

- УДК 630*5

А. А. СТРОЧИНСЬКИЙ¹, В. В. МИРОНЮК², В. А. СВИНЧУК³

МОДЕЛІ РОЗМІРНО-ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ ДЕРЕВНОГО ЗАПАСУ ПЕРЕСТИГЛИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ЛІСІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ І ЗЕЛЕНИХ ЗОН

Узагальнено результати досліджень розмірно-якісної структури деревного запасу перестиглих соснових насаджень лісів населених пунктів і зелених зон. Із метою опрацювання нових нормативів для матеріального оцінювання деревини встановлено закономірності зміни видових чисел стовбурів сосни та особливості співвідношення між висотою та діаметром дерев у насадженнях. Отримані математичні моделі було покладено в основу нормативів об'єму дерев із двома входами, розрядних об'ємних та сортиментних таблиць. Розроблення нормативів товарності деревостанів виконано на основі сучасних математичних методів моделювання таксаційної будови насаджень щодо встановлення закономірностей розподілу діаметра ділових і дров'яних дерев за ступенями товщини з використанням опрацьованих нормативів розмірно-якісної структури об'єму ділових стовбурів. Під час розроблення моделей було узагальнено вихідну інформацію, представлену результатами таксації значної кількості пробних площ та матеріалами відведення лісосік у виробничих умовах. Результати верифікації моделей засвідчили їх цілковиту відповідність об'єкту досліджень.

Ключові слова: зелена зона, матеріальна оцінка деревини, модель, нормативи, запас деревостану, розмірно-якісна структура, сортиментні таблиці, товарність.

¹ **Анатолій Адольфович СТРОЧИНСЬКИЙ** – дійсний член ЛАН України, член-кореспондент Української академії аграрних наук, доктор сільсько-господарських наук, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. Тел.: 097-351-33-02.

² **Віктор Валентинович МИРОНЮК** – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. Тел.: 097-406-59-79. E-mail: victormy@ukr.net.

³ **Віктор Адамович СВИНЧУК** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. Тел.: 067-502-96-61. E-mail: viktor_sv_lgf@meta.ua.

Постановка питання. У сучасних умовах соціально-екологічне та господарське значення лісів населених пунктів і зелених зон невіддільно зростає. Вони виконують важливі оздоровчі, захисні та рекреаційні функції і є місцем відпочинку населення. Тривалий час у таких лісах були заборонені рубання головного користування, що призвело до їхнього старіння та погіршення санітарного стану. У зв'язку з цим питання реконструкції та оптимізації вікової структури лісопарків, лісових насаджень рекреаційно-оздоровчого призначення, розташованих навколо міст, є особливо актуальним.

Під час виконання робіт з реконструкції перестиглих соснових деревостанів лісів зелених зон неминуче виникає потреба в уточненні методів оцінки заготовленого запасу деревини, основою яких є надійне нормативно-інформаційне забезпечення. Тривалий виробничий досвід засвідчив, що використання чинних сортиментних [4] і товарних таблиць [2, 3] для попереднього обліку деревини в зазначених насадженнях неминуче призводить до істотних помилок. Зазвичай, результати матеріально-грошової оцінки у цьому випадку характеризуються значним систематичним завищенням виходу ділової деревини. Ці розходження пояснюються, головним чином, особливостями розмірно-якісної структури стовбурів і таксаційної будови зазначеної категорії насаджень, які не враховані в чинних лісотаксаційних нормативах.

Таким чином, для забезпечення належного науково-методичного рівня матеріальної оцінки деревного запасу та прогнозування товарності перестиглих соснових деревостанів лісів населених пунктів і зелених зон потрібно розробити нові нормативи, які враховують реальні біометричні параметри дерев і таксаційну будову деревостанів.

Обсяг та характеристика вихідних даних. Із метою вирішення поставленого завдання в перестиглих соснових деревостанах зазначеної категорії лісів було виконано збір вихідної інформації та створено масив науково-дослідних даних, які характеризують біометричні параметри значної кількості модельних дерев, їхню розмірно-якісну структуру та особливості розподілу дерев за ступенями товщини.

Основу первинної інформації для вивчення особливостей повнодеревності стовбурів і моделювання їхнього об'єму становили результати перелікової таксації на 29 тимчасових пробних площах із рубанням 421 модельних дерев. Безпосередньо для визначення розмірно-якісної структури деревини було відібрано 21 пробну площу, що є найтипівішими для досліджуваної категорії деревостанів. Їх було закладено в перестиглих соснових деревостанах Дарницького та Святошинського лісопаркових господарств м. Києва (за участі доц. О.А. Гірса) і відповідних насадженнях ВП НУБіП України "Боярська ЛДС", які належать до зеленої зони столиці. Масив вихідних даних щодо таксаційної будови деревостанів був доповнений виробничими матеріалами відведення лісових насаджень для рубання. Всього було використано 110 дослідних ділянок.

Збір первинної інформації здійснювали за класичними в лісовій таксації методиками і полягав у безпосередньому визначенні біометричних параметрів модельних дерев, потрібних для визначення їхнього

об'єму та розмірно-якісної структури деревини. Більшість пробних площ було закладено в чистих високопродуктивних перестиглих соснових деревостанах віком від 121 до 170 років. Після первинного оброблення зібраних даних отримано повну таксаційну характеристику пробних площ та інформацію про модельні дерева, потрібну на різних етапах дослідження. У результаті було сформовано робочий масив науково-дослідної інформації із таких таксаційних показників: d – діаметр дерева на висоті 1,3 м; h – висота дерева; f_c – старе видове число; $P_{діл}$, $P_{дох}$, $P_{дрв}$, $P_{рб}$, $P_{рбд}$, $P_{рбдб}$ – відсотки ділової деревини, відходів, дров від загального об'єму стовбура та грубої, середньої й дрібної деревини від об'єму ділової відповідно.

Із метою узагальнення інформації щодо закономірностей розподілу діаметра для кожної дослідної ділянки було встановлено середній діаметр (D), коефіцієнти мінливості діаметра загальної кількості дерев (V), ділових (V') та дров'яних (V'') стовбурів, частка ділових дерев (P'), мінімальні (R_1) і максимальні (R_2) редуційні числа, показники асиметрії (A) та ексцесу (E). Аналіз відповідних статистичних показників засвідчив, що у переважній більшості випадків (понад 70 %) може бути прийнято гіпотезу про відповідність вибірових розподілів кривій β -розподілу.

Методика роботи та основні результати. Відомо, що основним нормативом, який використовується під час матеріальної оцінки запасу деревини, є розрядні сортиментні таблиці. Тривалий виробничий досвід підтверджує зручність і практичну доцільність таксації лісових насаджень за розрядами висот. У зв'язку з цим, аналіз співвідношення між висотами та діаметрами дерев у насадженні є досить принциповим у методичному аспекті питанням.

Із метою розроблення математичної моделі співвідношення висот і діаметрів дерев було виконано статистичний аналіз відносних значень висоти i -го ступеня товщини для кожної пробної площі, які обчислювали за формулою:

$$h_{ik}^{\bar{a}i} = \frac{h_{ik}}{h_{i0}^{\bar{a}i}}, \quad (1)$$

де: $h_{ik}^{\bar{a}i}$ – відносне значення висоти i -го ступеня товщини k -ої пробної площі; h_{ik} – абсолютна висота i -го ступеня товщини k -ї пробної площі, м; $h_{i0}^{\bar{a}i}$ – висота базового ступеня товщини, м.

Від вибору $h_{i0}^{\bar{a}i}$ значною мірою залежить мінливість відносної висоти в насадженні і, як наслідок, точність математичної моделі. У зв'язку з цим, за базове значення було прийнято середню висоту ступеня товщини 40 см, оскільки в переважній більшості випадків для перестиглих деревостанів цей ступінь є близьким до значення середнього діаметра, а середня висота сукупності дерев у ньому буде визначатись із відносно невеликою похибкою.

На основі обчислених за формулою (1) значень відносних висот було встановлено їхні середні значення для кожного ступеня товщини. Виявилось, що ці показники за сталих значень діаметра характеризуються незначною мінливістю, яка, зазвичай, не перевищує 5 %. Висока однорідність отриманих даних дала змогу розробити для всього дослідного масиву єдину математичну модель відносної висоти:

$$h^{dai} = 1,0 + \frac{d - 40}{33,26 + 2,695 \cdot d} \quad (2)$$

Рівняння (1) досить вдало вирівнює вихідні дані, а також має принципову перевагу над іншими аналітичними виразами кореляційного характеру, оскільки для дерев діаметром 40 см значення h^{dai} становить 1,00. Модельні значення відносної висоти наведені в табл. 1.

Табл. 1. Значення відносної висоти дерев у перестиглих соснових деревостанах

Діаметр, см	Вихідні дані		Модельне значення	Діаметр, см	Вихідні дані		Модельне значення
	середнє значення	коефіцієнт мінливості, %			середнє значення	коефіцієнт мінливості, %	
12	0,570	17,9	0,573	52	1,068	2,8	1,069
16	0,685	12,4	0,686	56	1,085	3,6	1,087
20	0,777	7,9	0,771	60	1,096	3,7	1,103
24	0,842	6,6	0,837	64	1,113	4,3	1,117
28	0,891	4,9	0,890	68	1,128	4,7	1,129
32	0,933	2,8	0,933	72	1,143	5,3	1,141
36	0,970	1,3	0,969	76	1,154	5,6	1,151
40	1,000	0,0	1,000	80	1,172	4,6	1,161
44	1,026	1,1	1,026	84	1,168	1,7	1,169
48	1,048	2,1	1,049	88	1,177	2,1	1,178

Під час побудови розрядної шкали значення висоти базового ступеня товщини, а також величина розрядів були узгоджені з чинними сортиментними таблицями [4]. При цьому для визначення абсолютних значень висоти (h_i) кожного розряду використано співвідношення (3):

$$h_i = h^{dai} \cdot h_i^{dai} \quad (3)$$

Виявилося, що охопити весь діапазон варіювання висоти об'єкта досліджень можна за допомогою семи розрядів, найнижчий із яких четвертий.

Із метою моделювання об'єму деревних стовбурів вивчали закономірності зміни їхніх видових чисел. Враховуючи слабку кореляцію цих показників із висотою дерева, використали залежність видових чисел від діаметра. Для всього масиву вихідних даних середньоквадратична помилка рівняння (4) становила лише 6,2 %.

$$f = (352,1 + 534,3 \cdot d^{-0,4546}) \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

На основі математичних залежностей 1-4 було розроблено два види нормативів об'єму стовбурів сосни в перестиглих деревостанах: таблиці з двома входами та розрядні об'ємні таблиці.

Моделювання показників розмірно-якісної структури стовбурів здійснювали відповідно до методики, яку кафедра лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України впродовж тривалого часу використовує для вирішення подібних задач. Відповідно до неї, закономірності розподілу загального об'єму стовбурів на окремі категорії вивчали у відносних величинах, мінливість яких завжди значно менша порівняно із абсолютними. При цьому використано два види математичних рівнянь:

$$P_i = a_0 + a_1 \cdot e^{a_2 \cdot d}, \quad (5)$$

$$P_i = a_0 + a_1 / (d + a_2), \quad (6)$$

де: P_i – частка відповідної розмірно-якісної категорії деревини, %; a_0, a_1, a_2 – параметри рівняння.

Параметри розроблених математичних моделей, а також області їх визначення наведено в табл. 2.

Табл. 2. Характеристика математичних моделей розмірно-якісної структури деревини

Частка об'єму розмірно-якісної категорії деревини	Тип рівняння	Область визначення рівняння, см	Параметри рівняння		
			a_0	a_1	a_2
P_{d1}	5	$12 \leq d \leq 36$	0,9655	1,7696	-0,05524
P_{d2}	6	$36 \leq d \leq 100$	68,38	94,492	-21,73
P_{d3}	5	$12 \leq d \leq 100$	7,70	62,516	-0,0898
$P_i = a_0 + \frac{a_1}{d + a_2}$	–	$12 \leq d \leq 100$	–	–	–
P_{d4} (0 за $d < 32$ см; 100 за $d > 64$ см)	6	$32 \leq d < 64$	111,80	438,71	-26,89
$P_i = a_0 + \frac{a_1}{d + a_2}$	–	$12 \leq d \leq 100$	–	–	–
P_{d5} (100 за $d < 20$ см; 0 за $d > 32$ см)	5	$20 < d \leq 32$	-2,79	401,82	-0,1457

Однією з особливостей розмірно-якісної структури деревного запасу перестиглих соснових деревостанів лісів населених пунктів і зелених зон є незначна протяжність ділової частини стовбурів, що пояснюється їхньою фауністю. В середньому значення відсотка ділової деревини для дерев досліджуваної категорії насаджень становить близько 70 %, що значно менше, ніж в експлуатаційних лісах. Як наслідок, у дерев діаметром понад 32 см дрібної деревини взагалі немає (рис. 1).

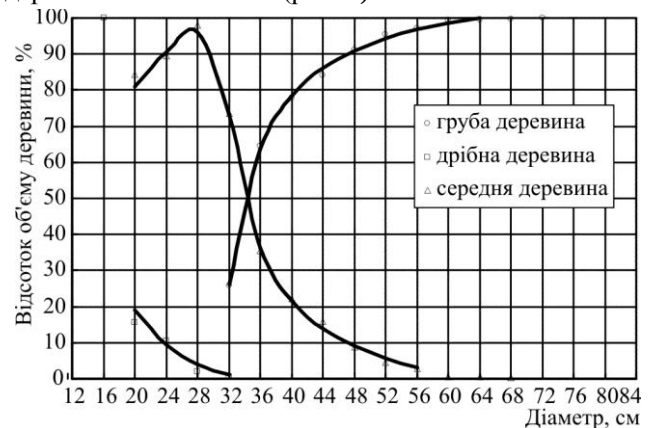


Рис. 1. Розмірно-якісна структура об'єму ділової деревини стовбурів соснових дерев

Розроблені математичні моделі було покладено в основу сортиментних таблиць, які рекомендують для практичного використання у разі їх офіційного затвердження з метою визначення запасів заготовленої деревини виключно у перестиглих соснових деревостанах лісів населених пунктів і зелених зон. Вони також є основою для опрацювання нормативів товарності цих насаджень.

Із метою побудови товарних таблиць моделювання емпіричних рядів розподілу стовбурів дерев у насадженні здійснювали за допомогою функції β -розподілу. Зручність і надійність такого методичного підходу [1] неодноразово підтверджено в нормативах товарності лісостанів, опрацьованих для інших об'єктів таксації [5, 6]. Для цього було використано попередньо

розроблені математичні моделі основних показників, що визначають особливості розподілу дерев за діаметром залежно від частки ділових стовбурів у насадженні, а саме для:

- коефіцієнта мінливості діаметра дерев у насадженні

$$V = 16,35 + 0,8446 \cdot 10^6 \cdot D^{-3,2724}; \quad (7)$$

- мінімального та максимального редуційних чисел

$$R_1 = 0,618 - 1,875 \cdot 10^3 \cdot D^{-2,665}; \quad (8)$$

$$R_2 = 1,416 + 4,834 \cdot 10^4 \cdot D^{-3,276}; \quad (9)$$

- відношення мінливості діаметра ділових (W') і дров'яних (W'') стовбурів до мінливості діаметра усіх дерев у деревостані

$$W' = 0,885 + 0,0933 \cdot (P'/100); \quad (10)$$

$$W'' = 0,95 + 0,192 \cdot (P'/100). \quad (11)$$

Використовуючи зазначену вище методику та моделі (7)-(11) було отримано узагальнені ряди розподілу дерев. Розподіл загальної кількості стовбурів за ступенями товщини залежно від величини середнього діаметра деревостану в графічному вигляді подано на рис. 2.

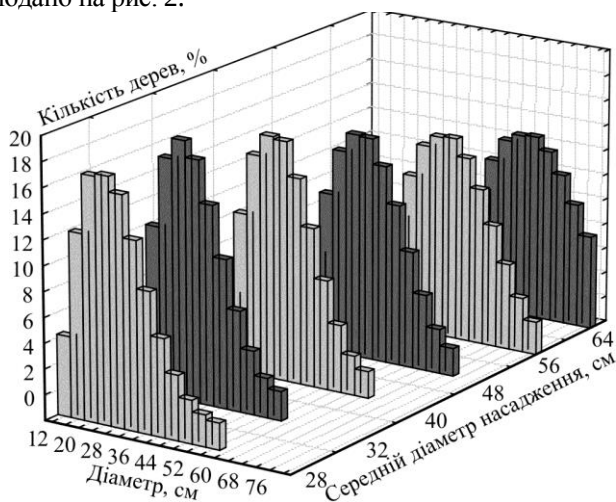


Рис. 2. Графічна ілюстрація моделі розподілу кількості стовбурів за ступенями товщини

За результатами статистичної перевірки математичних моделей, що визначають розподіл дерев за ступенями товщини, встановлено низку важливих закономірностей, характерних для об'єкта досліджень. Зокрема, можна стверджувати, що зі збільшенням середнього діаметра деревостану, а відповідно і віку, діапазон діаметрів збільшується. При цьому зменшується концентрація стовбурів у центральних ступенях товщини, а теоретична крива β -розподілу стає менш випуклою в центральній частині. Проте, порівняно з стиглими лісовими насадженнями, діапазон діаметрів на 3-4 ступені товщини менший.

Опрацювання нормативів товарності перестиглих соснових деревостанів виконано з використанням сучасного прикладного забезпечення та спеціальних комп'ютерних програм. В їхню основу покладено математичні моделі розподілу дерев за ступенями товщини та розмірно-якісної структури об'єму стовбурів. За формою розроблені нормативи узгоджені з чинними товарними таблицями для основних лісоутворювальних порід України. Входами до них є середній діаметр насадження та частка ділових дерев, який подано з градацією 10 %. Згідно з вихідними даними, значення цих показників перебуває в межах 28-

68 см для діаметра та 15-95 % – для відсотка ділових дерев.

Із метою оцінки точності розроблених нормативів, було виконано матеріальну оцінку деревини на 14 пробних площах, закладених у лісопаркових господарствах м. Києва. Отримані помилки під час визначення загальних запасів деревостанів та ділової деревини в середньому не перевищують 5 %. Дещо вищі розходження характерні для окремих розмірних категорій ділової деревини, хоча в більшості випадків вони не перевищують 10 %.

Таким чином, на відміну від чинних нормативів, які систематично завищують вихід ділової деревини більше ніж на 20 %, нові сортиментні таблиці істотно підвищують точність матеріально-грошової оцінки дослідних деревостанів. Подібні результати було виявлено також під час порівняння розроблених товарних таблиць із відповідними нормативами, що використовуються у практиці лісовпорядного проектування [2]. Порівняно з чинними нормативами, розроблені товарні таблиці мають важливу перевагу – дають можливість визначати розмірно-якісну структуру запасу за умови, якщо частка ділових стовбурів у насадженні становить менше ніж 55 %.

Висновки. За результатами виконаного дослідження вирішено важливе науково-практичне завдання – розроблено нові нормативи для матеріальної оцінки деревного запасу та прогнозу товарності перестиглих соснових деревостанів лісів населених пунктів і зелених зон. Після офіційного затвердження їх доцільно використовувати для визначення об'єму та розмірно-якісної структури деревини в зазначених лісових насадженнях, а також у практиці лісовпорядного проектування. Нові нормативи розроблено на основі значного за обсягом дослідного матеріалу з урахуванням фактичних біометричних параметрів дерев, їхньої розмірно-якісної структури та особливостей таксаційної будови деревостанів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кашпор С.М. Методичні основи складання нормативів динаміки товарної структури насаджень // Науковий вісник Національного аграрного університету : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НАУ. – 1999. – № 17. – С. 265-268.
2. Нормативи товарності деревостанів основних лісоутворювальних порід України. – К., 2004. – 28 с.
3. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. – К. : Вид-во "Урожай", 1987. – 560 с.
4. Сортиментные таблицы для таксации леса на корню. – К. : Вид-во "Урожай", 1984. – 629 с.
5. Строчинський А.А. Нормативи товарності запасу вирубуваної частини деревостанів / А.А. Строчинський, С.М. Кашпор, Л.М. Березівський // Аграрна наука і освіта. – 2000. – № 1. – С. 125-132.
6. Товарна структура деревостанів основних лісоутворювальних порід. – К., 2007. – 25 с.

A. A. Storchynskij, V. V. Myroniuk, V. A. Svyunchuk

MODELS FOR STANDING VOLUME ASSESSMENT IN OVERMATURE PINE STANDS OF INHABITED LOCALITIES AND GREEN ZONES

The paper presents results of investigation concerning complex standing volume assessment in overmature pine forests which grow in green zones around inhabited localities. For the purpose of new assortment yield tables compilation the peculiarities of form factors of pine stems have been established and the relation between tree height and diameter in stand has been simulated. The mathematical relationships between mentioned factors have been used for construction of 2-way volume tables (dbh and height), rank volume and assortment tables. These tables as well as mathematical models of tree

diameter distribution accordance with mean stand diameter and percentage of merchantable trees have been used to compile new tables for evaluation of standing volume merchantability. The modeled relationships are based on reliable initial data collected in corresponding pine forests that is approved by results of verification of constructed tables on local experimental test material.

Keywords: green zone, standing volume estimation, model, standards, volume tables, assortment tables, merchantability.

