



О. М. Леснік, О. А. Гірс

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ПОРІВНЯННЯ РОЗРОБЛЕНИХ НОРМАТИВІВ ОБ'ЄМУ ТА РОЗМІРНО-ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ ДЕРЕВ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ МІСТА КИЄВА З НАЯВНИМИ АНАЛОГАМИ

Дерева, які зростають у зелених насадженнях міста, зазнають негативного впливу урбанізованого середовища, що безпосередньо впливає на їх ріст, розвиток, а також кількісні та якісні показники. У роботі виконано порівняння значень видових чисел, а також розроблених математичних моделей об'єму та розмірно-якісної структури дерев гіркокаштана звичайного з відповідними даними для дерев кленів (ясенелистого та сріблястого). Розроблені та порівнювані нормативи належать до категорії безрозрядних, входами до яких є діаметр на висоті грудей, висота дерева та висота розгалуження стовбура дерева. Порівняння розроблених нормативів об'єму та розмірно-якісної структури дерев гіркокаштана в зелених насадженнях Києва з чинними аналогами показало значні розходження у відповідних показниках, що свідчить про актуальність виконаної роботи. Адекватність моделі частки об'єму стовбура дерева дослідним даним відповідно дорівнює 0,87. Обчислене значення критерію Фішера (1,20) менше від критичного значення (2,69). Обчислені значення систематичної помилки та середньоквадратичного відхилення не перевищують допустимих у лісовій таксації меж і відповідно становлять 0,15% та 0,96%. Розроблені нормативи відповідають основним вимогам щодо точності лісотаксаційних нормативів і можуть використовуватися для обліку деревини, яку заготовляють під час реконструктивних робіт у зелених насадженнях.

Ключові слова: видове число дерева; об'єм дерева; ділова деревина; дрова; відходи.

Вступ. Матеріальна оцінка заготовленої деревини є невід'ємною складовою частиною системи обліку лісо-сировинних ресурсів, водночас, нормативи, які застосовуються для її виконання, повинні відповідати об'єкту таксації та надавати достовірну інформацію під час їх використання. У сучасних умовах облік заготовленої деревини має супроводжуватися визначенням об'ємної та розмірно-якісної структури для подальшого здійснення її матеріальної оцінки та формування поточного та перспективного планування виробничої діяльності підприємства.

Питання розмірно-якісної та сортиментної структури дерев досліджувало багато учених: М. П. Анучін (Anuchin, 1982), К. Є. Нікітін (Nikitin, 1984), П. І. Лакида (Lakyda, 1990, 2013), А. А. Строчинський (Strochynskiy, 1990, 2007, 2009, 2013), О. А. Гірс (Girs, 2009, 2013), С. М. Кашпор (Kashpor, 2013), В. В. Миронюк (Myroniuk, 2006, 2007, 2009, 2013), В. А. Свинчук (Svynchuk, 2009) та ін.

Одним із основних етапів лісотаксаційних досліджень є перевірка розроблених математичних моделей щодо їхньої точності та відповідності об'єкту дослідження, а також порівняння отриманих результатів з наявними аналогами.

Мета дослідження. Порівняння розроблених нормативів об'єму та розмірно-якісної структури дерев гіркокаштана звичайного з чинними аналогами.

Матеріали та методика дослідження. Під час розроблення нормативів об'єму та розмірно-якісної структури використано обмір 94 дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях Києва.

Об'єм дерев моделюється в два етапи: спочатку опрацьовується математична модель об'єму дерева з використанням видових чисел дерев (f_d), а після цього визначається співвідношення об'ємів стовбура та гілок крони.

Дослідивши морфологічні особливості дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях Києва (Lesnik, 2016a), а також взявши до уваги результати досліджень інших вчених (Myroniuk, 2006), було прийнято рішення використовувати при математичному моделюванні об'єму показник видового числа дерева (f_d), а не стовбура, оскільки однозначно визначити центральну вісь стовбура і встановити його повнодеревність є неможливим:

$$f_d = \frac{V_d}{g \cdot h}, \quad (1)$$

де: V_d – об'єм дерева, m^3 ; g – площа поперечного перері-

Інформація про авторів:

Леснік Олександр Миколайович, аспірант, магістр. Email: alexlesnik09@ukr.net

Гірс Олександр Анатолійович, д-р с.-г. наук, професор. Email: aagirs@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Леснік О. М., Гірс О. А. Порівняння розроблених нормативів об'єму та розмірно-якісної структури дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва з наявними аналогами. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(5). С. 34–37.

Citation APA: Lesnik, O. M., & Girs, O. A. (2017). Comparison of the developed object standards and size-quality structure of Aesculus Hippocastanum in green stands of Kyiv city with existing analogues. Scientific Bulletin of UNFU, 27(5), 34–37. <https://doi.org/10.15421/40270506>

зу дерева на висоті 1,3 м, м²; h – висота дерева, м.

Об'єм дерева визначено за класичною формулою лісової таксації

$$V_{\delta} = ghf_{\delta} \quad (2)$$

Внаслідок проведеного аналізу отримано таку математичну модель видових чисел дерев (Lesnik, 2016b):

$$f_{\delta} = \frac{-165,059}{d - 375,648}, \quad (3)$$

де d – діаметр дерева на висоті 1,3 м, см

Математичні моделі розробляють на основі бази науково-дослідної інформації, яка містить таку інформацію про модельні (облікові) дерева: діаметр стовбура на висоті 1,3 м ($d_{1,3}$), висота дерева (h), висота стовбура до розгалуження гілок (h_p), частка об'єму стовбура ($P_{ст}$), об'єм дерева (V_{δ}).

Внаслідок проведеного математичного моделювання отримано такі аналітичні моделі для визначення (Lesnik, 2016b):

- частки об'єму стовбура дерева

$$P_{ст} = 54,33 - \frac{169,68}{h_p} + \frac{130,17}{h_p^2} + \frac{1520,42}{d} - \frac{10674,4}{d^2}; \quad (4)$$

- загального об'єму дерева

$$V_{\delta} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h \cdot \frac{-165,059}{d - 375,648} \cdot 10^{-4}; \quad (5)$$

- об'єму стовбура

$$V_{ст} = \frac{V_{\delta}}{100} \cdot \left(54,33 - \frac{169,68}{h_p} + \frac{130,17}{h_p^2} + \frac{1520,42}{d} - \frac{10674,4}{d^2} \right); \quad (6)$$

- об'єму крони

$$V_{кр} = V_{\delta} - V_{ст}. \quad (6)$$

Моделювання розмірно-якісної структури деревного запасу включає в себе дослідження виходу ділової деревини, дров, відходів ($P_{діл}$, $P_{дров}$, $P_{відх}$) від загального об'єму стовбура, а також розподілу ділової деревини за категоріями крупності – груба, середня, дрібна ($P_{грб}$, $P_{срд}$, $P_{дрб}$) у відносних величинах.

Ра результатами багатоваріантного пошуку встановлено параметри математичних моделей розмірно-якісної структури стовбурів дерев (Lesnik, 2017):

$$P_{діл} = \frac{96,58523 \cdot d + 894,2961}{d + 22,75856}; \quad (7)$$

$$P_{відх} = \frac{1,97105 \cdot d + 632,2306}{d + 37,21172}; \quad (8)$$

$$P_{дров} = 100 - P_{діл} - P_{відх}. \quad (9)$$

Розподіл ділової деревини за категоріями крупності описується такими математичними залежностями:

$$P_{грб} = \begin{cases} 0, & d < 28; \\ -1534 + 96 \cdot d - 1,41 \cdot d^2, & 28 \leq d < 40; \\ 100, & d \geq 40; \end{cases} \quad (10)$$

$$P_{срд} = \begin{cases} 0, & d < 16; \\ 100 - P_{грб} - P_{дрб}, & 16 \leq d < 36; \\ 0, & d \geq 36; \end{cases} \quad (11)$$

$$P_{дрб} = \begin{cases} 100, & d < 12; \\ 353,56 - 27,131 \cdot d + 0,499 \cdot d^2, & 12 \leq d < 20; \\ 0, & d \geq 20; \end{cases} \quad (12)$$

Детальніше методику проведених досліджень описано у попередніх публікаціях (Lesnik, 2016, 2017).

Результати дослідження. У зв'язку з тим, що для гіркогоаштана звичайного відсутні нормативи розмірно-якісної структури, то було прийнято рішення використати для порівняння нормативи для кленів ясенелистого та сріблястого (Strochynskiy, 2007, 2013), як видів, які мають багато спільного у фізіологічних особливостях та використовуються з аналогічною метою на виробництві. Необхідність розроблення саме безрозрядних нормативів об'єму та розмірно-якісної структури дерев гіркогоаштана обґрунтовано на основі даних табл. 1, в якій наведено розподіл модельних дерев за розрядами висот згідно з чинними нормативами (Nikitin, 1984).

Табл. 1. Розподіл кількості дерев за розрядами висот дерев гіркогоаштана звичайного в зелених насадженнях Кієва

Дослідний матеріал	Розряд висот					Не потрапили в розрядні шкали	Разом
	1	2	3	4	5		
Кількість дерев	-	-	-	1	3	90	94

Як видно з табл. 1, майже 96 % модельних дерев знаходяться за межами розрядних шкал. Це можна пояснити тим, що дерева які зростають на відкритому просторі в умовах урбанізованого середовища, за сталих значень діаметра досягають значно меншої висоти, ніж у лісових насадженнях. Цю особливість відзначено як у власних дослідженнях (Lesnik, 2016), так і інших науковців (Myroniuk, 2006). Отже, на основі наведених вище даних, остаточно було підтверджено правильність прийнятого рішення, щодо розроблення безрозрядних нормативів об'єму та розмірно-якісної структури.

Для порівняння розроблених нормативів об'єму з чинними виконано порівняльний аналіз видових чисел. Розраховані за математичною моделлю значення видових чисел дерев гіркогоаштана звичайного порівняли із значеннями, покладеними у нормативи об'єму та сортиментної структури дерев кленів (ясенелистого та сріблястого) забудованої частини міст (Strochynskiy, 2007, 2013; Myroniuk, 2006, 2007, 2013). Їхню графічну ілюстрацію наведено на рис. 1. Як видно з цього рисунку, розроблена математична модель видового числа дерев гіркогоаштана істотно відрізняється від застосованої при моделюванні кленів.

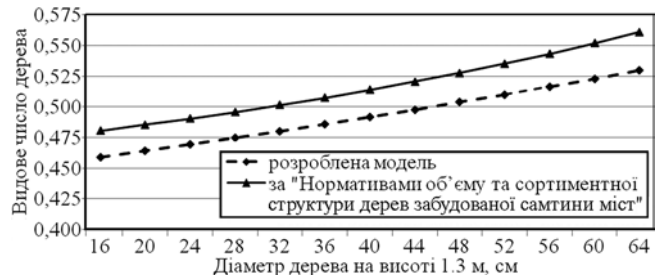


Рис. 1. Графічна ілюстрація моделей видового числа

У табл. 2 виконано порівняння модельних значень (Lesnik, 2016) та основних складових частин об'єму дерев гіркогоаштана звичайного з відповідними їм нормативними значеннями для дерев кленів (ясенелистого та сріблястого) (Strochynskiy, 2007, 2013, Myroniuk, 2006, 2007, 2013) за сталої висоти розгалуження дерев (2 м), та середніх висот модельних дерев гіркогоаштана звичайного.

З цієї таблиці видно, що розходження між об'ємами дерев загалом та за основними їх складниками є істотними. Так, порівняно з кленом, об'єм дерев гіркогоаштана звичайного за сталих значень діаметра та висоти де-

рев менші в середньому на 4-6 %, об'єм крон – на 9-22 %, при цьому об'єм стовбурів на 10-15 % перевищує аналогічний показник для дерев клена.

Табл. 2. Порівняння розроблених математичних моделей об'єму дерева та його складових частин з нормативними даними

Діаметр, см	16	24	32	40	48	56	64
Висота, м	7,0	9,6	12,0	14,3	16,4	18,5	20,6
Гіркокаштан звичайний							
Об'єм дерева, м ³	0,065	0,204	0,463	0,882	1,499	2,358	3,505
Об'єм стовбура, м ³	0,036	0,095	0,181	0,294	0,436	0,608	0,813
Об'єм крони, м ³	0,029	0,108	0,282	0,588	1,063	1,750	2,693
Клен (ясенелистий, сріблястий)							
Об'єм дерева, м ³	0,068	0,213	0,484	0,921	1,570	2,481	3,714
Об'єм стовбура, м ³	0,033	0,081	0,153	0,254	0,387	0,560	0,778
Об'єм крони, м ³	0,035	0,132	0,331	0,668	1,183	1,921	2,936
Відхилення							
Об'єм дерева, %	-4,7	-4,5	-4,4	-4,5	-4,7	-5,2	-5,9
Об'єм стовбура, %	7,6	15,2	15,5	13,8	11,2	8,0	4,3
Об'єм крони, %	-20,0	-21,9	-17,2	-13,6	-11,2	-9,8	-9,0

Для визначення точності розробленої математичної моделі частки об'єму стовбура дерев гіркокаштана звичайного (4), розраховано значення її систематичної (m) та середньоквадратичної помилок (σ):

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i, \quad (13)$$

де: δ_i – величина відхилення і-го спостереження у відсотках; n – кількість спостережень.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_i - m)^2}{n - 1}}. \quad (14)$$

Розраховані відхилення систематичної помилки та середньоквадратичного відхилення відповідно становлять 0,15 % та 0,96 %, тобто є незначущими.

Також проведено перевірку адекватності (Θ) розробленої математичної моделі дослідним даним, яку розраховували за такою формулою:

$$\Theta = 1 - \frac{(\sum y - \sum \tilde{y})^2}{(\sum y - \bar{y})^2}, \quad (15)$$

де: Θ – адекватність моделі; y – фактичні значення величини; \tilde{y} – модельні значення величини; \bar{y} – середнє арифметичне значення величини.

Адекватність моделі дослідним даним відповідно дорівнює 0,87. Обчислене значення критерію Фішера (1,20) менше від критичного значення (2,69). За такої умови гіпотезу про відповідність моделі (4) дослідним даним доцільно прийняти на 5 %-му рівні значущості. Отже, на основі проведеного аналізу можна стверджувати, що модель адекватна дослідним даним і відповідає основним вимогам щодо точності моделювання відповідних лісотаксаційних нормативів.

Подальші дослідження пов'язані з порівнянням основних складників об'єму стовбурів дерев за розмірно-якісними категоріями. Так, на основі проведених досліджень та розроблених математичних аналітичних залежностей між діаметром та розмірно-якісними категоріями дерев гіркокаштана (Lesnik, 2017) проведено порівняння отриманих результатів з наявними аналогами (Myroniuk, 2006) (рис. 2).

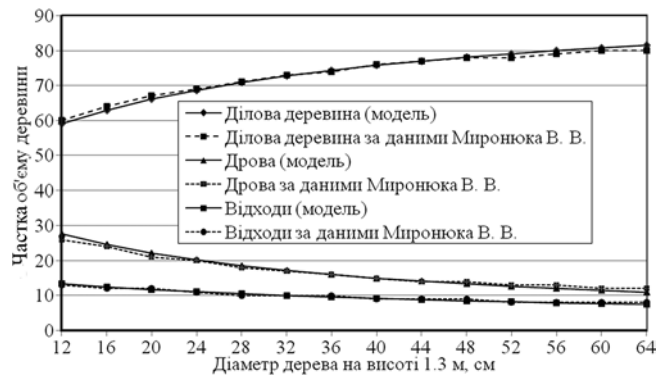


Рис. 2. Залежність частки об'єму стовбурів за розмірно-якісними категоріями

Як видно з рис. 2, розходження об'ємів у розмірно-якісних категоріях розроблених моделей для гіркокаштана звичайного та порівнювальних нормативів для кленів ясенелистого та сріблястого є неістотними. Це можна пояснити як фізіологічними особливостями даних деревних видів (відсутність центрального стовбура дерева на всю висоту дерева), так і спільністю території об'єктів дослідження.

На рис. 3 графічно проілюстровано порівняльний розподіл об'єму стовбурів за розмірно-якісними категоріями крупності.

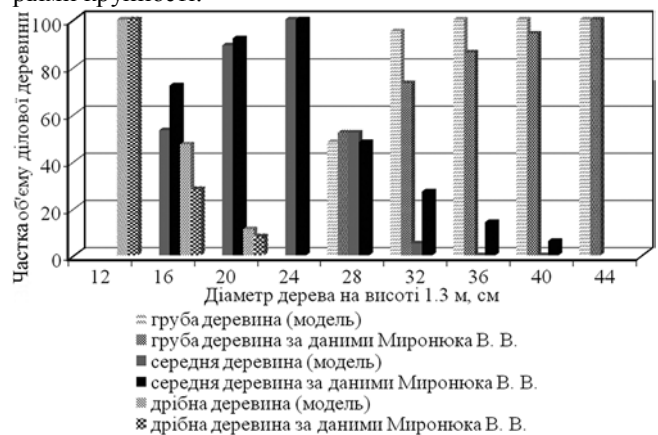


Рис. 3. Залежність частки ділової деревини стовбурів дерев гіркокаштана звичайного та кленів ясенелистого та сріблястого за крупністю

Згідно з даними рис. 3, розмірно-якісна структура ділової деревини стовбурів дерев гіркокаштана звичайного та кленів ясенелистого та сріблястого мають значні розходження, стандартне відхилення для дрібної деревини становить 41,9 %, середньої – 38,7 %, грубої – 20,2 %.

Висновки. Порівняння розроблених нормативів для дерев гіркокаштана звичайного та клена (ясенелистого та сріблястого), які використовували як аналог, показало значні розбіжності в їх об'ємній та розмірно-якісній структурі. Отже, є сенс запропоновані нормативи впровадити у виробничу діяльність підприємств з утримання зелених насаджень.

Перелік використаних джерел

- Anuchin, N. P. (1982). *Lesnaya taksaciya* [Forest taxation]. Moscow: Lesnaya promishlenost. [in Russian].
 Kashpor, S. M., & Strohynskyi, A. A. (Ed.). (2013). *Lisotaksatsiynyi dovidnyk: zatv. Derzhavnym ahentstvom lisovykh resursiv Ukrainy* [Guide about forest taxation]. Kyiv: Vydavnychiy dim "Vinichenko". [in Ukrainian].

- Lesnik, O. M. (2016a). Osoblyvosti vplyvu urbanizovanoho sere-dovyshcha na povnoderevnist derev hirkokashtana zvychainoho v zelenykh nasadzheniakh mista Kyieva [Features of urban environ-ment influence on chestnut trees ful-timber-factor in Kyiv urban for-ests]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*, 238, 33–39. [in Ukrainian].
- Lesnik, O. M. (2016b). *Matematychni modeliuvannia obiemu derev hirkokashtana zvychainoho v zelenykh nasadzheniakh Kyieva* [Mathematical volume modelling of aesculus hippocastanum trees in urban forest in Kyiv]. Retrieved from: <http://ejournal.studnu-bip.com/wp-content/uploads/2016/12/Лесник.pdf>
- Lesnik, O. M. (2017). Some characteristics of dimensional and quali-tative structure of Aesculus hippocastanum trees in urban forest in the city of Kyiv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(4), 48–51. <https://doi.org/10.15421/40270410>
- Myroniuk, V. V. (2006). Normatyvy obiemu ta sortymentnoi struk-tury derev klena v umovakh zabudovanoi chastyny mista Kyieva [Standards for evaluation of volume and assortment structure of maple trees in the urban area of Kyiv]. *Ahrarna nauka i osvita*, 7(3-4), 108–113. Kyiv. [in Ukrainian].
- Sortymentnie. (1984). *Sortymentnie tablicy dlya takscy lisa na kornyu* [Quality list for the taxation of the growing forest]. Kyiv: Urozhay. [in Russian].
- Strochynskyi, A. A., & Lakyda, P. I. (1990). *Normatyvy dlia vyznac-hennia zapasu i sortymentnoi struktury shuchnykh sosnovykh dere-vostaniv* [Normative standards for determination of standing volu-me and sortiment structure of homogeneous pine stand] (Vol. 1, pp. 16–19). Lviv: UkrDLTU. [in Ukrainian].
- Strochynskyi, A. A., Myroniuk, V. V., & Manita, O. G. (2007). *Nor-matyvy ob'iemu ta sortymentnoi struktury derev zabudovanoi chastyny mist* [Volume quality structure standards in the urban city]. Kyiv: NAU. [in Ukrainian].
- Strochynskyi, A. A., Myroniuk, V. V., Girs, O. A., & Svychnuk, V. A. (2009). *Normatyvy obiemu, sortymentnoi struktury i tovarnosti perestyhlykh sosnovykh derevostaniv lisiv naselenykh punktiv i ze-lenyykh zon* [Normative standards of volume, sortiment structure and merchantability of overripened pine stand in urban forest and green areas]. Kyiv: VTs NUBiP Ukrainy. [in Ukrainian].

A. H. Lesnik, A. A. Girs

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

СРАВНЕНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ НОРМАТИВОВ ОБЪЕМА И РАЗМЕРНО-КАЧЕСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ ДЕРЕВЬЕВ КАШТАНА ОБЫКНОВЕННОГО В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА КИЕВА С СУЩЕСТВУЮЩИМИ АНАЛОГАМИ

Деревья, которые растут в зеленых насаждениях города, испытывают негативное влияние урбанизированной среды, это непосредственно влияет на их рост, развитие, а также количественные и качественные показатели. В работе выполнено сравнение значений видовых чисел, а также разработанных математических моделей объема и размерно-качественной структуры деревьев каштана обыкновенного с данными для деревьев кленов (ясенелистного и серебристого). Разработанные и сравниваемые нормативы относятся к категории безразрядных, входами в которые есть диаметр на высоте груди, высота дерева и высота разветвления ствола дерева. Сравнение разработанных нормативов объема и размерно-качественной струк-туры деревьев каштана в зеленых насаждениях Киева с действующими аналогами показало значительные различия в соот-ветствующих показателях, что свидетельствует об актуальности выполненной работы. Адекватность разработанной модели процента объема ствола дерева исследовательским данным соответственно равна 0,87. Вычисленное значение критерия Фи-шера (1,20) меньше критического значения (2,69). Вычисленные значения систематической ошибки и среднеквадратичного отклонения не превышают допустимых в лесной таксации границ и соответственно составляют 0,15% и 0,96%. Разработан-ные нормативы соответствуют основным требованиям по точности лесотаксационных нормативов и могут использоваться для учета древесины, заготавливаемой во время выполнения реконструктивных работ в зеленых насаждениях городов и других населенных пунктов.

Ключевые слова: видовое число дерева; объем дерева; деловая древесина; дрова, отходы.

O. M. Lesnik, O. A. Girs

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

COMPARISON OF THE DEVELOPED OBJECT STANDARDS AND SIZE-QUALITY STRUCTURE OF AESCULUS HIPPOCASTANUM IN GREEN STANDS OF KYIV CITY WITH EXISTING ANALOGUES

The existence of a scientifically-grounded regulatory framework for the material assessment of the volume and its size-quality structure is a prerequisite for rational accounting and the use of wood that is harvested during the reconstructive cutting in urban stands. One of the main stages of forest estimation researches is to test the developed mathematical models regarding their accuracy and compliance with the forest estimation object, as well as comparison of the results with existing analogues. Trees growing in the green forest of the city are negatively affected by the urban environment, which directly affects their growth, development, as well as quantitative and qualitative parameters. In this research a comparison of the values of the species numbers, as well as the developed standards of the volume and indicators of size-quality tree structure from the total volume of Aesculus hippocastanum trunk with the corresponding data for Acer trees (*Acer negundo* and *Acer saccharinum*) were done. The developed and comparative standards be-long to non-sort category, which are determined by the diameter at the chest height, the tree height and the height of branching of tree trunk. Comparison of the developed standards of volume and size-quality structure of Aesculus hippocastanum trees in green planta-tions of Kyiv with current analogues showed significant differences in the corresponding indicators, which proves the relevance of the work performed. The adequacy of the percentage model of the tree trunk volume to the experimental data, accordingly, is equal to 0,87. The calculated value of Fisher's criterion (1,20) is less than the critical value (2,69). The calculated values of the systematic error and the mean square deviation do not exceed the limits allowed in the forest estimation and accordingly make up 0,15% and 0,96%.

Keywords: species number of a tree; wood volume; merchantable wood; firewood; waste.