

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ДЕРЕВ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО В ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ КИЄВА

О. М. ЛЕСНІК, аспірант^{*}

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: alexlesnik09@ukr.net

Анотація. *Зелені насадження є важливим компонентом урбанізованого середовища, значення яких у сучасних умовах є досить вагомим. Вони виконують корисні для суспільства функції, які складно оцінити в грошовому виразі. Метою досліджень є розроблення аналітичної моделі визначення об'єму дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва. Дослідні дані збирали в зелених насадженнях міста Києва. Необхідність розробки нормативів об'єму та розмірно-якісної структури дерев для гіркокаштана звичайного в умовах урбанізованого середовища спонукала нас до аналізу основних положень лісотаксаційної науки і напрацювань, що пов'язані з обраним об'єктом дослідження. Слід зазначити, що будь-яке дерево є самостійним об'єктом лісової таксації, який вимагає спеціальних наукових підходів і методів до його вимірювання. Наведено морфологічні особливості зростання дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва. Проаналізовано основні методичні підходи при моделюванні об'єму стовбура дерева. Проведено кореляційний аналіз основних таксаційних ознак та встановлено взаємозв'язки між ними. Розроблено математичні моделі об'єму стовбура дерева у відносних величинах, загального об'єму дерева та об'єму стовбура до розгалуження дерева.*

Ключові слова: *зелені насадження, математична модель, видове число, об'єм стовбура, об'єм крони, об'єм дерева, висота, діаметр.*

Міські зелені насадження є важливим компонентом урбанізованого середовища, значення яких у сучасних умовах постійно зростає. Вони виконують корисні для суспільства функції, частину з яких складно оцінити в грошовому еквіваленті.

Ефективне управління зеленими насадженнями урбанізованих територій потребує достовірної інформації про деревну рослинність на території міста.

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

Під час догляду за міськими зеленими насадженнями заготовляють чималі об'єми деревини, значення якої в сучасних умовах ще не повністю усвідомлене.

Слід зазначити, що нині розроблено нормативну базу, яку використовують для визначення об'єму та розмірно-якісної структури окремих деревних видів в умовах міської забудови [4]. Однак щодо гіркогокаштана звичайного таких нормативів не встановлено. Це призводить до значних відхилень при визначенні об'єму, розмірно-якісної структури та виконанні матеріально-грошової оцінки.

Чинні нормативи [6] не забезпечують точність визначення об'єму та розмірно-якісної структури дерев в умовах міської забудови, позаяк вони розроблені для насаджень основних лісотвірних порід і не враховують особливості зростання дерев в умовах урбанізованого навантаження. Отже, дослідження є досить актуальними як з наукового, так і з практичного погляду.

Мета досліджень – розроблення аналітичної моделі визначення об'єму дерев гіркогокаштана звичайного в зелених насадженнях Києва.

Матеріали та методика досліджень. Збір дослідних даних здійснювався в зелених насадженнях міста Києва. Для моделювання об'єму стовбура застосовують кілька методичних підходів:

- з використанням твірної деревного стовбура;
- шляхом побудови багатомірних моделей;
- з використанням класичної формули лісової таксації.

Моделювання об'єму з використанням твірної деревного стовбура є поширеним методом у США та країнах Європи. Багатомірні математичні моделі об'єму стовбурів дерев часто використовують у лісотаксаційній науці як в Україні, так і за кордоном. Слід зазначити, що при розробці нормативів об'єму дерев в Україні переважно застосовують науковий підхід, який пов'язаний з використанням класичної формули лісової таксації [2; 5].

Об'єм стовбура за класичною формулою – це добуток трьох об'ємоутворювальних факторів – площ поперечного перерізу (g), висоти (h) та видового числа (f) [1]:

$$V_o = ghf \quad (1)$$

Цей спосіб є досить простим і водночас результативним. Значення діаметра та висоти дерев досить просто визначити в практичних умовах інструментальним шляхом, а видове число або показник повнодеревності є по суті перевідним коефіцієнтом при визначенні загального об'єму.

Результати досліджень. Під час моделювання об'єму дерев найбільше значення має визначення форми математичного зв'язку видових чисел від основних біометричних параметрів дерева. На початку XIX ст. німецький учений-лісівник Паульзен увів у лісову таксацію поняття «видове число». Застосування цього терміна необхідно розглядати як спосіб характеристики зовнішньої форми стовбура та ступінь наближення цієї форми до правильного стереометричного тіла – циліндра [1].

У попередніх дослідженнях було проаналізовано повнодеревність дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва. Після детального вивчення дендрологічних особливостей та морфології дерев гіркокаштана на основі фактичного дослідного матеріалу було прийняте рішення досліджувати повнодеревність дерев, а не стовбурів. Проведена статистична характеристика дослідних даних, вивчений зв'язок видових чисел дерев гіркокаштана з іншими морфометричними параметрами за допомогою методів кореляційного аналізу, що дало змогу виконати безпосереднє математичне моделювання об'єму дерев.

Морфологічними особливостями зростання дерев гіркокаштана в міських умовах є те, що він в основному складається з декількох скелетних гілок, частка яких у загальному об'ємі дерев є досить значною. Враховуючи цю особливість, практично неможливо визначити центральну вісь стовбура дерев гіркокаштана звичайного, тому було прийняте рішення досліджувати об'єм дерев як суму об'єму стовбура дерева до розгалуження та об'єму крони.

Під час експериментальних досліджень на основі дослідних даних виявилось, що відсоток крони у великомірних дерев може сягати 70 %. Слід зазначити, що в кроні дерев міських зелених насаджень накопичуються значні запаси ліквідної деревини, що є важливим джерелом дров'яної, технологічної, а

іноді і ділової деревини. Згідно з чинними вимогами, гілки товщиною понад 3 см можуть бути реалізовані як ліквід із крони [2]. Середні відносні значення об'єму стовбура та крони дерев гіркогоаштана згруповано за ступенями товщини (рис. 1).

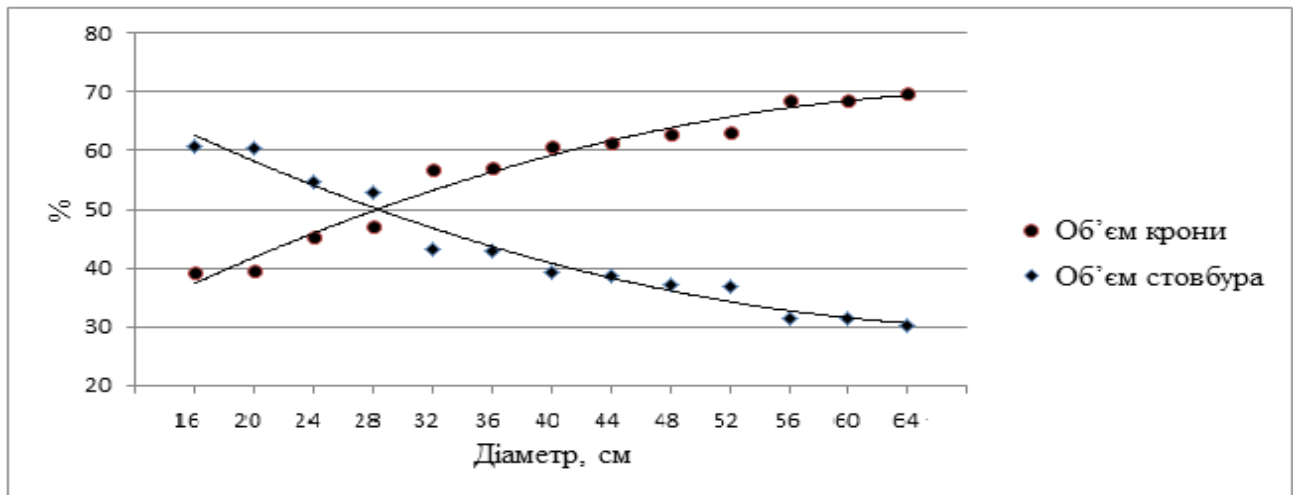


Рис. 1. Розподіл загального об'єму дерев гіркогоаштана звичайного, %

Подальші дослідження були пов'язані з вивченням кількісних співвідношень основних складових дерева, а саме об'єму стовбура ($V_{ст}$) та об'єму крони ($V_{кр}$) в загальному об'ємі дерева. Результати аналізу кореляційних зв'язків відсотка стовбура ($P_{ст}$) з іншими морфометричними параметрами дерев наведено в таблиці.

Коефіцієнти кореляції таксаційних ознак

Таксаційні показники			Коефіцієнти кореляції					
			парні			множинні		
			r_{dh}	$r_{dP_{ст}}$	$r_{hP_{ст}}$	$R_{P_{ст}, dh}$	$R_{d, hP_{ст}}$	$R_{h, dP_{ст}}$
d	h	$P_{ст}$	0,729	-0,716	-0,705	0,764	0,782	0,774

На основі аналізу парних та множинних коефіцієнтів кореляції можна зробити висновок, що відсоток крони залежить від усієї сукупності використаних факторів.

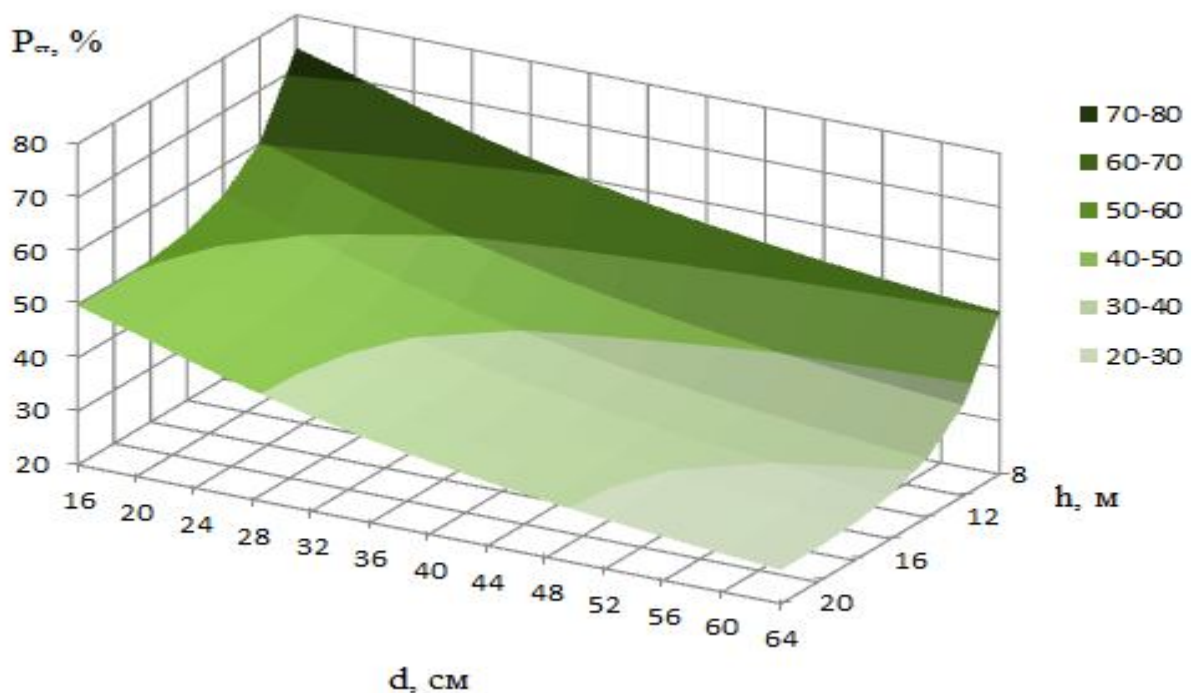
При моделюванні об'єму стовбура вивчали форму зв'язку між трьома величинами: $P_{ст}$, d та h . Для цього використано низку математичних залежностей [3; 7], параметри яких оцінювали за допомогою методу

найменших квадратів. Остаточно взаємозв'язок зазначених показників набув такого вигляду:

$$P_{\text{ст}} = 22,36 - \frac{442,3}{h_o} + \frac{4731}{h_o^2} + \frac{1081,2}{d} - \frac{7429,7}{d^2} \quad (2)$$

$$P_{\text{кр}} = 100 - P_{\text{ст}} \quad (3)$$

Аналіз математичної моделі свідчить, що відсоток об'єму стовбура зменшується зі зростанням таксаційних показників діаметра та висоти дерева, що підтверджується графічним способом на рис. 2.



**Рис. 2. Математична модель об'єму стовбура дерев
гіркогоаштана звичайного, %**

Відповідність розробленої моделі дослідним даним вивчали на підставі графічного та статистичного аналізу залишків. Розподіл залишків близький до нормального, показники асиметрії та ексцесу відповідно дорівнюють 0,02 та 0,16.

На основі проведеного математичного моделювання було отримано такі аналітичні моделі для визначення:

- загального об'єму дерева

$$V_{\partial} = \left(\frac{\pi}{4} \times d_{1,3}^2 \times h \times (0,301 - 20,676/(d - 153,95)) \right) \times 10^{-4} \quad (4)$$

- об'єму стовбура

$$V_{ст} = V_{\partial} \times \left(22,36 - \frac{442,3}{h_{\partial}} + \frac{4731}{h_{\partial}^2} + \frac{1081,2}{d} - \frac{7429,7}{d^2} \right) / 100 \quad (5)$$

- об'єму крони

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

Варто зазначити, що у зв'язку з продовженням збору дослідних даних у подальшому буде вивчено особливості об'ємної структури гіркогокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва з урахуванням висоти розгалуження дерева.

Висновки. Після детального вивчення дендрологічних особливостей росту дерев гіркогокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва на основі фактичного дослідного матеріалу було вирішено проводити математичне моделювання об'єму дерева з використанням класичної формули лісової таксації, а також визначати загальний об'єм дерева за окремими складовими, а саме: об'ємом стовбура до розгалуження та об'ємом крони. В результаті моделювання було отримано математичні моделі об'єму дерева, об'єму стовбура та крони, а також відсоткового відношення об'єму стовбура до загального об'єму дерева.

Список використаних джерел

1. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Лісотаксаційний довідник: затв. Державним агентством лісових ресурсів України / за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського. – К. : Видавничий дім «Вініченко», 2013. – 496 с.
3. Никитин К. Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К. Е. Никитин, А. З. Швиденко. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
4. Нормативи об'єму та сортиментної структури дерев забудованої частини міст / НАУ ; розроб. : А. А. Строчинський, В. В. Миронюк, О. Г. Маніта. – К., 2007. – 62 с.

5. Свинчук В. А. Математичні моделі об'єму деревних стовбурів основних лісоутворювальних порід України / В. А. Свинчук, С. М. Кашпор, В. В. Миронюк // Науковий вісник НУБіП України. – К., 2014. – Вип. 198. – С. 58–64.

6. Сортиментные таблицы для таксации леса на корню. – К. : Урожай, 1984. – 629 с.

7. Строчинський А. А. Таксація зелених насаджень на території міста Києва : теорія та практика : монографія / А. А. Строчинський, В. В. Миронюк. – Корсунь-Шевченківський, 2013. – 178 с.

References

1. Anuchin, N. P. (1982). Lesnaya taksaciya [Forest taxation]. Lesnaya promishlennost, 552.

2. Kashpor, S. M., Storchynskyi, A. A. (ed.). (2013). Lisotaksatsiinyi dovidnyk dovidnyk: zatv. Derzhavnym ahentstvom lisovykh resursiv Ukrainy [Guide about forest taxation]. Kyiv, 496.

3. Nikitin, K. Je., Shvidenko, A. Z. (1978). Metody i tehnika obrabotki lesovodstvenoy informacii [Methods and technology of silvicultural information processing]. Moscow, 272.

4. Storchynskyi, A. A., Mironiuk, V. V., Manita, O. G. (dev.). (2007). Normatyvy ob'emu ta sortymentnoi struktury derev zabudovanoi chastyny mist [Volume quality structure standards in the urban city]. Kyiv, 62.

5. Svynchuk, V. A., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V. (2014). Matematychni modeli ob'emu derevnykh stovburiv osnovnykh lisoutvoriuvalnykh porid Ukrainy [Volume mathematical models of tree stem of main forest species in Ukraine]. Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 198, 58–64.

6. Sortymentnie tablicy dlya takscyi lesa na kornyu (1984). [Quality list for the taxation of the growing forest]. Kyiv, 629.

7. Storchynskiy, A. A., Mironiuk, V. V. (2013). Taksatsiia zelenykh nasadzen na terytorii mista Kyieva : teoriia ta praktyka [Taxation of urban forest in the city of Kyiv : Theory and Practice]. Korsun-Shevchenkivskiy, 178.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ДЕРЕВЬЕВ КАШТАНА ОБЫКНОВЕННОГО В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ КИЕВА А. Н. Лесник

Аннотация. Зеленые насаждения являются важным компонентом урбанизированной среды, значение которых в современных условиях является весьма значительным. Они выполняют полезные для общества функции, которые сложно оценить в денежном эквиваленте. Целью исследований является разработка аналитической модели определения объема деревьев каштана обыкновенного в зеленых насаждениях города Киева. Сбор исследовательских данных осуществлялся в зеленых насаждениях города Киева. Необходимость разработки нормативов объема и размерно-качественной структуры деревьев для каштана обыкновенного в условиях

урбанизированной среды привела нас к анализу основных положений лесотаксационной науки и наработок, связанных с выбранным объектом исследования. Следует отметить, что любое дерево является самостоятельным объектом лесной таксации, который требует специальных научных подходов и методов его измерений. Приведены морфологические особенности роста деревьев каштана обыкновенного в зеленых насаждениях города Киева. Проанализированы основные методические подходы при моделировании объема ствола дерева. Проведен корреляционный анализ основных таксационных признаков и установлены взаимосвязи между ними. Разработана математическая модель объема ствола дерева в относительных величинах, модель общего объема дерева и объема ствола к разветвлению дерева.

Ключевые слова: зеленые насаждения, математическая модель, видовое число, объем ствола, объем кроны, объем дерева, высота, диаметр.

MATHEMATICAL VOLUME MODELLING OF AESCULUS HIPPOCASTANUM TREES IN URBAN FOREST IN KYIV

O. Lesnik

Abstract. Urban forest is an important components of the urban environment, the importance of which today is growing. It has many useful functions for society, some of which are difficult to be estimated in monetary terms. The purpose of the research is to develop an analytical model for determination of Aesculus hippocastanum trees volume in green stands of Kyiv. Collection of experimental data was done in the urban forest of Kyiv. The need for development of standards of volume and size-quality structure of Aesculus hippocastanum trees in urban conditions led us to the analysis of the main provisions of forest inventory science and developments associated with this object of study. It should be noted that any tree is a separate forest inventory object, which requires special approaches and methods for its measuring. Morphological traits of growing of Aesculus hippocastanum trees in the city of Kyiv are described in this work. Main modeling methods of tree stem are analyzed. Correlation analysis of main taxation features is done and their relationship is illustrated. The mathematical volume model of the tree stem in relative quantity, the model of total tree volume and the model of the stem volume until the tree crotch are made.

Keywords: urban forest, mathematical model, form factor, the volume of the stem, crown volume, tree volume, height, diameter.