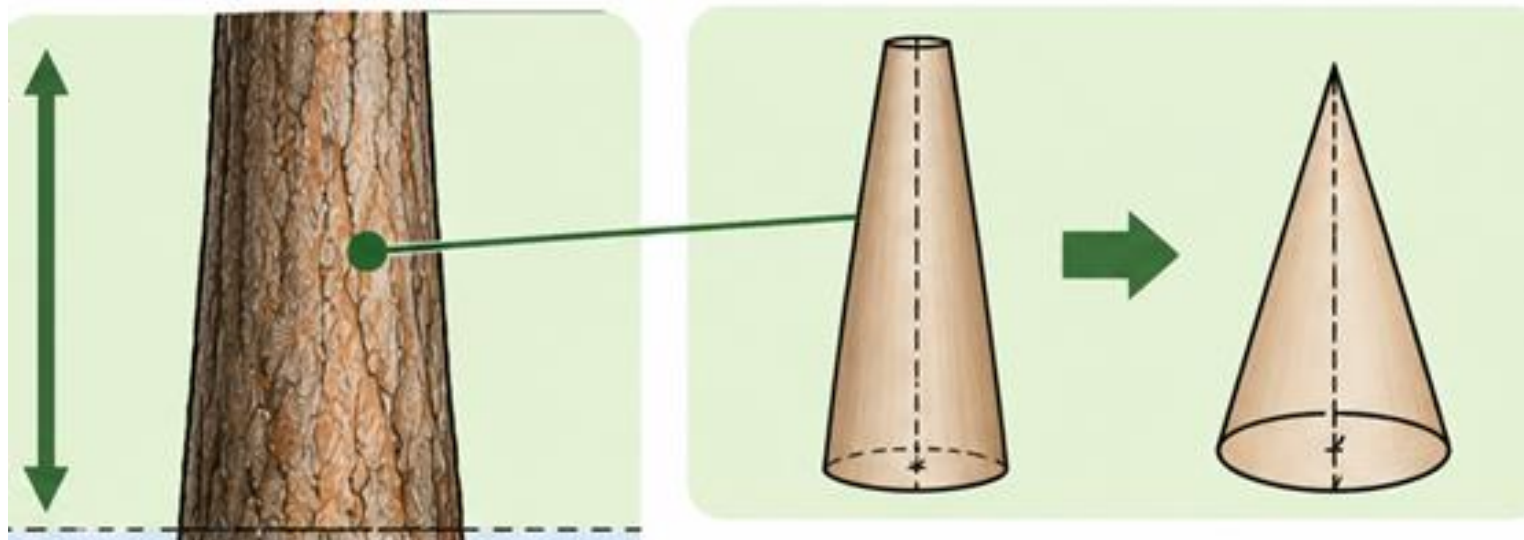
Діаметр зменшується більш рівномірно.
Її форму часто наближено порівнюють із **параболоїдом**.



Геометричне представлення форми стовбура

Верхівкова частина

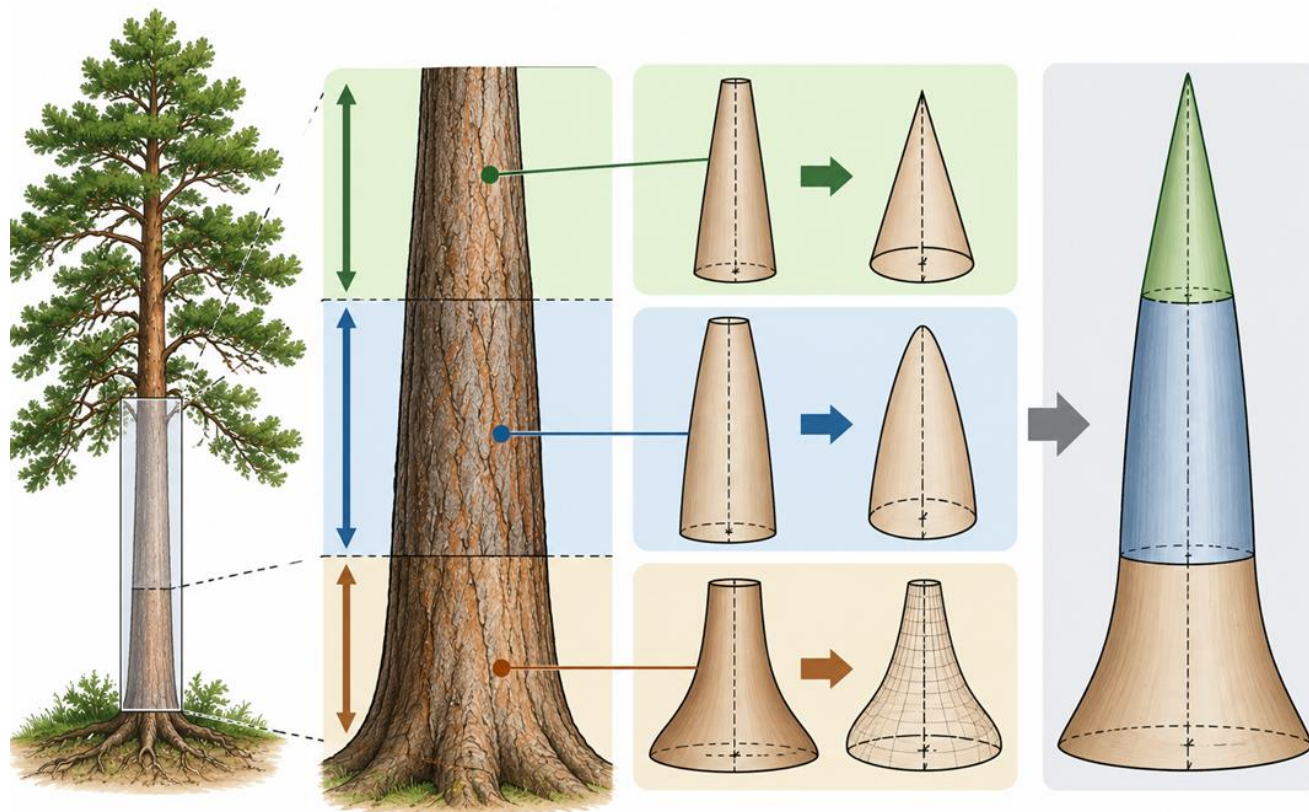
Характеризується швидким зменшенням діаметра до нуля.
За формою наближається до **конуса**.



Геометричне представлення форми стовбура

Отже, реальний стовбур можна умовно представити як поєднання: **нейлоїд** → **параболоїд** → **конус**.

Але це лише математичне наближення. Реальна форма залежить від породи, віку, умов росту, густоти насадження та інших факторів.



Що впливає на форму стовбура?

На форму дерева впливають:

- ✓ деревна порода;
- ✓ вік;
- ✓ густота деревостану;
- ✓ повнота насадження;
- ✓ освітленість;
- ✓ положення дерева у деревостані;
- ✓ ґрунтові умови;
- ✓ вітрове навантаження;
- ✓ пошкодження;
- ✓ лісогосподарські заходи.

Наприклад, дерево, яке росте у **густому насадженні**, часто має відносно довгий і повнодеревний стовбур. Дерево, яке росте **на відкритому просторі**, може мати сильніший збіг, нижче розташовану крону і значно більший діаметр у нижній частині.

Збіг стовбура

Збіг стовбура характеризує зменшення його діаметра зі збільшенням висоти.

Простіше:

збіг = інтенсивність звуження стовбура

на висоті 1,3 м:

$$d_1 = 40 \text{ см};$$

на висоті 6,3 м:

$$d_2 = 34 \text{ см.}$$

На ділянці довжиною:

$$l = 5 \text{ м}$$

діаметр зменшився на:

$$40 - 34 = 6 \text{ см.}$$

Отже, середній збіг:

$$s = \frac{d_1 - d_2}{l}$$
$$s = \frac{40 - 34}{5} = 1,2 \text{ см/м.}$$

Абсолютний і відносний збіг

Абсолютний збіг

Показує фактичну зміну діаметра

$$S = d_1 - d_2.$$

Наприклад:

$$S = 40 - 34 = 6 \text{ см.}$$

Середній збіг на одиницю довжини

$$s = \frac{d_1 - d_2}{l}.$$

Відносний збіг

Дозволяє оцінювати зміну діаметра відносно початкового діаметра

$$s_{\text{відн}} = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100\%.$$

Для нашого прикладу:

$$s_{\text{відн}} = \frac{40 - 34}{40} \times 100 = 15\%.$$

Таким чином, на розглянутій частині стовбура його діаметр зменшився на **15 %**.

Повнодеревність і збіжистість

Повнодеревний стовбур

Діаметр зменшується відносно повільно.

Схематично:

| | → | | → //

Такий стовбур має відносно великий об'єм при заданих висоті та діаметрі.

Збіжистий стовбур

Діаметр швидко зменшується в напрямку верхівки.

Схематично:

* | | → /\ → /*

Тому:

менший збіг → більша повнодеревність;

більший збіг → більша збіжистість.

Це має безпосереднє практичне значення для визначення об'єму та можливого виходу сортиментів.

Вимірювання діаметра стовбура

Для вимірювання діаметра ростучих дерев найчастіше використовують:

- ✓ мірну вилку;
- ✓ діаметромірну стрічку;
- ✓ електронні діаметроміри.

Найпоширенішим польовим приладом залишається **мірна вилка**.





Чому одного вимірювання може бути недостатньо?

Поперечний переріз дерева рідко являє собою ідеальне коло.

Він може бути:

- ✓ овальним;
- ✓ неправильної форми;
- ✓ деформованим.

Тому для підвищення точності діаметр можна вимірювати у **двох взаємно перпендикулярних напрямках**.

Наприклад:

$$d_1 = 31 \text{ см};$$

$$d_2 = 33 \text{ см.}$$

Середній діаметр:

$$d_{\text{сер}} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$d_{\text{сер}} = \frac{31 + 33}{2} = 32 \text{ см.}$$

Для подальших розрахунків використовують:

$$d = 32 \text{ см}$$

Вимірювання діаметромірною стрічкою

Іншим методом є визначення окружності стовбура.



Спочатку вимірюють:

$$C$$

— довжину окружності.

Відомо:

$$C = \pi d.$$

Звідси:

$$d = \frac{C}{\pi}.$$

Приклад

Окружність стовбура:

$$C = 100,5 \text{ см.}$$

Тоді:

$$d = \frac{100,5}{3,1416} \approx 32,0 \text{ см.}$$

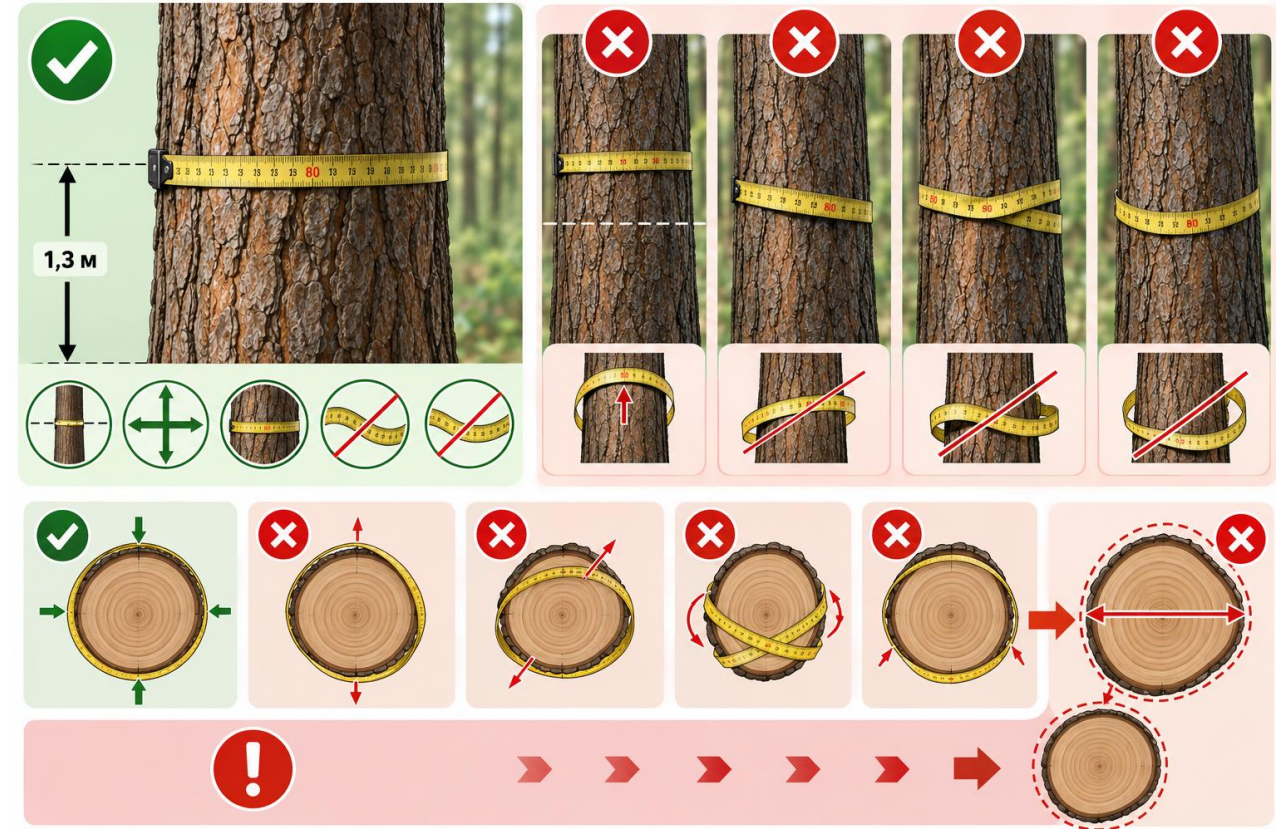
Спеціальні діаметромірні стрічки можуть мати шкалу, яка дозволяє одразу зчитувати діаметр.

Правильне положення стрічки

Стрічка повинна:

- ✓ проходити на встановленій висоті;
- ✓ бути перпендикулярною до осі стовбура;
- ✓ щільно прилягати до кори;
- ✓ не перекручуватися;
- ✓ не провисати.

Неправильне положення стрічки призводить до систематичного завищення результату.

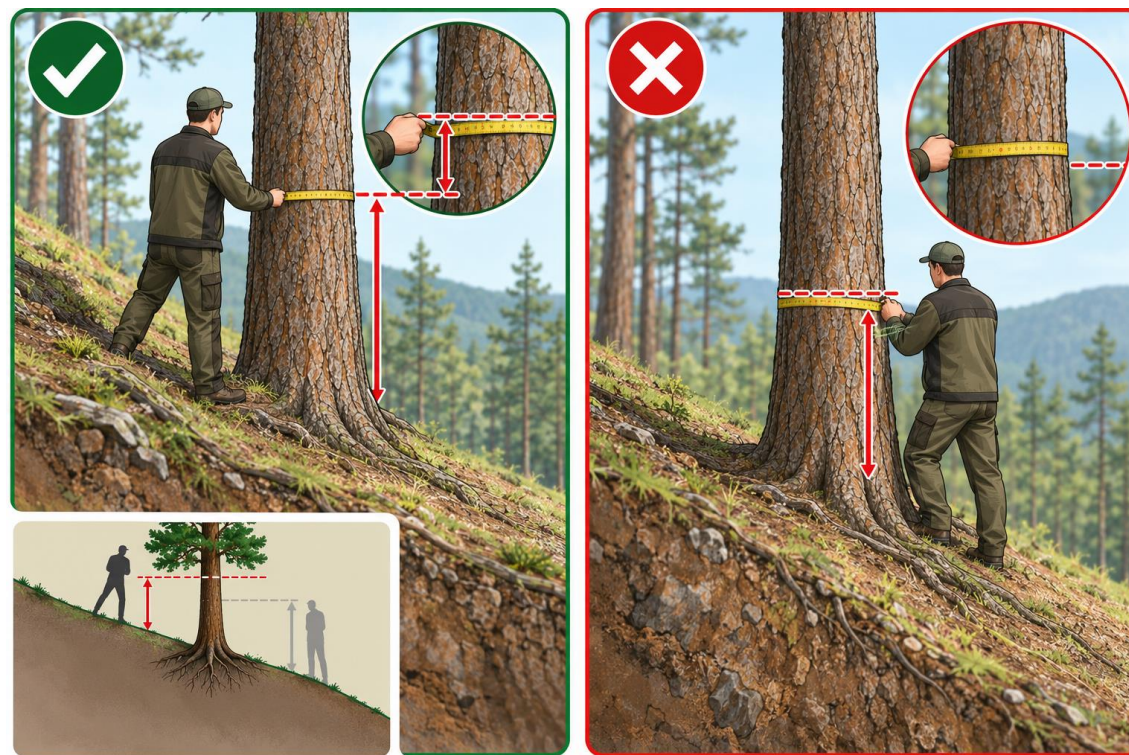


Особливі випадки вимірювання діаметра

Не всі дерева мають правильний стовбур, тому в польових умовах виникають особливі ситуації.

Дерево на схилі

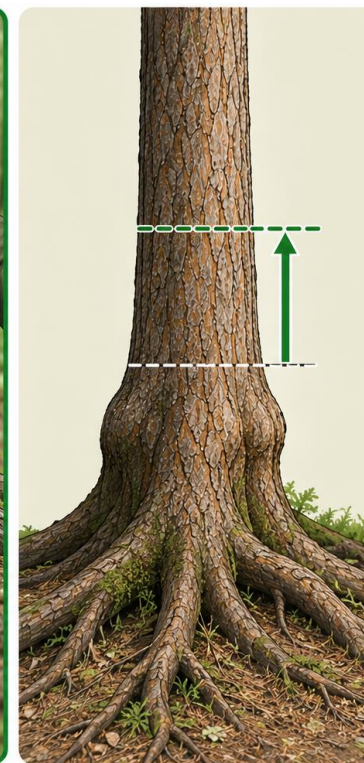
Для дерева, що росте на схилі, рівень 1,3 м визначають відповідно до прийнятої методики польових вимірювань, як правило, орієнтуючись на **верхній бік схилу**.



Дерево з прикореневим напливом

Якщо деформація або наплив знаходиться саме на стандартній висоті вимірювання, вимірювати діаметр безпосередньо по напливу не можна.

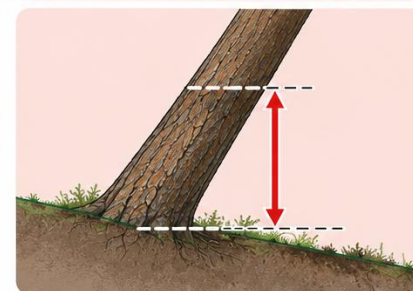
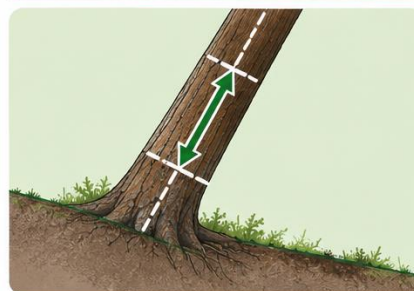
Інакше буде отримано завищений результат. У такому випадку місце вимірювання переносять на ділянку стовбура, де його форма є більш типовою, із обов'язковою фіксацією фактичної висоти вимірювання.



Нахилене дерево

Для нахиленого дерева висоту розташування точки вимірювання визначають **уздовж осі стовбура**, а не просто вертикально від поверхні землі.

Це важливо, оскільки стандарт 1,3 м повинен характеризувати однакову відстань уздовж нижньої частини стовбура.



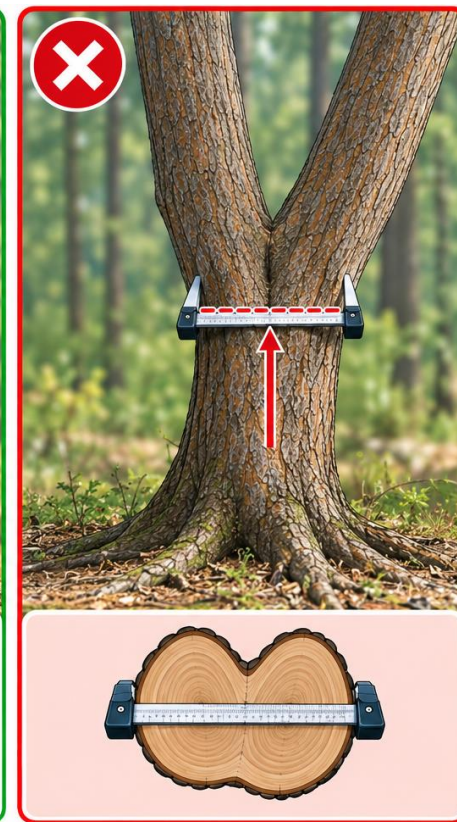
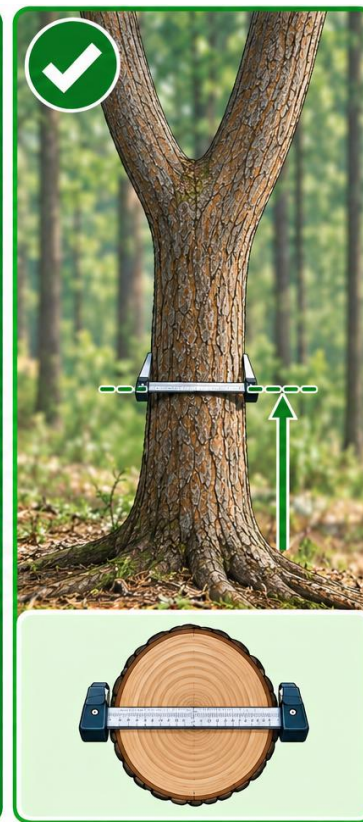
Розвилка стовбура

Особливої уваги потребують дерева, що розгалужуються.

Принципово важливо встановити, де знаходиться місце розвилки відносно стандартної висоти вимірювання.

Якщо стовбур розділяється нижче точки стандартного обміру, окремі стовбури можуть розглядатися як самостійні об'єкти вимірювання відповідно до застосовуваної методики.

Якщо розвилка розташована вище, дерево до місця розгалуження розглядають як один стовбур.



Вимірювання діаметрів зрубаного стовбура

Для зрубаного дерева можна безпосередньо вимірювати діаметри в різних точках уздовж його довжини.

Відстань від окоренка, м	Діаметр, см
-----------------------------	-------------

0	46
---	----

2	41
---	----

4	38
---	----

6	35
---	----

8	31
---	----

10	27
----	----

12	21
----	----

14	12
----	----

За такими даними можна побудувати
поздовжній профіль стовбура.

Це дозволяє оцінити:

- ✓ збіг;
- ✓ форму;
- ✓ об'єм;
- ✓ розподіл деревини за товщиною;
- ✓ потенційний вихід сортиментів.

Вимірювання висоти ростучого дерева

На відміну від діаметра, висоту великого дерева безпосередньо виміряти складніше.

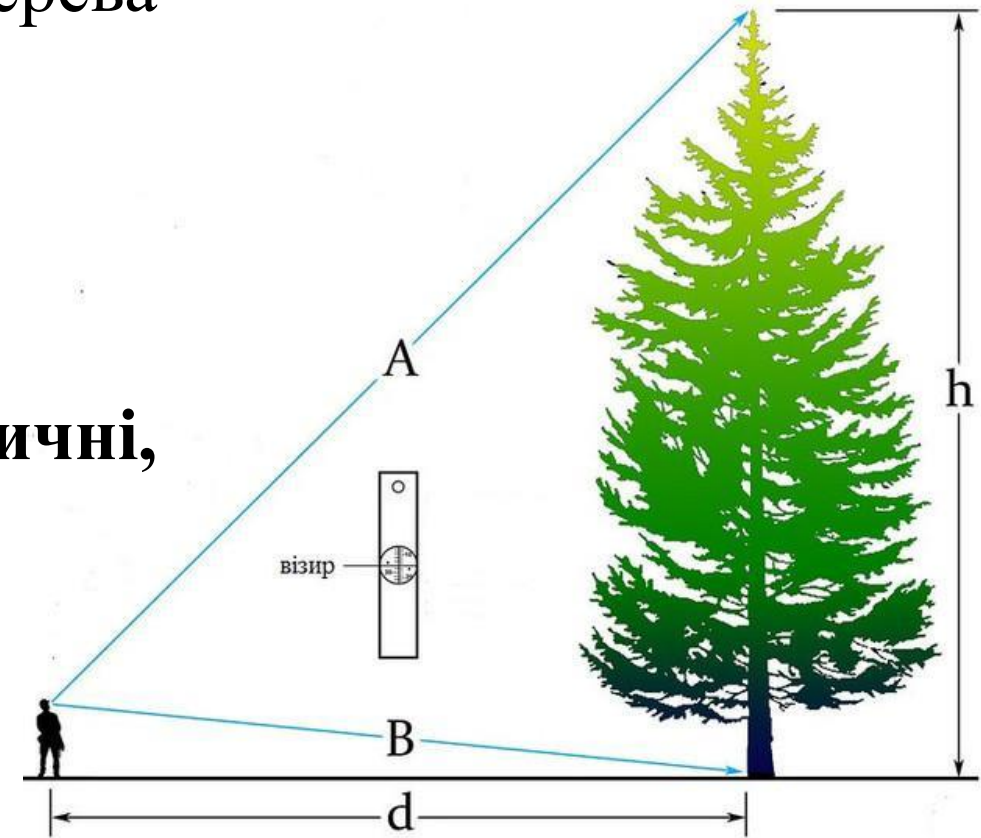
Методи можна розділити на:

прямі → **безпосереднє визначення;**

непрямі → **геометричні, тригонометричні, оптичні та електронні методи.**

У сучасній практиці використовують:

- ✓ висотоміри;
- ✓ клінометри;
- ✓ лазерні далекоміри;
- ✓ електронні висотоміри.



Тригонометричний метод визначення висоти

Принцип ґрунтується на побудові прямокутного трикутника.

Вимірюють:

- ✓ горизонтальну відстань до дерева L ;
- ✓ кут на верхівку α ;
- ✓ за необхідності - кут на основу дерева.

Для спрощеного випадку, коли основа дерева знаходиться приблизно на рівні спостерігача:

$$h = L \tan \alpha + h_0,$$

де:

L - горизонтальна відстань;

α - кут до верхівки;

h_0 - висота приладу або очей спостерігача.

Приклад

Відстань:

$$L = 20 \text{ м.}$$

Кут:

$$\alpha = 45^\circ.$$

Висота очей:

$$h_0 = 1,6 \text{ м.}$$

Оскільки:

$$\tan 45^\circ = 1,$$

то:

$$h = 20 \times 1 + 1,6 = 21,6 \text{ м.}$$

Отже:

$$h = 21,6 \text{ м}$$

Якщо основа дерева нижче рівня спостерігача

На схилі простого додавання висоти очей уже недостатньо.
Якщо вимірюються кути до верхівки та основи:



$$h = L(\tan \alpha + \tan \beta),$$

де:

α — кут до верхівки;

β — кут вниз до основи.

Наприклад:

$$L = 25 \text{ м};$$

$$\alpha = 35^\circ;$$

$$\beta = 5^\circ.$$

Тоді:

$$h = 25(\tan 35^\circ + \tan 5^\circ).$$

Приблизно:

$$h = 25(0,700 + 0,087)$$

$$h \approx 19,7 \text{ м}.$$

Вибір точки спостереження

Точність визначення висоти значною мірою залежить від правильного вибору місця спостерігача.

Необхідно:

- ✓ добре бачити верхівку;
- ✓ бачити основу дерева;
- ✓ відійти на достатню відстань;
- ✓ правильно визначити горизонтальну відстань;
- ✓ не переплутати верхівку потрібного дерева із сусіднім.

Поширена помилка:

спостерігач стоїть занадто близько до високого дерева.

У цьому випадку кут до верхівки стає дуже великим, а невелика похибка у визначенні кута може суттєво впливати на результат.

Лазерні висотоміри

Сучасні електронні прилади можуть автоматично визначати:

- ✓ відстань до дерева;
- ✓ кут нахилу;
- ✓ висоту;
- ✓ горизонтальну відстань.

Оператор зазвичай послідовно наводить прилад на основу та верхівку дерева.



Вимірювання довжини зрубаного стовбура

Після звалювання дерева довжину можна визначити безпосередньо.

Використовують:

- ✓ рулетку;
- ✓ мірну стрічку;
- ✓ мірну рейку;
- ✓ електронні засоби.

Вимірювання виконують **уздовж стовбура**.

Для викривленого стовбура важливо розуміти, який саме показник необхідний: пряма відстань між кінцевими точками чи фактична довжина вздовж осі стовбура.

Похибка вимірювань

Жодне вимірювання не є абсолютно точним.

Результат можна представити:

$$X_{\text{вим}} = X_{\text{іст}} \pm \Delta.$$

де:

$X_{\text{вим}}$ — отриманий результат;

$X_{\text{іст}}$ — істинне значення;

Δ — похибка.

У польових умовах істинне значення зазвичай невідоме, тому завдання полягає в мінімізації похибки.

Абсолютна похибка

$$\Delta X = |X_{\text{вим}} - X_{\text{іст}}|.$$

Наприклад:

істинний діаметр:

$$d = 30,0 \text{ см};$$

виміряний:

$$d = 30,5 \text{ см.}$$

Тоді:

$$\Delta d = |30,5 - 30,0| = 0,5 \text{ см.}$$

Відносна похибка

Відносна похибка:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X} \times 100\%.$$

Для попереднього прикладу:

$$\delta = \frac{0,5}{30} \times 100$$

$$\delta \approx 1,67\%.$$

Отже, відносна похибка становить приблизно:

$1,7\%$

Основні види похибок

Систематичні

Повторюються в одному напрямку. Наприклад, пошкоджена мірна вилка постійно завищує діаметр на 0,5 см.

Випадкові

Змінюються непередбачувано. Наприклад, при повторних вимірюваннях отримано: 31,8; 32,1; 31,9; 32,0 см.

Грубі

Виникають через явну помилку виконавця.

Наприклад:

- ✓ переплутано дерево;
- ✓ неправильно прочитано шкалу;
- ✓ замість 32 см записано 23 см;
- ✓ виміряно не на тій висоті.

Джерела похибок

Похибки можна умовно розділити на чотири групи:

прилад → оператор → об'єкт → умови вимірювання.



Чому похибка діаметра особливо важлива?

Повернемося до:

$$g = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Діаметр входить у формулу у **квадраті**.

Розглянемо дерево з реальним діаметром:

$$d = 30 \text{ см.}$$

Площа:

$$g \approx 0,0707 \text{ м}^2.$$

Припустимо, діаметр помилково визначено:

$$d = 31 \text{ см.}$$

Тоді:

$$g = \frac{\pi \times 0,31^2}{4} \approx 0,0755 \text{ м}^2.$$

Діаметр збільшився лише на:

$$\frac{1}{30} \times 100 \approx 3,3\%.$$

А площа перерізу збільшилася приблизно на:

$$\frac{0,0755 - 0,0707}{0,0707} \times 100 \approx 6,8\%.$$

Це дуже важливий практичний висновок:

похибка діаметра посилюється при розрахунку площі перерізу



Як похибки переходять у визначення об'єму?

У спрощеному вигляді об'єм стовбура можна представити:

$$V = g_{1,3} \times h \times f,$$

де:

$g_{1,3}$ — площа перерізу на висоті 1,3 м;

h — висота;

f — видове число, що враховує форму стовбура.

Таким чином, результат залежить одразу від:

$$d, \quad h, \quad f.$$

Помилися в діаметрі → помилися у g .

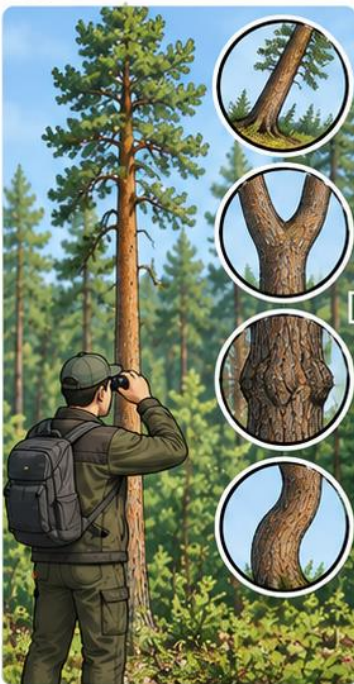
Помилися у висоті → помилися у V .

Неправильно врахували форму → знову отримали неправильний V .

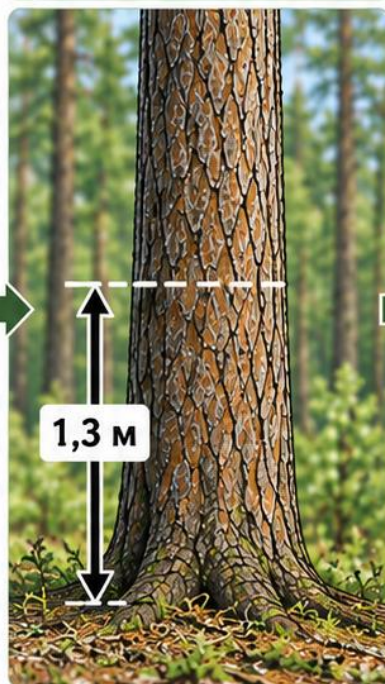
Саме тому **якість вихідних польових вимірювань визначає якість усіх наступних таксаційних розрахунків.**

1

Оглянути дерево



2

Визначити місце
вимірювання діаметра

3

Виміряти діаметр

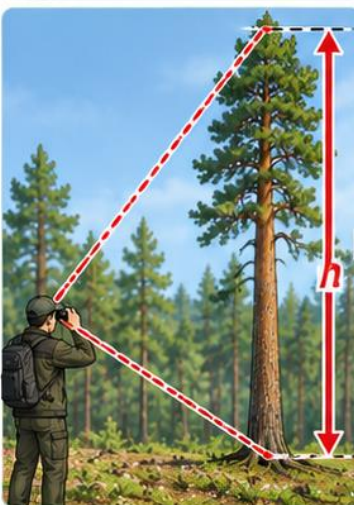


4

Вибрати позицію
для визначення висоти

5

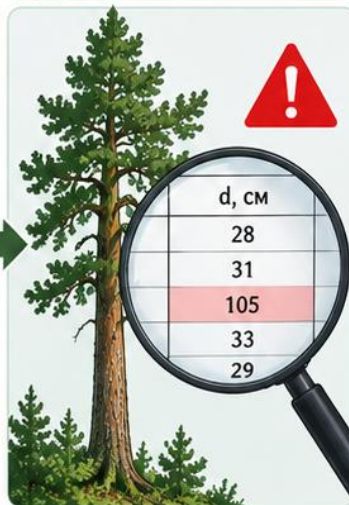
Визначити висоту



6

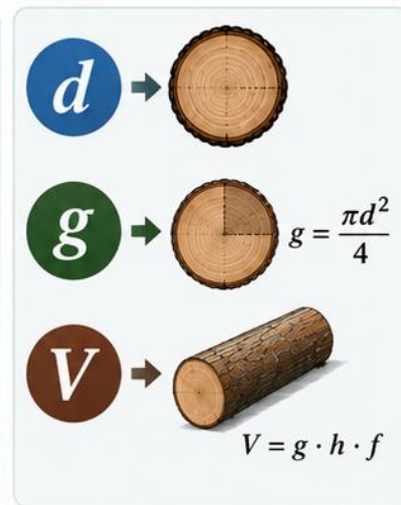
Записати результати
у польову відомість

7

Перевірити
аномальні значення

8

Виконати розрахунки



Взаємозв'язок показників стовбура

