

РОЗМІРНО-ЯКІСНА СТРУКТУРА СТОВБУРІВ ДЕРЕВ ЛИПИ У МОЛОДНЯКАХ І СЕРЕДНЬОВІКОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ

О.М. Сошенський, аспірант *

Виконано статистичний аналіз дослідних даних. Опрацьовано математичну модель відносних висот для молодняків і середньовікових липових деревостанів та побудовано розрядну шкалу висот. Проведено дослідження закономірностей зміни показників розмірно-якісної структури стовбурів дерев липи та розроблено їх математичні моделі. Використовуючи розрядну шкалу висот, моделі повнодеревності та розмірно-якісної структури стовбурів дерев побудовано розрядні сортиментні таблиці.

Об'єм, видове число, математична модель, розряд висот, ділова деревина, дрова, відходи, розмірно-якісна структура, сортиментні таблиці.

У лісогосподарській практиці таблиці для визначення запасу деревостану і його сортиментної структури набули широкого розповсюдження, зокрема під час виконання матеріально-грошової оцінки лісосіки.

Питанням сортиментної структури займалося багато видатних вчених: Д.І. Товстолес, Б.О.Шустов, М.В. Третьяков, О.В. Тюрін, М.П. Анучин, К.Є. Нікітін, А.А. Строчинський, П.І. Лакида, С.М. Кашпор та інші [1, 2, 5, 6, 8].

Першими нормативами, для визначення запасу насаджень, які здобули широке застосування на практиці, були німецькі масові таблиці Г.Ф. Гартіга (1804 р.). За ними об'єми визначалися на підставі даних про діаметр та висоту кожного дерева в насадженні.

В масових таблицях Союзліспрому крім даних про висоту та діаметр дерева враховували три категорії форми стовбурів: збіжисту, середню та повнодеревну, що приводило до ускладнення їх використання на практиці [1].

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор О.А.Гірс

М.П. Анучин, встановивши, що різні породи мають сталу величину середньої довжини ділової частини стовбура, використовував під час сортиментації стовбурів таблиці збігу [1].

До видання сортиментних таблиць К.Є. Нікітіна [5] матеріальна оцінка лісосік в Україні проводилась за нормативами Ф.П. Моїсеєнка [7], розробленими за дослідними даними інших авторів (для сосни – Д.І. Товстолесом, дуба – Б.О. Шустовим), які мали певні неточності, зокрема односторонньо завищували запас лісосік. Провівши перевірку нормативів Ф.П. Моїсеєнка К.Є. Нікітін обґрунтував доцільність розробки нових нормативів, які було опубліковано у 1984 році [5].

До нашого часу остаточний вигляд змісту і форми сортиментних таблиць не вирішений. Переважна більшість вчених наполягають на тому, що при розробці нормативів розмірно-якісної структури не обов'язково вказувати вихід промислових сортиментів за призначенням, а цілком достатньо розділяти об'єм ділової деревини за категоріями крупності (груба, середня та дрібна).

Мета досліджень – розробка розрядних таблиць об'єму та розмірно-якісної структури для таксації молодняків і середньовікових липових деревостанів.

Матеріали та методика досліджень.

Збір дослідних даних здійснювався в чистих і мішаних за участю липи деревостанах Лісостепу України, зокрема Київській, Вінницькій, Сумській, Черкаській, Чернігівській та Чернівецькій областях.

Для дослідження співвідношення висот і діаметрів стовбурів дерев липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) використовувались матеріали 20 пробних площ закладених у молодняках і середньовікових деревостанах, які зростають у найбільш типових для указаної деревної породи лісорослинних умовах.

Вивчення співвідношення між діаметрами і висотами дерев у липових деревостанах проводилося за методикою розробленою кафедрою лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України [3]. Відповідно, зазначене співвідношення було проаналізовано у відносних величинах, оскільки це

значно полегшує процес моделювання відносних висот. Базова висота кожної пробної площі відповідно до прийнятої методики дорівнює висоті базового ступеня товщини (16 см).

Первинна дослідна інформація для вивчення розмірно-якісної структури представлена результатами обміру і сортиментації 160 модельних дерев. Таксація деревного стовбура та розподіл його на сортименти виконувались на тимчасових пробних площах та рубках формування й оздоровлення лісів. Сортиментація стовбурів дерев виконувалась згідно ГОСТ 9462-88.

Під час дослідження розмірно-якісної структури стовбурів дерев липи серцелистої було використано методику, за якою було розроблено чинні сортиментні таблиці [2, 5, 6] для інших деревних порід. Указану методику було започатковано К.Є. Нікітіним та А.З. Швиденком, доповнено Я.А. Юдицьким. Вона базується на закономірностях розподілу об'єму стовбура дерева на розмірно-якісні категорії у відносних величинах, мінливість яких є меншою в порівнянні з абсолютними значеннями.

На основі розрядів висот, математичних моделей об'єму та розмірно-якісної структури стовбурів дерев липи можна побудувати розрядні таблиці розмірно-якісної структури.

Обробка вихідних даних здійснювалася на ПК з використанням табличного процесора MS Excel та програми «Statistica 6». Об'єм стовбурів з розподілом їх на ділову (грубу, середню, дрібну), дрова та відходи було встановлено за допомогою програми PERTA, розробленої кафедрою лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України.

Результати досліджень.

Математична модель повнодеревності. Під час попередніх досліджень повнодеревності стовбурів липи було отримано аналітичне рівняння:

$$f = -3,177 + 3,842d^{-0.01594} \quad (1)$$

Використовуючи класичну формулу лісової таксації, на основі розробленої моделі видового числа, об'єму стовбура липи можна виразити таким аналітичним рівнянням:

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \times d_{1.3}^2 \times h \times (-3,177 + 3,842d^{-0,01594}) \right] \times 10^{-4} \quad (2)$$

Співвідношення між висотами та діаметрами стовбурів дерев липи.

Визначення розряду висот є досить простим і водночас дозволяє більш точно оцінити розмірно-якісну структуру деревостану, тому даний показник набув широкого використання на практиці [2, 5, 6].

Аналіз дослідних даних засвідчив наявність впливу на криву, яка характеризує співвідношення між діаметрами і висотами стовбурів дерев, низки факторів, основним з яких є вік деревостану. Так у молодняках і середньовікових насадженнях криві висот характеризуються більшою крутизною, ніж у пристигаючих і стиглих. Тому параметри кривих встановлено для різних вікових груп деревостанів.

Згруповані за ступенями товщини середні значення вимірних висот, дерев у деревостанах липи, у відносних величинах, їхні середні квадратичні відхилення та коефіцієнти мінливості наведено у табл. 1.

1. Середні значення та мінливість відносних висот дерев

Діаметр, см	Середнє арифметичне значення відносної висоти	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт мінливості, %
4	0,32	0,02	7,4
6	0,49	0,06	11,4
8	0,61	0,05	8,5
10	0,75	0,03	3,8
12	0,85	0,02	2,2
14	0,93	0,01	1,0
16	1,00	0,00	0,0
18	1,06	0,01	1,0
20	1,10	0,02	2,0
22	1,13	0,02	1,6
24	1,16	0,02	1,9
26	1,18	0,03	2,2
28	1,21	0,02	1,9
30	1,23	0,02	1,5
32	1,26	0,01	1,1
34	1,27	0,01	0,8
36	1,29	0,00	0,1
38	1,31	0,01	0,4

Дані, наведені у табл. 1, свідчать про незначну мінливість відносних висот у межах ступеня товщини (коефіцієнт мінливості у більшості випадків не перевищує 5%. Це дозволяє розробити єдину аналітичну модель відносної висоти.

Під час пошуку адекватної математичної моделі було апробовано декілька аналітичних рівнянь. Вибір параметрів математичної моделі здійснювався за методом найменших квадратів. За результатами досліджень було отримано рівняння:

$$h_i = (-0,1331 + 1,079 \cdot \arctg(d / 9,182)) \cdot h^{баз} \quad (3)$$

де h_i – висота стовбурів дерев i -го ступеня товщини, м;

$h^{баз}$ – висота базового ступеня товщини, м.

Нумерація розрядів та інтервал між ними узгоджено із чинними сортиментними таблицями [2, 6]. На основі розробленої математичної моделі складено розрядну шкалу висот (табл. 2).

2. Висоти за розрядами і ступенями товщини для молодняків і середньовікових липових деревостанів

Діаметр, см	Розряд висот					
	I	II	III	IV	V	Va
	висота, м					
4	-	-	5,6-5,1	5,0-4,4	4,3-3,8	3,7-3,2
6	-	9,8-8,9	8,8-8,0	7,9-7,0	6,9-6,0	5,9-5,0
8	14,1-12,9	12,8-11,6	11,5-10,3	10,2-9,1	9,0-7,8	7,7-6,5
10	16,7-15,3	15,2-13,8	13,7-12,3	12,2-10,7	10,6-9,2	9,1-7,7
12	18,9-17,2	17,1-15,5	15,4-13,8	13,7-12,1	12,0-10,4	10,3-8,7
14	20,6-18,8	18,7-16,9	16,8-15,1	15,0-13,2	13,1-11,3	11,2-9,5
16	22,0-20,1	20,0-18,1	18,0-16,1	16,0-14,1	14,0-12,1	12,0-10,1
18	23,2-21,2	21,1-19,1	19,0-16,9	16,8-14,8	14,7-12,7	12,6-10,6
20	24,1-22,0	21,9-19,9	19,8-17,7	17,6-15,5	15,4-13,3	13,2-11,1
22	25,0-22,8	22,7-20,5	20,4-18,3	18,2-16,0	15,9-13,7	13,6-11,5
24	25,7-23,5	23,4-21,1	21,0-18,8	18,7-16,4	16,3-14,1	14,0-11,8
26	26,3-24,0	23,9-21,6	21,5-19,2	19,1-16,8	16,7-14,4	14,3-12,1
28	26,8-24,5	24,4-22,1	22,0-19,6	19,5-17,2	17,1-14,7	-
30	27,3-24,9	24,8-22,4	22,3-20,0	19,9-17,5	-	-
32	27,7-25,3	25,2-22,8	22,7-20,3	20,2-17,7	-	-
34	28,1-25,6	25,5-23,1	23,0-20,5	-	-	-
36	28,4-25,9	25,8-23,4	23,3-20,8	-	-	-
38	28,7-26,2	26,1-23,6	23,5-21,0	-	-	-
40	29,0-26,5	26,4-23,8	-	-	-	-

Розмірно-якісна структура стовбурів дерев липи. Провівши дослідження залежності показників розмірно-якісної структури від інших таксаційних показників було встановлено, що найбільш значущою є їх залежність від діаметра на висоті 1,3 м.

Середні відносні значення розмірно-якісних категорій деревини залежно від діаметра на висоті грудей наведено у табл. 3.

3. Розмірно-якісна структура об'єму стовбурів липи у молодняках і середньовікових насадженнях (дослідні дані)

d	Відсоток від загального об'єму			Відсоток від об'єму ділової		
	ділова	дрова	відходи	груба	середня	дрібна
6	40,5	43,4	16,1	-	-	100,0
8	51,6	29,8	18,6	-	-	100,0
10	58,6	23,9	17,5	-	-	100,0
12	68,6	13,8	17,6	-	-	100,0
14	68,3	16,0	15,8	-	6,2	93,8
16	71,0	12,9	16,1	-	45,4	54,6
18	76,4	9,4	14,1	-	67,0	33,0
20	73,2	10,0	16,8	-	70,2	29,8
22	72,1	11,9	16,0	-	91,3	8,7
24	77,5	6,5	16,0	-	88,6	11,4
26	73,0	7,9	19,1	-	92,3	7,7
28	77,3	4,7	18,0	21,4	74,5	4,0
30	75,7	7,8	16,5	29,3	67,2	3,5
32	76,5	9,2	14,3	58,3	38,6	3,0
34	79,4	3,7	16,9	58,5	39,1	2,3
36	78,3	3,8	17,9	68,8	29,8	1,4
38	79,7	4,7	15,6	73,4	24,4	2,2
40	81,3	6,0	12,7	81,8	18,2	0,0
42	80,9	3,7	15,4	88,4	8,9	2,7

На основі наведених у табл. 3 дослідних даних було опрацьовано математичні моделі розмірно-якісної структури стовбурів липи у молодняках і середньовікових деревостанах:

$$P_{dil} = 0,8470 - 3,362 \cdot d^{-1,136} \quad (4)$$

$$P_{vidh} = 0,1592 - 3,710 \cdot d^{-2,389} \quad (5)$$

$$P_{др.} = 1 - P_{дл.} - P_{відх.} \quad (6)$$

$$P_{зр.} = \begin{cases} 0 & d < 26 \text{ см} \\ 1,3345 - 1675 \cdot d^{-2,192} & d \geq 26 \text{ см} \end{cases} \quad (7)$$

$$P_{дрб.} = \begin{cases} 0 & d \leq 12 \text{ см} \\ -0,0017 + 3142 \cdot d^{-4,010} & d > 12 \text{ см} \end{cases} \quad (8)$$

$$P_{ср.} = 1 - P_{зр.} - P_{др.} \quad (9)$$

де $P_{дл.}$, $P_{відх.}$, $P_{др.}$, $P_{зр.}$, $P_{ср.}$, $P_{дрб.}$ – частка ділової деревини, дров та відходів від об'єму стовбура, а грубої, середньої, дрібної від об'єму ділової деревини.

Графічна ілюстрація розроблених моделей зображена на рис. 2.

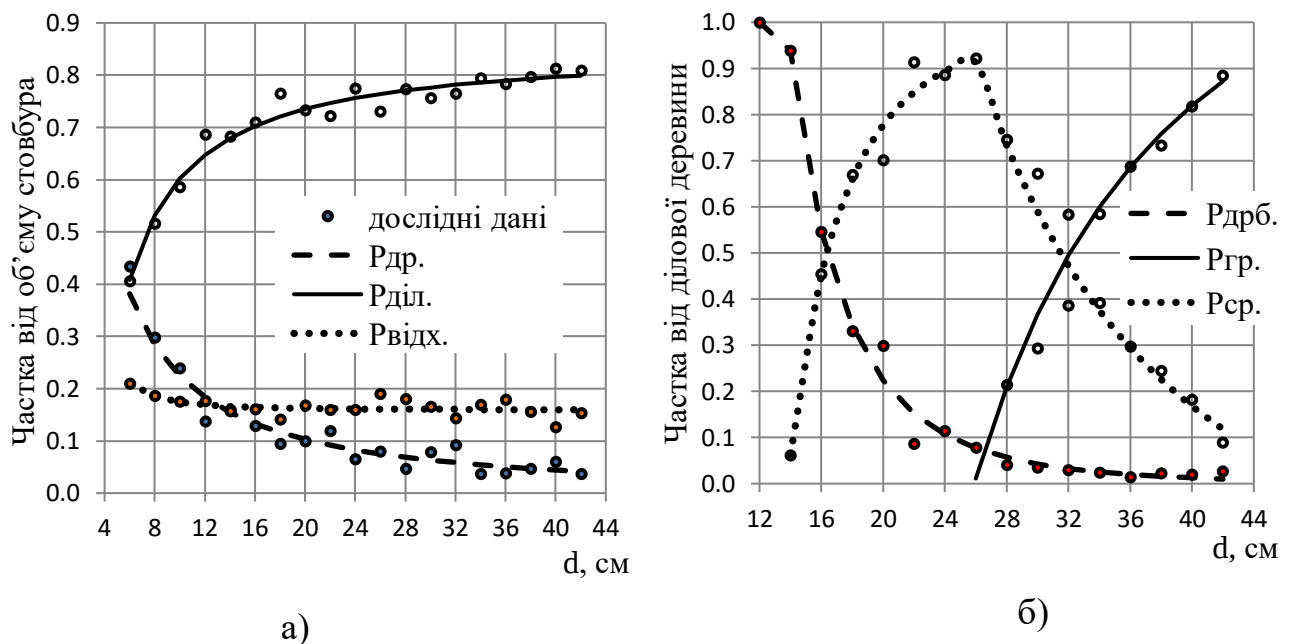


Рис. 2. Математичні моделі розмірно-якісної структури (а - за категоріями деревини, б – ділової деревини за категоріями крупності)

Адекватність моделей підтверджують їхні систематичні та середньоквадратичні помилки (виходу ділової деревини відповідно – 0,01% і 2,8%), а також графічний аналіз залишків.

На основі опрацьованих моделей повнодеревності, висоти та розмірно-якісної структури було складено таблиці розмірно-якісної структури липових деревостанів за розрядами висот фрагмент яких наведено у таблиці 4.

4. Сортиментні таблиці для таксації молодняків і середньовікових липових деревостанів

Розряд висот II

Діаметр, см	Висота, м	Об'єм, м ³	Об'єм у діловому стовбурі					
			ділова деревина				дрова	відходи
			груба	середня	дрібна	разом		
6	9,3	0,015	-	-	0,006	0,006	0,006	0,003
8	12,2	0,033	-	-	0,017	0,017	0,010	0,006
10	14,4	0,060	-	-	0,036	0,036	0,014	0,010
12	16,3	0,096	-	-	0,062	0,062	0,018	0,016
14	17,8	0,139	-	0,005	0,089	0,094	0,022	0,023
16	19,0	0,191	-	0,060	0,074	0,134	0,026	0,031
18	20,0	0,25	-	0,12	0,06	0,18	0,03	0,04
20	20,9	0,32	-	0,19	0,05	0,24	0,03	0,05
22	21,6	0,39	-	0,25	0,04	0,29	0,04	0,06
24	22,2	0,48	-	0,32	0,04	0,36	0,04	0,08
26	22,7	0,56	0,00	0,40	0,03	0,43	0,04	0,09
28	23,2	0,66	0,11	0,37	0,03	0,51	0,04	0,11
30	23,6	0,77	0,22	0,35	0,03	0,60	0,05	0,12
32	23,9	0,87	0,34	0,32	0,02	0,68	0,05	0,14
34	24,3	1,00	0,47	0,30	0,02	0,79	0,05	0,16
36	24,6	1,12	0,61	0,25	0,02	0,88	0,06	0,18
38	24,8	1,25	0,75	0,22	0,02	0,99	0,06	0,20
40	25,0	1,38	0,90	0,19	0,01	1,10	0,06	0,22

Висновки. За результатами виконаних досліджень було розроблено математичну модель висоти та побудовано розрядну шкалу.

На основі розробленої математичної моделі розмірно-якісної структури стовбурів дерев липи, використовуючи модель видового числа та розрядну шкалу висот, побудовано розрядні таблиці розмірно-якісної структури ділових стовбурів дерев липи.

Розроблені нормативи після їх перевірки можуть бути рекомендовані для їхнього використання на виробництві.

Список літератури

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесн. пром.-сть, 1982. – 550 с.
2. Лісотаксаційний довідник : затверджено Державним агентством лісових ресурсів України / [за редакцією С. М. Кашпора, А. А. Строчинського]. К. :

Видавничий дім «Вініченко», 2013. – 496 с.

3. Никитин К.Е. Унификация системы распределения древостоев по разрядам высот // Научные труды УСХА. – К., 1987 – Вып. 213 – с. 10-18.
4. Площі пробні лісовпорядні: СОУ 02.02-37-479 : 2006. – [Введ. 26.12.2006]. – К. : Мінагрополітики України, 2006. – 32 с.
5. Сортиментные таблицы для таксации леса на корню. – К.: Урожай, 1984. – 629 с.
6. Сортиментные таблицы для таксации молодняков и средневозрастных древостоев. – Киев: изд-во УСХА, 1993. – 460 с.
7. Сортиментные таблицы для таксации сосны, ели, пихты, дуба, бука, ясеня, клена, граба, осины, березы, ольхи, липы и акации белой (справочник). – К.: Будівельник, 1973. – 444 с.
8. Строчинський А. А. Нормативи для визначення запасу і сортиментної структури штучних соснових деревостанів / А. А. Строчинський, П. І. Лакида // Лісове госп-во, лісова, паперова і деревообробна пром-сть. – 1990. – № 1. – С. 16-19.

Выполнено статистический анализ опытных данных. Разработано математическую модель относительных высот для молодняков и средневозрастных липовых древостоев и построено разрядную шкалу высот. Проведено исследование закономерностей смены показателей размерно-качественной структуры стволов деревьев липы и разработано их математические модели. Используя разрядную шкалу высот, модели полндревесности и размерно-качественной структуры стволов деревьев построено разрядные сортиментные таблицы.

Объём, видовое число, математическая модель, разряд высот, деловая древесина, дрова, отходы, размерно-качественная структура, сортиментные таблицы.

SIZE-QUALITY STRUCTURE OF LINDEN TREE TRUNKS OF IMMATURE AND MIDDLE-AGED STANDS

The statistical analysis of research data was conducted. Mathematical model of relative heights for immature and middle-aged linden stands was developed, on the

basis of which class tables were made. The research of index change norms of size-quality structure of linden tree trunks was done and its mathematical model was developed. Using class height tables, mathematic models of full body and size-quality structure of linden tree trunks class assortment tables were made.

Volume, full-timber-factor, mathematical model, the discharge heights, merchantable timber, firewood, wood wastes size-quality structure, assortment tables.