

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

03.01 – КМР. 1825 “С” 2020.11.19. 050 ПЗ

Бондар Геннадій Сергійович

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ННІ лісового і садово-паркового господарства

УДК 630*5: 582.632.2

ПОГОДЖЕНО Директор ННІ лісового
і садово-паркового господарства
П.І. Лакида

(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри таксації лісу
та лісового менеджменту

А.М. Білоус

(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Аналіз ходу росту штучних дубових деревостанів ДП
«Лубенське лісове господарство»

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітня програма Лісове господарство
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д. с.-г. наук, професор

(підпис)

Р.Д. Васишин

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

канд. с.-г. наук, ст. доцент

(підпис)

А.Ю. Терентьєв

Виконав

(підпис)

Г.С. Бондар

Київ-2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ лісового і садово-паркового господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
таксації лісу та лісового
менеджменту

д.с.-т.н., проф. А.М. Білоус

«26» листопада 2020 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
Бондару Генадію Сергійовичу

Спеціальність 205 – Лісове господарство

Освітня програма Лісове господарство

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Аналіз ходу росту штучних дубових деревостанів ДП «Лубенське лісове господарство»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 19 листопада 2020р.

№1825,С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру

2021.11.15
рік, місяць, число

Вихідні дані до магістерської роботи: Матеріали останнього лісовпорядкування дослідного підприємства.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Аналіз різних методів моделювання динамічних процесів в лісових екосистемах.

Методика збору, характеристика та первинна обробка дослідних даних.

Лісівничо-таксаційна характеристика лісів і господарської діяльності підприємства.

Встановлення особливостей динаміки ходу росту для основних таксаційних показників та розроблення проекту відповідних таблиць ходу росту для модальних насаджень.

Дата видачі завдання

”26” листопада 2020 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Терентьев А.Ю.

Завдання прийняв до виконання

Бондар Г.С.

РЕФЕРАТ

Випускна робота на здобуття освітнього ступеню Магістр присвячена вивченню сучасного стану штучних насаджених деревостанів дуба звичайного в межах діяльності ДП «Лубенське лісове господарство»

Робота складається з 4 розділів загальним об'ємом 75 аркушів, 12 таблиць та 12 рисунків.

В першому розділі розкриваються основні теоретичні питання моделювання динаміки таксаційних показників та актуальність розробки таблиць ходу росту для модальних насаджень, проаналізовано досвід науковців, що вивчали закономірності динамічних процесів в лісових екосистемах.

У другому розділі наведені методичні підходи до групування лісогосподарської інформації та методика розробки таблиць ходу росту.

В третьому розділі проведено аналіз сучасного стану всіх лісових насаджень в межах діяльності ДП «Лубенське лісове господарство»

В четвертому розділі запропоновано динамічну бонітетну шкалу та систему моделей динаміки росту для штучних дубових деревостанів в межах діяльності ДП «Лубенське лісове господарство»

В додатках до роботи наведено ескізи таблиць ходу росту для модальних насаджень відповідно до класів бонітету

Ключовими термінами магістерської роботи являються: моделювання, таблиці ходу росту, таксаційні показники, модальні насадження, дуб звичайний, хід росту, біометричні показники.

ЗМІСТ	
Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури.....	7
РОЗДІЛ 2. Моделювання ходу росту штучних деревостанів за основними таксаційними показникам.....	23
РОЗДІЛ 3. Аналіз таксаційних показників деревостанів ДП “Лубенське ЛП”.....	33
3.1 Розподіл площ і запасів за переважаючими породами.....	33
3.2 Вікова структура деревостанів.....	34
3.3 Типологічна структура деревостанів.....	36
3.4 Походження насаджень.....	38
3.5 Бонітетна структура насаджень.....	40
3.6 Повнота насаджень.....	41
3.7 Середні таксаційні показники за переважаючими породами.....	42
РОЗДІЛ 4. Моделювання таксаційних показників штучних дубових насаджень ДП “Лубенське ЛП”.....	44
4.1 Передумови моделювання насаджень.....	44
4.2 Моделювання динаміки середньої висоти.....	51
4.3 Моделювання динаміки інших таксаційних показників.....	54
4.4 Моделювання динаміки запасу.....	57
4.5 Моделювання частини деревостану, що вибирається.....	58
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	69

ВСТУП

Актуальність теми. Широке впровадження у практику ведення лісового господарства України інформаційних технологій обумовило розроблення ВО "Укрдержліспроєкт" електронної реляційної бази даних "Повидільна таксаційна характеристика лісу", що сформувало завдання щодо необхідності застосування методів обліку лісів, орієнтованих на особливості автоматизованої обробки даних.

Безперервне (щорічне) лісовпорядкування, як один із методів впорядкування лісового фонду країни, надає можливість отримати найбільш повну та достовірну інформацію про сучасний стан лісового фонду. Поглиблене вивчення закономірностей росту модальних деревостанів має особливе значення при проведенні безперервного лісовпорядкування, оскільки воно враховує не лише сучасний стан насаджень, але і їх зміну в динаміці.

Основним елементом наведених вище методів отримання оперативної інформації про стан лісового фонду виступають різноманітні за складністю та принципами побудови математичні моделі. Складність застосованих моделей коливається в широкому діапазоні від простих алгебраїчних рівнянь, до складних імітаційних моделей, здатних прогнозувати ріст насадження на десятиліття.

У сучасній практиці проектування біологічних систем часто використовується емпіричний підхід. Це пояснюється тим, що складну систему принципово неможливо достеменно описати та точно спрогнозувати її поведінку. Єдиний метод, що дозволяє полегшити проектування (а часто й експлуатацію) такої системи – це моделювання.

Об'єктом дослідження є процес росту штучних модальних деревостанів дуба звичайного в ДП «Лубенське ЛГ».

Мета роботи: Аналіз сучасного стану штучних дубових насаджень та розробка таблиць ходу росту для модальних насаджень дуба звичайного в межах діяльності ДП «Лубенське лісове господарство»

Методика досліджень: В основі моделювання ростових процесів деревостанів із використанням сучасної комп'ютерної техніки застосовувався системний підхід. Розрахунки виконувались на основі реляційної бази даних

"Повидільна таксаційна характеристика лісів" у частині інформаційної системи

"Управління лісовими ресурсами". Для встановлення наявності та ступеня

тісноти зв'язку між таксаційними показниками, класифікації вихідних даних,

моделювання зв'язків між ними, обчислення статистик рядів розподілу та

біометричних показників, застосовано методи біометрії (кореляційний,

регресійний та дисперсійний). Оцінка прийнятності та адекватності

математичних моделей проводилась за допомогою стандартних методів

математичної статистики та шляхом порівняння з природними. Для порівняння

отриманих результатів застосовувався графічний та аналітичний способи.

Практичне значення одержаних результатів: Розроблені таблиці ходу

росту для модальних деревостанів та комплекс моделей росту для штучних

насаджень дуба звичайного може бути використаний для аналізу та оцінки

поточного стану штучних насаджень дуба в регіоні дослідження.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

НУБІП України

Лісове господарство в Україні на даний час має одну з провідних ланок народного господарства. Безперервне багатоцільове використання продукції лісу потребує відновлення та обліку лісових ресурсів, прогнозу росту лісів, маючи на меті подальше планування лісгосподарських заходів та забезпечення необхідними ресурсами низку галузей народного господарства. Всі ці фактори є передумовами для створення систематизованого обліку лісів. Крім цього в умовах переходу лісового господарства на управління лісами використовуючи засади сталого розвитку, важливим питанням є розроблення нових нормативів прогнозу росту та оцінки стану лісів [14].

Системний підхід до управління лісовими ресурсами являє собою цілий ряд заходів, що будуть направлені на вдосконалення обліку, планування та управління лісовим господарством на основі впровадження автоматизованої системи управління на принципах безперервного та раціонального лісокористування та розширене відтворення лісових ресурсів. [10]

Системний підхід – це напрямок методології, в основі якого лежить розгляд об'єктів як систем; він спрямовує дослідника на розкриття цілісності об'єкта, на виявлення всіх зв'язків у ньому та зведення їх до єдиної системи.

С. Бір [16] запропонував розподілити всі системи за їх складністю та визначеним функціоналом. Він виділяв наступні види систем:

- прості динамічні;
- складні, що піддаються опису;
- дуже складні.

Хоч даний поділ носить умовний характер, він прийнятний з практичної точки зору. Ми маємо справу з дуже складними та складними системами. Лісова екосистема виступає як велика дифузна система, через це її математичне обґрунтування та вивчення є доволі складною задачею. В подібних системах не

можливо розділити вплив факторів, дані системи мають велику кількість факторів, фактори різні за своєю природою але знаходяться у тісному взаємозв'язку. А.А. Дячунов та Г.П. Багриновська [19] виділили наступні

особливості лісової екосистеми:

- складність внутрішньої будови, тобто велика кількість процесів, що проходять в системі;
- багатofакторність зовнішнього середовища;
- енергетична незамкнутість, тобто вплив навколишнього середовища на моделювання лісової системи;
- саморегуляція або прагнення до стійкого стану;
- мультистабільність або висока здатність реагувати на різні впливи;
- динамічність – постійно розвивається як в просторі, так і в часі;
- суттєва нелінійність в залежностях між елементами системи;
- переривчастий характер біосистемних зв'язків.

На сьогоднішній час системний підхід активно застосовують у роботах з лісового господарства і він має значний вплив на методика досліджень.

Практика застосування даного підходу наведена у працях багатьох вчених. В сучасному виділяють

Практичне застосування системного підходу у лісовій науці наведено у працях К.К. Буна, [19, 299, 37] та інших вчених. Останнім часом виділяють два різних підходи до математичного опису великих систем:

- перший, описаний в праці В.В. Налімова [45], використовує методи регресійного аналізу. Даний метод дає можливість створювати складні математичні моделі з великою кількістю незалежних змінних, але його недоліком є неможливість включення в модель всіх необхідних змінних, в основному через велику варіацію даних змінних. Даний метод є найбільш поширений при вивченні біологічних об'єктів та їх систем.
- другий підхід кібернетичний, базується на вивченні властивостей та функцій системи з метою її оптимального управління. На думку К.Є.

Нікітіна та А.З. Швиденка [48] через велику дисперсію вихідних даних моделі кібернетичного типу не дають бажаної точності та надійності їх застосування. Як свідчать дослідники [45, 48], ні один з підходів не дає

високої точності отримання математичних моделей, що, в цілому, пояснюється наведеними вище властивостями лісової екосистеми.

Системний підхід не може визначити проблему безпосередньо, він епірається на низку конкретних наук, таких як лісова таксація, лісівництво, математична статистика та інші, які є основою для проведення досліджень. Тому, використовуючи системний підхід, необхідно

застосовувати універсальний метод дослідження яким є математичне моделювання.

Моделюванням називають вивчення явищ, систем об'єктів, процесів

побудовою та дослідженням їх моделей, використання наступних для розрахунку

та актуалізації характеристик та раціоналізації способів створення створених об'єктів. Є однією з основних категорій теорії пізнання.

Модель системи аксіом являє собою певну сукупність об'єктів, об'єктів,

властивості яких і відносини між якими задовольняють дані аксіоми, що являються спільним визначення даної сукупності об'єктів.

Як говорив В.А. Шгофф, модель являє собою уявну або матеріально реалізовану систему, що представляючи об'єкт досліджень, здатна замінити об'єкт досліджень і проводити дослідження об'єкту по даній системі.

Математичні моделі виконують самі різноманітні ролі в залежності від їх цілей та методів побудови, а також від особливості модельованих явищ або процесів. Моделі можуть бути емпіричні та структурні, статичні та динамічні

[49]. Емпіричні моделі візуалізують об'єкт досліджень. Дані моделі мають

індуктивний характер, тобто йдуть від експерименту до узагальнення та встановлення закономірності. При побудові функціональної моделі необхідно задати суть та причинно-наслідкові зв'язки необхідних для даної моделі величин.

Дані моделі базуються на методи дедукції та складаються з законів та загальних передумов. Для моделювання лісових процесів зазвичай застосовуються емпіричні моделі [48].

1. Моделі апроксимації та інтерполяції, які застосовуються у випадках коли дослідні та виробничі дані необхідно представити в вигляді аналітичних виразів;

2. Моделі управління;

3. Моделі прогнозу (екстраполяції).

Також застосовують імітаційне моделювання, яке на даний час можливе при допомозі ЕОМ. В основі напряду лежить біокібернетичний принцип.

В модельованій системі визначають головні зв'язки та залежності, при допомозі яких створюється комплекс моделей або модель. Створена модель має відповідати модельованій системі. Недоліком є можливість невірної суб'єктивного визначення зв'язків, що беруться за основу при моделюванні.

Імітаційне моделювання якісно новий етап досліджень біопродуктивності лісів. Однак відставання емпіричних знань в цьому питанні від зростаючої потреби комп'ютерів часто замінює конкретні знання інтуїцією дослідника [4].

Однак метод самоорганізуючої моделі зовсім не піддається змістовній інтерпретації, що має небезпеку відриву математичної форми від біологічного змісту. Найбільш поширеним в лісовій таксації методом є регресійний аналіз [21,

27, 32]. За його допомогою можна встановити математичний вираз залежності однієї величини від іншої. Перевагою цього методу є поєднання уявлення дослідника про модельований об'єкт в частині добору рівняння для апроксимації та об'єктивні математичні розрахунки коефіцієнтів цього рівняння, які на відміну від імітаційних, усувають певною мірою суб'єктивізм людини.

Розрізняють лінійні та нелінійні регресійні рівняння, при чому цей термін може відноситись як до коефіцієнтів рівняння, так і до незалежної змінної. Теорія нелінійної оцінки зв'язків достатньо складна, тому при дослідженні лісових систем використовують лінійні рівняння (відносно коефіцієнтів) [4].

Математичне моделювання включає в себе наступні послідовні етапи :

1. Обґрунтування мети та постановка основних задач дослідження об'єкта
2. Попереднє вивчення об'єкту, виділення його суттєвих характеристик,

встановлення обмежень та показників ефективності процесу;

3. Вибір, а при необхідності коригування або розробка нових технічних передумов для моделі, що розробляється;

4. Підготовка вихідних даних (вихідної інформації) для моделі, постановка експерименту;

5. Проведення розрахунків моделі, аналіз отриманих результатів та їх співставлення з характеристиками реального об'єкту;

6. Коригування (при необхідності) розробленої моделі;

7. Реалізація (практичне використання) результатів моделювання, оформлення процесу моделювання в вигляді методик та інструкцій.

Д. Майро (1973) виділяє три основні принципи моделювання росту насаджень [7, 3].

Перший принцип полягає в тому, що основною одиницею моделювання є окреме дерево. Для розробки моделі росту насадження необхідні дані таксації частин деревного стовбура, вимірів крони, оцінки біологічної конкуренції деревостанів та їх просторового розміщення на площі.

Другий принцип полягає в тому, що основною одиницею моделювання також буде окреме дерево, але змінними моделі будуть таксаційні ознаки дерев без врахування їх просторового розміщення та даних таксації частин деревного стовбура.

Третій принцип моделювання полягає в тому, що основною одиницею моделювання є деревостан і моделі будуються для сукупності насаджень за їх середніми таксаційними показниками.

Моделі першого типу створюються на основі детальної інформації про ріст та розвиток окремих дерев у насадженні, зокрема: тип умов місцезростання, фактор конкуренції дерев, зміна ширини та довжини крони, відстань між

деревами, аналіз ходу росту деревного стовбура, поточний приріст за діаметром та висотою за певний проміжок часу (5-10 років) вздовж стовбура, положення дерева в системі координат.

Цей напрям моделювання отримав широке застосування в Північній Америці.

Зокрема моделі Невнова (1964), Лея (1967), Ліна (1970), Беллі (1971), Мітчелла [6], Арнея (1972) а також інші, хоч і мають деякі розбіжності в деталях, є подібними в принципі [24, 7]. Кожний із вище перерахованих вчених вніс свій доробок у розробку математичних моделей за цим напрямом. Невнов, наприклад, перевіряв вплив різних просторових розподілів дерев на деревний відпад. Беллі створив інтерактивний алгоритм для визначення меж впливу конкуренції. Арней показав можливість використання для імітаційного моделювання насаджень поточний приріст кожного дерева за 5-річчями [4]. Моделі даного типу дають

можливість отримати цілком повну інформацію про будову деревостану та головне його призначення – перевірити вплив на ріст лісу різних лісогосподарських заходів, таких як схема посадки, рубки догляду та підживлення. Найбільшою перешкодою для застосування цих моделей є необхідність інформації про просторовий розподіл дерев та даних таксації частин деревного стовбура.

Моделі другого типу розробляються з використанням залежностей відносного приросту за висотою, діаметром та об'ємом від таксаційних показників дерева і насадження, факторів навколишнього середовища. В цих моделях знайшли широке застосування функції розподілу дерев за діаметром, висотою та іншими показниками. Найбільше поширення ці моделі отримали у скандинавських країнах.

Прихильники “аналітичного” методу моделювання ходу росту насаджень концентрують увагу на розвитку математичної теорії та сумісності функцій приросту та загальної продуктивності насаджень. З іншого боку, при емпіричному вивченні функції росту зазвичай застосовується регресійний аналіз

з підбором найбільш придатної моделі не звертаючи увагу на сумісність функцій приросту та продуктивності [10, 21, 39]. Обидва методи, як „аналітичний” так і емпіричний забезпечують достатню значущість результатів і важко з впевненістю стверджувати, який спосіб кращий для побудови моделей росту та продуктивності деревостанів.

Моделі другого типу потребують менше інформації і можуть бути корисними при створенні системи прийняття рішень (при виборі варіанту ведення лісового господарства), їх суттєвим недоліком є низька надійність при прогнозуванні приросту окремих дерев.

Моделі третього типу широко використовуються в різних країнах в вигляді таблиць ходу росту [8, 10]. Таблиці ходу росту та продуктивності деревостанів знайшли широке застосування в країнах колишнього Радянського Союзу. У своїй роботі М.М. Свалов [59] провів детальний огляд та аналіз методів складання таблиць ходу росту та продуктивності насаджень (описано 12 методів). Крім того, розробив новий метод складання цих таблиць, який включає випадковий відбір вихідних даних, класифікацію насаджень за верхньою висотою та віком деревостанів, моделювання рівнів повноти та продуктивності деревостанів [57, 59, 72, 74]. Професором М.В. Третьяковим була запропонована ідея виділення типів росту [65], яка знайшла підтримку та була розвинена у працях К.Є. Нікітіна [48] та М.В. Давідова [23]. Останній в своїх працях запропонував при вивченні ходу росту насаджень розглядати три типи росту і розвитку насаджень:

- 1) звичайний тип росту;
- 2) з уповільненим ростом в молодому віці;
- 3) з швидким ростом в молодому віці.

Його дослідження підтвердили той факт, що дубові насадження насінневого походження до 60-70 років зазвичай ростуть повільно, однак у більш старшому віці інтенсивність росту збільшується [21].

Професор В.В. Загребєв [30] розробив загальні таблиці ходу росту для соснових насаджень базуючись на вивченні загальних закономірностей та

географічних особливостей росту насаджень, а також вивчення закономірностей та зв'язку окремих таксаційних показників між собою та умовами місцезростання. Дані цих загальних таблиць відображають типові лінії ходу росту насаджень за класами бонітету. Основне їхнє призначення, бути еталоном для порівняльної оцінки ходу росту насаджень окремих географічних районів та бути джерелом інформації для розробки загальних таксаційних нормативно-довідкових даних.

Радянські вчені-лісівники використовували біофізичний підхід до теорії росту лісу та математичні методи для оцінки біологічних закономірностей росту деревостанів. Моделюванням росту насаджень на Б.О.М. займались К.Є. Нікітін [47-50], А.З. Швиденко [68], В.В. Антанайтіс [8], Н.Н. Свалов [57], В.В. Загребєв [0], П.І. Лакида [5], М.В. Давідов [23] та багато інших вчених [29, 45, 67, 71, 74 та інші].

Для дубових насаджень вперше таблиці ходу росту були складені професором Б.А. Шустовим [23].

Моделювання росту лісу, в значній мірі, залежить від наявності достатньої кількості точної та повної інформації. Збір такої інформації, як уже відмічалось вище, дуже трудомісткий та дорогий процес. Однак для цього не обов'язково мати великий банк даних постійних пробних площ, відносно мала кількість проб, особливо корисних для створення системи прийняття рішень, в поєднанні із тимчасовими вибірковими пробними площами та аналізами ходу росту деревних стовбурів, можуть забезпечити достатню кількість даних для розробки прийнятних функцій росту насаджень. На сьогодні створено велику кількість таблиць ходу росту та продуктивності деревостанів, проте лісовпорядкувальна практика не має комплексу стандартизованих, достатньо точних таблиць, які були б прийнятні для всіх стадій проектування. Більша частина таблиць відображає ріст деревостанів одного, середнього, класу бонітету. За цією причиною такі таблиці мають обмежене використання на практиці. Вихідний матеріал, в основному, згрупований за класами бонітету загальної бонітетної

шкали, тобто за статичними рядами розподілу деревостанів за класами віку та висоти і при цьому не враховуються природні ряди розвитку [26]. М.М. Свалов [56] провівши аналіз застосування комбінованих методик складання таблиць ходу росту відмітив, що більшість дослідників віддає перевагу бонітету, як класифікаційній одиниці. При такому підході тип лісу має допоміжне значення. Хоча деякі вчені при складанні таблиць ходу росту підбирали дослідний матеріал за типами лісу, зокрема І.М. Науменко [46], В.І. Льовін [6], М.В. Давідов [25, 26] та інші. Однак при кінцевому зведенні матеріалу в ряди продуктивності всі вище перераховані дослідники віддали перевагу класу бонітету. Як уже відмічалось, застосування загальної бонітетної шкали виключає можливість побудови природних рядів розвитку [30]. Помилки, що пов'язані зі статичністю цієї шкали та невідповідністю прийнятні для деревних порід з різною біологією.

Методично допустимо застосовувати лише масштаб цієї шкали в базовому віці, але ліній розвитку висот отримувати за даними аналізу ходу росту стовбурів або за значеннями верхніх висот, як було запропоновано К.С. Нікітіним [50], М.М. Сваловим [58], В.В. Загресвим [30] та ін. Тобто виникла необхідність у створенні динамічних бонітетних шкал, які б характеризували особливості росту кожного окремого деревного виду.

Основною класифікаційною ознакою продуктивності насаджень є їх середня висота. Середня висота насадження є одним з основних таксаційних параметрів, в тісній залежності з яким знаходяться майже всі інші таксаційні показники [19]. Однак, розглядаючи висоту в зв'язку з віком, як найбільш досконалу основу для класифікації деревостанів за продуктивністю, слід розглянути питання про прийнятність середньої висоти та тенуючої загальної шкали класів бонітету для побудови рядів розвитку деревостанів. Ще в 1913 році професором А.В. Тюрніним [159] було доведено, що незалежно від району зростання, спостерігаються загальні тенденції в рості насаджень, різниця полягає лише в їх походженні.

Таблиці ходу росту є основою нормативно-довідкових даних при веденні лісового господарства, обліку лісів та їх ресурсів. Необхідність цих таблиць полягає у застосуванні їх при проектуванні лісогосподарських міроприємств та здійсненні заходів по підвищенню продуктивності лісів. Існує декілька видів таблиць ходу росту, зокрема для нормальних, оптимальних та модальних насаджень. Модальні таблиці ходу росту слугують для відображення існуючого стану лісів в даний період та мають широке застосування при проектуванні лісогосподарських заходів. На відміну від таблиць ходу росту для нормальних деревостанів, модальні таблиці в значній мірі залежать від способів та режимів господарювання, що проводяться у лісі [30].

Методика складання таблиць ходу росту подібна як для нормальних, так і для модальних насаджень. Основна відмінність полягає у тому для якої повноти проводяться розрахунки – для нормальних (повних) деревостанів відображається динаміка таксаційних показників при відносній повноті 1,0 а для модальних – при тій повноті яка є середньою або найбільш поширеною (модальною) для даних насаджень. Існує багато методик складання таблиць ходу росту [19]. Спільною ознакою для всіх є наявність двох етапів.

Перший – встановлення типу росту насадження. Тип росту характеризує особливість росту насадження за певним таксаційним показником. Тип росту залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які, головним чином, визначаються географічним положенням [26]. Основне завдання таблиць ходу росту полягає у відображенні всіх особливостей росту (типів росту) деревостанів, для яких вони складаються. На думку Свалова [59] не може існувати загальних таблиць ходу росту, вони повинні складатись для насаджень окремого лісорослинного району, окремо за породами та за класами бонітету. В своїх дослідженнях теж будемо притримуватися саме цього принципу. Є декілька способів визначення ходу росту насадження. Статичний метод (метод “смужок”) передбачає, що збираються статистичні дані таксаційного показника для всього вікового проміжку певного типу насаджень. Після цього, на їх основі, статистичними

методами розраховується крива-гід, яка відображає тенденцію ходу росту цього типу насадження за вказаним показником [19]. Недоліком такого методу є дещо формалізований підхід, при якому розвиток деревостану у часі намагаються дослідити за допомогою статичних вимірювань, що не враховують його динаміки.

Метод вказівних насаджень базується на тому судженні, що завжди можна знайти характерний для певного типу насаджень деревостан або їх сукупність, які будуть максимально повно характеризувати цей тип (типові насадження).

Сукупність таких насаджень у віковому діапазоні утворюють “природний ряд”. Як вже зазначалось вище, дослідження ходу росту деревостану від початку його життя до головної рубки за допомогою постійних пробних площ є нерациональним, оскільки займає дуже багато часу. Тому такі “природні ряди” призначені скоротити строк досліджень, одночасно зберігаючи високу достовірність вихідних даних. Визначення приналежності окремого насадження до “природного ряду” проводиться на основі вимірювань тимчасових пробних площ та аналізів ходу росту деревних стовбурів [45, 61].

Типологічний метод передбачає, що насадження, які належать до одного типу умов місцезростання мають спільний хід росту. Іноді сюди додають умову, що насадження, в яких проводяться дослідження, повинні належати ще і до одного типу лісу [42]. Як правило, основним таксаційним показником для встановлення ходу росту є середня висота насадження. Середня висота має меншу варіацію ніж середній діаметр, кількість стовбурів чи запас. Деякі автори [28] стверджують, що більш придатним показником є верхня висота деревостану (висота найбільших дерев) – вона є більш стабільною, має ще меншу варіацію, ніж середня висота, та майже не залежить від рубок догляду. Зв'язок верхньої висоти із середньою дуже тісний, тому перехід здійснюється без втрат точності даних. Однак верхня висота не має широкого застосування на виробництві і тому при складанні нормативно-довідкових даних користуються саме середньою висотою. Другий етап – встановлення взаємозв'язків (як правило регресійних)

між таксаційними ознаками встановлених природних рядів. Цей аналіз може виконуватись на основі даних тимчасових пробних площ, оскільки кількість постійних буває недостатньою, а також на основі даних таксаційної характеристики модальних насаджень. Крім того, можливо використовувати комбіновані методи складання таблиць ходу росту, коли поєднують статистичний та аналітичний методи. Наприклад, динаміка висоти розраховується на основі даних аналітичного підходу, а всі інші параметри встановлювались за допомогою регресійних залежностей на багатому статистичному матеріалі лісовпорядкування [52, 57]. Як уже зазначалося вище, незважаючи на те, що як в нашій країні, так і за її межами було створено велику кількість таблиць ходу росту, лісовпорядкувальна практика не має на сьогодні таких нормативів, які можливо було б використовувати для різних стадій проектування лісових об'єктів та мали б достатню точність їх застосування.

Взагалі, створення єдиних (універсальних) таблиць росту для всіх насаджень неможливо, оскільки кожне з них має свої особливості. Негативну оцінку створення загальних таблиць дав М.В. Третьяков [64, 65] назвавши таку теорію неспроможною. Його оцінка була прийнята у наукових колах без обговорення.

Тому виникла проблема у групуванні створених таблиць за певними таксаційними ознаками. Зокрема, вчені прийшли до висновку, що таблиці ходу росту та продуктивності насаджень мають бути поділені за породним складом, тобто складатися окремо для кожної породи. В тому випадку, якщо такі таблиці створюються для другорядних порід, які рідко зустрічаються у насажденні, їх можливо об'єднувати у групи (наприклад: м'яколистяні). Більша частина таблиць, що вже існують, відображають ріст деревостанів одного, середнього класу бонітету. Такі таблиці мають обмежене застосування на практиці. При складанні місцевих таблиць використовується обмежений експериментальний матеріал і тому невідома точність їх складання. Крім того, весь експериментальний матеріал згрупований, основним чином, за класами бонітету загальної бонітетної шкали проф. М.М. Орлова, тобто за статичними рядами

розподілу деревостанів за класами віку та висоти, але не за природними рядами розвитку [19]. Відповідно, на цій основі в якості таблиць ходу росту розроблені не таксаційно-статистичні моделі продуктивності. В зв'язку з цим, на думку М.М. Свалова [56], більшу частину тих таблиць ходу росту, що маємо, не можна розглядати як надійний інструмент для проектування лісовпорядкувальних робіт, а для інвентаризації лісу вони взагалі непридатні. Основними класифікаційними одиницями, які набули поширення при складанні таблиць ходу росту, є бонітет та тип лісу. Зокрема у методах Баура, Брюса [24], Анучина [19] групування вихідного матеріалу здійснюється за класами бонітету. В свою чергу „фінський“ або типологічний метод та метод ІНДШГ спирається на класифікації експериментального матеріалу за типами лісу. Іноді за класифікаційну основу брали й інші показники, а саме англійські вчені Хумель і Крісті (Hummel and Christie) [5] в якості такої основи використовували верхню висоту. Класи бонітету бралися на основі графіка „вік – верхня висота“. До того ж самого висновку прийшли також німецькі вчені Ассман і Франц (Assmann, Franz) [2], але вони крім верхньої висоти також здійснювали поділ за трьома рівнями повноти: максимальний, оптимальний та критичний. Ідею використання верхньої висоти в якості класифікаційної одиниці підтримали також вчені Швеції, Латвії, Італії та Чехії [2, 3, 4, 41]. К.Є. Нікітін технічно реалізувавши ідею диференціації деревостанів за темпом їх росту в молодому віці, відкрив новий оригінальний метод складання таблиць ходу росту.

При використанні комбінованих методів складання таблиць продуктивності насаджень теж в основному віддають перевагу бонітету, як класифікаційній основі, зокрема це А.М. Поляков [53], В.В. Загрєєв, М.М. Гусєв, М.Я. Саліков [31] та інші. Ф.П. Моїсєєнко [44] групував матеріал як за бонітетами, так і за типами лісу, але в остаточному результаті все рівно віддав перевагу класу бонітету. До такого самого висновку прийшли І.М. Науменко [20], А.Д. Дударєв, В.І. Льовін [36], М.В. Давидєв [23,26] та інші. Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що більшість методів складання

таблиць ходу росту надають перевагу бонітету як класифікаційній основі, а тип ґрунту може виконувати лише допоміжне значення. В той же час клас бонітету (клас добротності) може визначатися різними способами, зокрема за ґрунтовими умовами, за середнім річним приростом та за висотою і віком. Клас бонітету за ґрунтовими умовами вперше був використаний при складанні перших таблиць ходу росту у Німеччині Пфейлем та Котта. У нашій країні у 1847 році А.Ф. Варгає де Бедемар застосував ґрунтові умови як допоміжну класифікаційну ознаку [57]. На сьогодні в країнах Центральної Європи застосовується клас бонітету, що визначається за середнім річним приростом. При цьому деревостан ділять на частини за ступенями продуктивності, що виражаються у одиницях загального середнього річного приросту та позначаються індексами (Наприклад: індекс 10 означає, що приріст рівний 10 м³ в середньому за період від 0 до 100 років) [57].

Клас бонітету, що визначається за віком та середньою висотою насадження застосовується при складанні таблиць продуктивності деревостанів ще з початку минулого сторіччя. Наукове обґрунтування цієї класифікаційної одиниці приведено в роботі проф. М.М. Орлова [51]. Розглядаючи висоту у зв'язку із віком, як найбільш досконалу основу для класифікації насаджень виникла необхідність розглянути придатність існуючої загальної бонітетної шкали для побудови природних рядів розвитку деревостанів. Слід відмітити, що шкала була створена для оцінки продуктивності деревостанів у статистиці. Недосконалість існуючої бонітетної шкали для класифікації насаджень відмічало багато вчених (Третьяков [65], Карпов, Нікітін, Льовін [36], Козловецький, Стьопін [34], Свалов [36], Загрєєв [31, 30] та інші). Зокрема в своїх роботах М.В. Третьяков [65] вважав за необхідне створення трьох бонітетних таблиць, які відображали б три типи розвитку насаджень, а саме: середній, зі спадаючою та зі зростаючою інтенсивністю росту. А.М. Карпов вважав недосконалим поділ насаджень на рівні класи бонітету, він запропонував створення бонітетної шкали яка має 10 неоднакових за величиною класів. В.І. Льовін [36] на основі таблиць ходу росту,

використовуючи графічний метод, отримав виправлений варіант загальної бонітетної шкали

В.В. Козловський та В.В. Стьопін [34] методом усереднення бонітетної

шкали та таблиць ходу росту створили дві бонітетні шкали одна з яких була для швидкоростучих осикових, вільхових та березових деревостанів, а також окремо для деревостанів паросткового походження.

К.Є. Нікітін реалізував ідею М.В. Третьякова, створивши для насаджених насаджень три бонітетні шкали. Основна таблиця для деревостанів з помірним ростом була отримана із загальної шкали шляхом математичного вирівнювання.

Дві інші таблиці відображають ріст повільно- та швидкоростучих деревостанів.

На відміну від інших дослідників К.Є. Нікітін використовував не лише таблиці ходу росту, але й зібраний експериментальний матеріал. При практичному

використанні виявилось незручним використання трьох бонітетних шкал,

оскільки їх застосування потребує нових розробок зі встановлення інтенсивності розвитку деревостанів в різних умовах росту. Іншої думки притримується М.В.

Давидов [24], відмітивши, що проведення декількох тренувань із проведенням спрощеного аналізу ходу росту за висотою, кожен таксатор зможе визначити тип

росту деревостану. В.В. Загребєв [30] виділив 14 типів розвитку для соснових насаджень, однак для статичної оцінки продуктивності він запропонував єдині таблиці для групи деревних порід.

Проаналізувавши наведені вище дослідження різних вчених, розроблені ними бонітетні таблиці та пропозиції щодо їх покращення М.М. Свалов [57]

відмітив, що у вітчизняній практиці укорінилась думка про зручність застосування загальних для всіх порід бонітетних шкал. Однак всі пропозиції з покращення існуючих бонітетних таблиць не виключають головного їх недоліку

– статичності. Тому бонітетні шкали мають бути динамічними і слугувати

класифікаційною основою для побудови таблиць ходу росту. Особливо це стосується таблиць, які будуть розроблятися для модальних насаджень, крім

того, такі бонітетні шкали мають складатися окремо для кожної деревної породи

[30, 56, 57]. Сьогодні в Україні використовують бонітетні шкали для насінневих та порослевих деревостанів аналітично вирівняна К.Є. Нікітіним та О.В. Поляковим з використанням розкладання за непарним ортогональним

многочленом Чебишева, а також апроксимовані за допомогою ростових функцій

Мітчерліха і Томазуса С.М. Кашпором та А.А. Строчинським [38].

Проаналізувавши дану інформацію можна зробити певні висновки, а саме:

1. Лісове насадження є дуже складною системою і при створенні моделей розвитку даної системи необхідно застосовувати системний підхід.

2. Для опису та детального вивчення діючих зв'язків процесу росту деревостанів лісова наука потребує широкого використання математичного моделювання та використання статистичних методів, серед яких важливе місце має регресійний аналіз.

3. Таблиці ходу росту виступають як основа для нормативно-довідкової інформації при веденні лісового господарства. Вони дуже необхідні для проектування лісгосподарських заходів. Модальні таблиці як різновид таблиць ходу росту відображають існуючий стан лісових насаджень та дуже корисні при прогнозі

РОЗДІЛ 2.

МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ ШТУЧНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ЗА
ОСНОВНИМИ ТАКСАЦІЙНИМИ ПОКАЗНИКАМ

Модель являє собою об'єкт, систему або поняття (ідею) у деякій формі, відмінній від форми їхнього реальною існування. Вона слугує засобом, що допомагає в поясненні, розумінні або вдосконаленні системи. Модель будь-якого об'єкта може бути або точною копією цього об'єкта (хоча і виконаної з іншого матеріалу та в іншому масштабі), або відобразити деякі характерні властивості об'єкта в абстрактній формі.

Математичні моделі використовують при прогнозуванні поведінки модельованих об'єктів.

При використанні математичного моделювання дослідник повинен насамперед визначити, як створити (одержати, розробити) модель. Математичний опис є відбиттям фізичної сутності процесу із властивими йому особливостями й обмеженнями. Ці особливості й обмеження повинні враховуватися як при формулюванні завдання, так і при складанні опису й виборі чисельного методу моделювання.

Існує кілька видів математичних описів, однак найпоширенішими є детерміновані й статистичні [72].

Детермінований опис (і відповідно модель) будується на основі фундаментальних теоретичних законів і закономірностей. Він складається із законів термодинаміки, хімічної кінетики, законів збереження маси, енергії й враховує такі явища, як дифузія, теплопередача, гідродинаміка, перемішування тощо.

Статистичний опис заснований на обробці експериментальних даних.

Досліджуваний об'єкт характеризується вектором факторів, що визначають цільову функцію або вихідні параметри. При плануванні експерименту збираються дані для визначення коефіцієнтів залежності між вхідними й вихідними параметрами процесу. Є багато варіантів встановлення такої

залежності на основі статистичного аналізу. Основні труднощі полягають у виборі вектора стану, елементи якого дійсно характеризували б поводження реального процесу, а також в одержанні залежності, що допускає не тільки інтерполяцію, а й екстраполявання рішення за межі області визначення коефіцієнтів цієї залежності. Кожен варіант дає можливість побудувати модель, адекватну процесу за обраним критерієм. Застосовуючи різні способи, можна одержати безліч моделей, ізоморфних досліджуваному об'єкту.

Отже, при виборі структури моделі, критерію адекватності моделі процесу, а також її параметрів, необхідно враховувати мету моделювання й завдання, що ставиться при розробці моделі.

Іншим завданням, що виникає перед розробником при використанні моделювання в процесі проектування, є підготовка математичної моделі. При вирішенні цього завдання модель приводиться до якої-небудь стандартної структурної схеми дискретного процесу, а система рівнянь - до дискретної форми, що дозволяє використати ЕОМ. Цей етап моделювання завершується математичним описом процесів і структурною схемою всієї модельованої системи, яка повинна бути ідентична структурній схемі.

За визначенням В.А. Штоффа, модель - це уявно або матеріально реалізована система, яка, відображаючи або відтворюючи об'єкт досліджень, спроможна замінити його так, що вивчення останньої дає нову інформацію про цей об'єкт.

Для моделювання процесів, які відбуваються у лісі, в основному, використовують емпіричні моделі [7,14]:

- моделі апроксимації та інтерполяції, які застосовуються у випадках, коли дослідні та виробничі дані необхідно представити у вигляді аналітичних виразів;
- моделі управління;
- моделі прогнозу (екстраполяції).

Стосовно природничих і технічних наук прийнято виділяти наступні види моделювання:

- концептуальне, при якому сукупність вже відомих фактів або уявлень щодо досліджуваного об'єкта чи системи, пояснюється за допомогою деяких спеціальних знаків, символів, операцій над ними або використанням природної чи штучної мов;

- фізичне, при якому модель і модельований об'єкт являють собою реальні об'єкти або процеси єдиної чи різної фізичної природи, причому між процесами в об'єкті-оригіналі й у моделі виконуються деякі співвідношення подоби, що впливають з подібності фізичних явищ;

- структурно-функціональне, при якому моделями є схеми (блок-схеми), графіки, креслення, діаграми, таблиці, рисунки, доповнені спеціальними правилами їхнього об'єднання й перетворення;

- математичне (логіко-математичне), при якому моделювання, включаючи побудову моделі, здійснюється засобами математики й логіки;

- імітаційне (програмне), при якому логіко-математична модель досліджуваного об'єкта являє собою алгоритм функціонування об'єкта, реалізований у вигляді програмного комплексу для комп'ютера.

В останній період, поряд з бурхливим розвитком та розповсюдженням інформаційних систем широкого розповсюдження набуло імітаційне моделювання. В основі цього напрямку знаходяться принципи біокібернетики [8,

18]. У системі, що моделюється, визначаються найсуттєвіші, найпринциповіші зв'язки та залежності, на основі яких створюється модель або комплекс моделей.

Передбачається що створена модель повинна працювати таким же чином, як і система, що моделюється. Недоліком цього методу є суб'єктивне визначення науковцем тих зв'язків, що беруться за основу при моделюванні.

Імітаційне моделювання нагадує фізичний експеримент. Звідси перша перевага імітаційних моделей - наочність результатів моделювання (як остаточних, так і проміжних). Якщо при аналітичному моделюванні

забезпечується подібність характеристик об'єкта та моделі, то при імітаційному - подібність є в самих процесах, що відбуваються у моделі та в реальному об'єкті.

Одна з основних переваг імітаційних моделей - можливість моделювання навіть у тих випадках, коли аналітичні моделі або відсутні, або (через складність системи) не забезпечують практично зручних результатів. Досить просто при імітаційному моделюванні реалізуються алгоритми обробки результатів рішень для виробництва.

Імітаційне моделювання дозволяє врахувати вплив більшої кількості випадкових і детермінованих факторів, а також скласти залежності при введенні у модель відповідних елементів й операцій. З погляду збору статистичних даних імітаційна модель дає можливість проводити активний експеримент за допомогою цілеспрямованих змін параметрів моделі на будь-якій множині реалізацій. Останнє дозволяє досліджувати оптимальні функції якості (функціонали) системи за допомогою FOM.

До переваг імітаційного моделювання стосовно біологічних систем відносять: динамічний характер відображення системи, можливість обліку випадкових факторів і складних залежностей від них; порівняльна простота введення модифікацій у модель (оскільки її структура аналогічна функціональній і логічній структурам системи); можливість дослідження системи на будь-якій множині реалізацій її функціонування, тобто проведення статистичних експериментів; практично необмежені можливості застосування різних видів математичного апарату [17].

Разом з тим відставання емпіричних знань у цьому питанні від зростаючої потужності комп'ютерів часто замінює конкретні знання інтуїцією дослідника [67]. Однак метод самоорганізуючої моделі зовсім не піддається змістовній інтерпретації, що має небезпеку відриву математичної форми від біологічного змісту.

Основний метод, за допомогою якого можна встановити математичний вираз залежності однієї величини від іншої або декількох, є регресійний аналіз.

Враховуючи його простоту та можливість застосування до різних об'єктів, не випадково він набув найбільшого поширення в лісовій таксації [11, 34, 45, 50, 66]. Перевагою цього методу є поєднання уявлення дослідника про

модельований об'єкт в частині добору рівняння для апроксимації та об'єктивні математичні розрахунки коефіцієнтів цього рівняння, які на відміну від імітаційних, усувають певною мірою суб'єктивізм людини.

Розрізняють лінійні та нелінійні регресійні рівняння, причому цей термін може відноситись як до коефіцієнтів рівняння, так і до незалежних змінних.

Теорія нелінійної оцінки зв'язків достатньо складна, тому при дослідженні лісових систем використовують лінійні рівняння (відносно коефіцієнтів) [67].

При моделюванні росту насаджень, враховуючи їх біологічні особливості, потрібно дотримуватись певних принципів. Так, Д. Манро виділяє три основні принципи моделювання [17].

Перший принцип визначає основною одиницею моделювання окреме дерево. Для розробки моделі росту насадження необхідні дані таксації частин деревного стовбура, вимірів крони, оцінки біологічної конкуренції деревостанів та їх просторового розміщення на площі.

На відміну від першого принципу, другий передбачає основною одиницею моделювання також окреме дерево, але змінними моделі будуть таксаційні ознаки дерев без урахування їх просторового розміщення та даних таксації частин деревного стовбура.

Третій принцип моделювання передбачає основну одиницею моделювання - деревостан і моделі будуються для сукупності насаджень за їх середніми таксаційними показниками.

Моделі першого типу набули поширення в Північній Америці. Як зазначалося вище, для розробки моделей використовують детальну інформацію про ріст і розвиток окремого дерева. Найвідомішими є моделі Невнова, Лея, Ліна, Белли, Мітчелла, Арнея [15]. Незважаючи на розбіжності в побудові цих моделей, вони подібні [9,57]. Незважаючи на подібність моделей, всі вони, в

цілому, доповнюють перший принцип моделювання. Так, Невнов застосовував різні просторові розподіли дерев на відпад; Белла для визначення меж впливу розробив інтерактивний алгоритм. Арней розробив імітаційні моделі для насадження на основі 5-річного приросту окремого дерева [10].

Один з напрямів застосування імітаційних моделей цього типу - перевірка різних сценаріїв ведення лісового господарства: садіння лісових культур, рубки, пов'язані з веденням лісового господарства, тощо. Основною перешкодою для розробки та поширення моделей цього типу є нестача інформації про просторове розміщення дерев.

На відміну від Північної Америки, в Скандинавських країнах набули поширення моделі з використанням залежностей відносного приросту за висотою, діаметром та об'ємом від таксаційних показників дерева і насадження, факторів навколишнього середовища, які відносяться до моделей другого типу.

Характерними особливостями моделей даного типу є широке застосування різноманітних функцій розподілу за різними показниками. Також слід відмітити ще одну особливість, яка притаманна прихильникам застосування моделей цього типу - важливість сумісності функцій приросту та загальної продуктивності насаджень.

У той же час, застосування емпіричного методу при вивченні функцій росту, зазвичай, супроводжується широким застосуванням регресійного аналізу з підбором оптимальної моделі. При цьому нехтуються деякі аспекти, зокрема, відповідність функцій приросту та продуктивності [6, 10, 34, 52].

Використання як аналітичного, так і емпіричного методів, забезпечують достатню значущість отриманих результатів. Тому визначити, який метод найдоцільніше застосовувати при розробці моделей росту досить складно [10].

До однієї з переваг моделей другого типу можна віднести потребу в меншій кількості параметрів. Поряд із цим, менша кількість параметрів є однією з причин низької надійності таких моделей при прогнозуванні приросту окремого

дерева. Моделі цього типу знайшли широке застосування у розробках різноманітних імітаційних моделей, особливо стохастичних.

На відміну від двох попередніх, третій тип моделей передбачає переважно табличне представлення результатів моделювання у вигляді таблиць ходу росту (ТХР) [4, 13]. Значний вклад у розвиток моделей цього типу вніс професор М.В. Третяков. Йому належить ідея виділення типів росту [10, 11]. Він вважав, що метод побудови ТХР повинен забезпечувати побудову природних рядів розвитку деревостанів [11]. Ця ідея в подальшому набула великого поширення, зокрема, у працях таких вчених, як К.Є. Нікітін [53] та М.В. Давидов [40, 44]. Слід зазначити, що М.В. Давидов, зокрема, запропонував поділ ходу росту на три основні категорії:

- звичайний тип росту;
- з уповільненим ростом у молодому віці;
- з швидким ростом у молодому віці [42, 43].

Все це призвело до розробки багатьох методів створення ТХР. Детальний опис методів розробки таблиць ходу росту та продуктивності насаджень у своїй праці здійснив М.М. Свалов [68], а також запропонував новий, в основу якого покладено стохастичний відбір вихідних даних, класифікацію насаджень за верхньою висотою та віком деревостанів, моделювання рівнів повноти та продуктивності останніх [11-13, 15, 33]. Проте і досі відсутній єдиний метод побудови ТХР.

Враховуючи, що для розробки моделей третього типу використовувався біофізичний підхід до теорії росту лісу та математичні методи для оцінки біологічних закономірностей росту деревостанів, а основою для їх побудови слугувала інформація, одержана під час інвентаризації лісів, саме вони отримали найбільше розповсюдження. Над моделюванням росту насаджень на ЕОМ успішно працювали: К.Є. Нікітін [64-28], А.З. Швиденко [46, 36-41], В.В. Антанайтіс, М.М. Свалов, В.В. Загресв, П.І. Лакида, М.В. Давидов та багато інших вчених [12, 25, 47, 53, 14].

Виділяють наступні типи таблиць ходу росту:

- для нормальних деревостанів;
- для модальних деревостанів;
- для оптимальних (еталонних) деревостанів.

Перший тип таблиць розроблений, як правило, для чистих за складом, високоповнотних та високопродуктивних деревостанів, що вирости без помітного відхилення від природного ходу розвитку під впливом антропогенних та інших факторів, і відображають зміни таксаційних показників. З часом, у таких лісорослинних умовах вони мають найбільші суми площ поперечних перерізів та запасів на гектарі.

Другий тип ТХР розробляється для найбільш поширених насаджень, які найчастіше зустрічаються у певному регіоні. В них відтворена динаміка середніх таксаційних показників, які притаманні насажденням певної групи. На практиці використовується для реальної оцінки біопродукційних процесів у насажденнях.

Третій тип ТХР відображає динаміку таксаційних показників насаджень, які відповідають певним критеріям оптимальності. Основне призначення - планування лісогосподарської діяльності [21].

Враховуючи, що при розробці ТХР вихідні дані групувалися переважним чином, за класами бонітетів, а обсяг даних, особливо для граничних класів, був недостатній, такі ТХР відображають ріст одного, середнього класу бонітету. Ще однією причиною, яка обмежує використання таких таблиць на практиці, є їх групування на основі загальнобонітетної шкали професор М.М. Орлова. Таким чином розроблені ТХР не відображають природні ряди розвитку [49, 9].

За останній час науковцями для насаджень сосни (в умовах України) розроблено багато нормативів, що відображають їх хід росту [48]. В переважній більшості ці дані були розроблені та відображають динаміку таксаційних показників нормальних (повних) або оптимальних насаджень. Майже відсутні нормативи, які б відображали реальний (модальний) ріст насаджень сосни.

Існує багато методик складання таблиць ходу росту [5, 39, 14]. Вони мають спільні підходи як для нормальних, так і для модальних насаджень. Основна різниця між ними полягає в повноті насадження, для яких вони розробляються [49]. Таблиці ходу росту нормальних деревостанів відображають динаміку таксаційних показників при відносній повноті 1,0. Для модальних насаджень повнота береться усередненою для найбільш поширених насаджень.

Під час розробки таблиць ходу росту завжди виділяють два етапи. Перший - це встановлення типу росту насадження. Тип росту характеризує особливість росту насадження за певним таксаційним показником. Тип росту залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які, головним чином, визначаються географічним положенням [43]. В основі деяких методик лісового районування знаходиться саме подібність типів росту для сукупності насаджень [70]. Так, М.М. Свалов [68] вважав, що не може існувати загальних таблиць ходу росту, вони повинні розроблятися для насаджень окремого лісорослинного району, окремо за породами та за класами бонітету, відображаючи всі особливості росту насадження.

Існує кілька способів визначити тип росту насадження в певному регіоні.

Статистичний метод передбачає наявність статистичних даних таксаційного показника для всього вікового проміжку певного типу насаджень. На їх основі, за допомогою статистичних методів, найчастіше, як зазначалося вище, застосовується регресійний аналіз, розраховується крива-гід - лінія тренду, яка відображає усереднений хід росту цього типу насадження за згаданим показником [5]. Недоліком такого методу є дещо формалізований підхід, при якому розвиток деревостану у часі намагаються дослідити за допомогою статичних вимірювань, не враховуючи його динаміки.

Наступний метод має назву: «Метод вказівних насаджень». В його основу покладено твердження про подібність деревостанів з одним типом росту. Сукупність подібних деревостанів з одним типом росту,

які представляють увесь віковий діапазон, утворюють «природний ряд». Основна перевага цього методу полягає в скороченні часу досліджень за рахунок заміни довготривалих спостережень на постійних пробних площах, вивченням «природних рядів». Основною проблемою, яка виникає при використанні цього методу, є визначення приналежності насаджень до «природного ряду» [25, 43, 74].

Останній метод - типологічний. Він ґрунтується на твердженні про подібність ходу росту для насаджень з однаковими лісорослинними умовами [59, 15, 17].

Хоча для визначення тилу росту прийнятний будь-який таксаційний показник, проте на практиці найчастіше використовується середня висота. Основна причина цього - згаданий показник характеризується меншою варіацією, ніж інші. Інколи, замість середньої висоти, використовують верхню висоту деревостану (висота найтовщих дерев) [11, 10]. До переваг цього показника порівняно з середньою висотою відносять його більшу стабільність, меншу варіацію та низьку залежність від рубок догляду. Крім того, при переході від верхньої до середньої висоти втрачає точності незначна [20].

Другий етап - знаходження взаємозв'язків (як правило регресійних) між таксаційними ознаками встановлених рядів. Цей аналіз може виконуватись на основі даних тимчасових пробних площ, оскільки кількість постійних буває недостатньою [23, 73, 74]. Інколи при розробці таблиць користуються комбінованим підходом статистичних і аналітичних методів. Динаміка висоти розраховується на основі даних аналітичного підходу [21], а всі інші параметри встановлюються за допомогою регресійних залежностей на багатому статистичному матеріалі лісовпорядкування [5, 11].

У штучних насадженнях спостерігаються відмінності у рості за висотою та іншими таксаційними параметрами [11, 49, 59, 60]

РОЗДІЛ 3.

АНАЛІЗ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРЕВОСТАНІВ

ДП "ЛУБЕНСЬКЕ ДП"

3.1 Розподіл площ і запасів за переважаючими породами.

На території місцезнаходження підприємства найбільш сприятливі умови для вирощування насаджень дуба звичайного, сосни звичайної, акації білої та вільхи чорної. Розподіл за площами та запасами за переважаючим породами

наведено в табл. 3.1 та рис. 3.1.

Таблиця 3.1

Розподіл площ і запасів ділянок, що вкриті лісовою рослинністю за переважаючим породами

Деревний вид	Площа		Запас	
	га	частка	тис. м ³	частка
Дуб звичайний	5415,8	38,0	1099,56	38,0
Сосна звичайна	2253,2	13,9	549,76	13,9
Акація біла	898,5	9,7	139,66	9,7
Вільха чорна	939,4	7,2	141,37	7,2
Граб звичайний	809,2	4,4	138,38	4,4
Всі інші види	2368,2	26,9	395,00	26,9
Разом	12684,3	100,0	2463,73	100,0

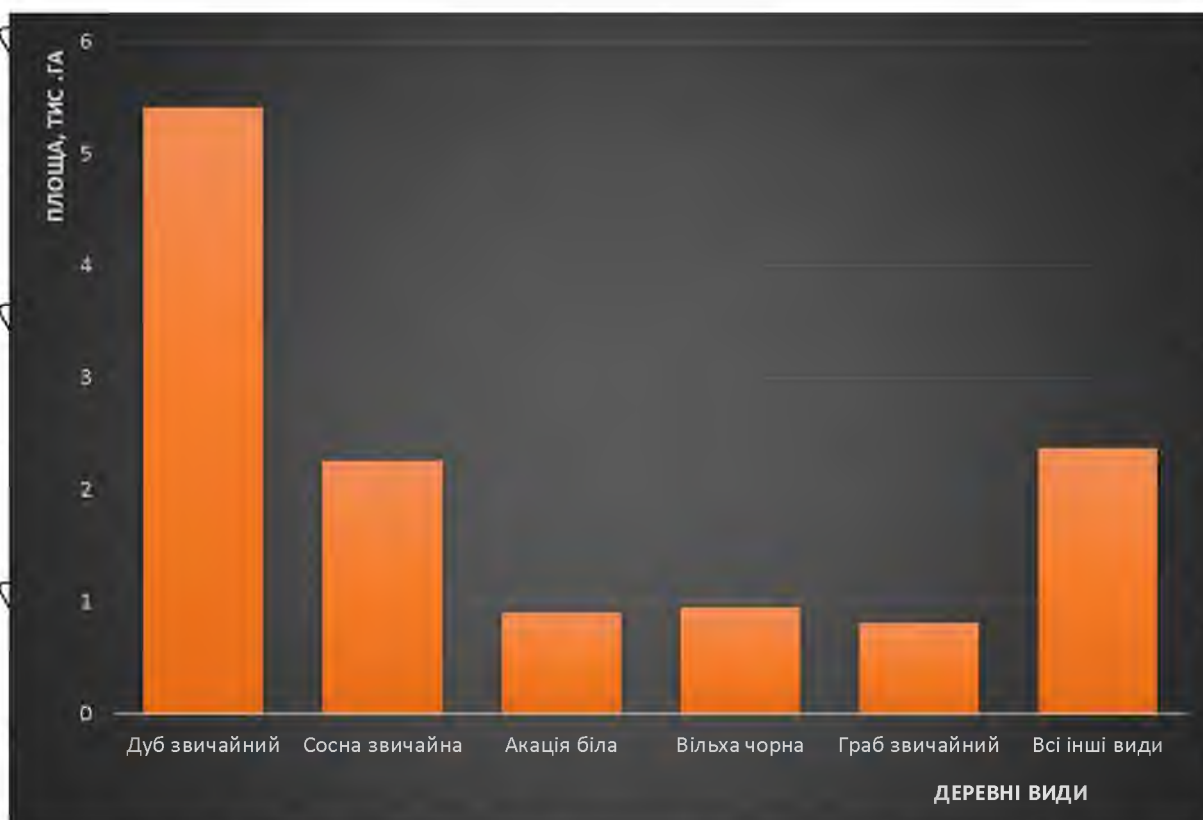


Рис. 3.1. Розподіл ділянок, що вкриті лісовою рослинністю за переважаними породами

Проаналізувавши табл. 3.1 та рис. 3.1 ми визначили, що переважаним деревним видом є дуб звичайний і займає 38,0 % від площі ділянок що вкриті лісовою рослинністю підприємства (12684,3 га) з загальним запасом 1099,56 тис. м³. Насадження сосни звичайної становлять 13,9%, (2253,2 га) з запасом 549,76 тис. м³. Деревостани акації білої, граба звичайного та вільхи чорної становлять відповідно 9,7, 4,4 та 7,2 % за площею, що становить 898,5, 809,2 та 939,4 га. їх запас відповідно становить 139,66, 138,38 та 141,37 тис.м³ Інші деревні види займають площу 395 га та мають загальний запас 395 тис. м³. Всього по підприємству ділянки що вкриті лісовою рослинністю займають площу 12684,3 га та мають запас 2463,73 тис. м³.

3.2 Вікова структура деревостанів.

Вікова структура деревостанів впливає на обсяг розрахункової лісоосіки та об'єми робіт пов'язані з веденням лісового господарства. Так при рівномірній

віковій структурі обсяги різноманітних лісгосподарських робіт рівні, що призводить до оптимізації затрат на ведення лісового господарства. Розподіл насаджень за групами віку представлений в табл. 3.2 та рис. 3.2.

Таблиця 3.2

Розподіл насаджень за групами віку та деревними породами

Деревний вид	Групи віку	Молодняк 1 класу	Молодняк 2 класу	Середньовікові	Середньовікові, включені до розрахунку	Присигті	Стиглі	Перестиглі	Разом
Дуб звичайний	Площа, га	25,7	132,9	4017,3	526,7	317,2	343,8	53,2	5415,8
	частка	0,5	2,5	74,2	9,7	5,9	6,3	1,0	100,0
Сосна звичайна	Площа, га	343,7	304,5	953,6	553,3	94,9	3,2		2253,2
	частка	15,3	13,5	42,3	24,6	4,2	0,1	0,0	100,0
Акація біла	Площа, га		6,9	19,8	34,1	50,6	132,0	655,1	898,5
	частка	0,0	0,8	2,2	3,8	5,6	14,7	72,9	100,0
Вільха чорна	Площа, га	107,3	67,6	269,6	120,1	131,9	235,1	7,8	939,4
	частка	11,4	7,2	28,7	12,8	14,0	25,0	0,8	100,0
Граб звичайний	Площа, га		3,5	105,6	214,3	221,1	232,5	32,2	809,2
	частка	0,0	0,4	13,0	26,5	27,3	28,7	4,0	100,0
Всі інші види	Площа, га	49,1	197,2	564,8	467,9	240,4	448,2	400,6	2368,2
	частка	2,1	8,3	23,8	19,8	16,2	18,9	16,9	100,0
Разом	Площа, га	525,8	712,6	5930,7	1915,4	1056,1	1394,8	1148,9	12684,3
	частка	4,1	5,6	46,8	15,1	8,9	11,0	9,1	100,0

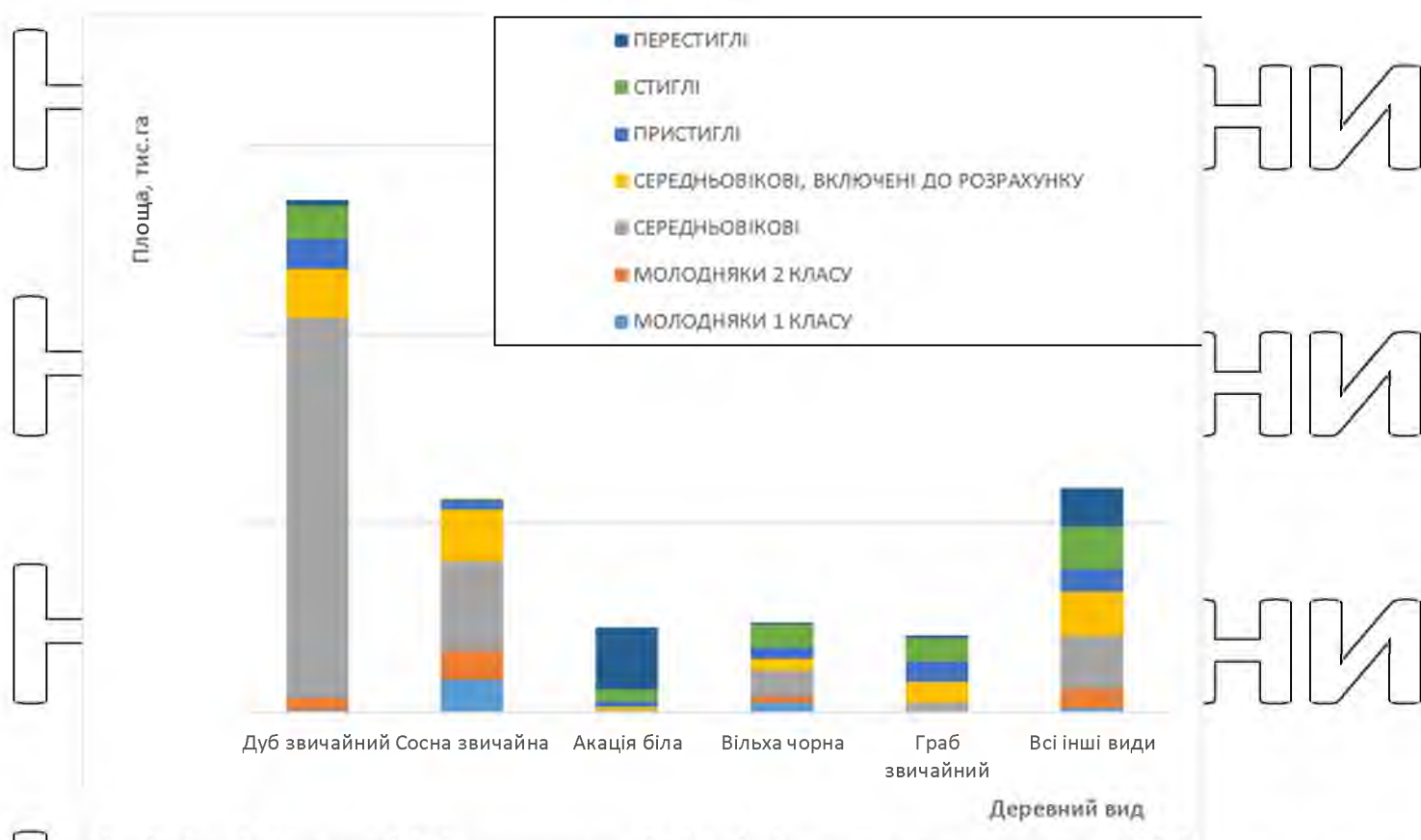


Рис. 3.2. Розподіл площ ділянок, що вкриті лісовою рослинністю за групами віку.

Вікова структура насаджень підприємства характеризується значною різноманітністю. Так середньовікові насадження становлять 46,8% (5930,7 га), середньовікові, включені в розрахунок 15,1% (1915,4), молодняки 1 і 2 класу займають 4,1% та 5,6% відповідно, що становить 525,8 і 712,6 га. Також необхідно відмітити помірні площі пристиглих, стиглих та перестиглих насаджень, які становлять 28,4% (3599,8 га). В межах деревних порід розподіл площ за групами віку в відносному вигляді повторює розподіл для насаджень в цілому, лише для насаджень акації спостерігається значна кількість насаджень для групи віку перестиглі.

3.3 Типологічна структура деревостанів.

Взаємозв'язок взаємодії лісових насаджень факторів навколишнього середовища розглядає лісова типологія. Знання типів лісу необхідне при проектуванні та проведенні лісогосподарських заходів. Тип лісу об'єднує лісові

ділянки, які зайняті одним корінним типом деревостану і усіма похідними від нього типами деревостанів, а також асоціаціями та похідними від нього типами деревостанів, асоціаціями і характеризується певними однорідними кліматичними і ґрунтовими умовами та певним складом порід, що входять до складу насаджень. Розподіл площ ділянок що вкриті лісовою рослинністю за головними породами та типами лісу представлений в табл. 3.3 і рис. 3.3

Таблиця 3.3

Розподіл площ за типами лісу та деревними видами

Деревний вид	Од. виміру	Тип лісу							Всі інші	Разом
		Б ₂ ДС	С ₂ ЕД	С ₂ ГДС	С ₂ ЛДС	Д ₂ Д	Д ₂ КЛД			
Дуб звичайний	га	16,2	940,4	222,9	158,6	1960,6	1588,3	528,8	5415,8	
	частка	0,3	17,4	4,1	2,9	36,2	29,3	9,8	100,0	
Сосна звичайна	га	1638,5	31,3	182,7	290,0	10,7	6,0	94,0	2253,2	
	частка	72,7	1,4	8,1	12,9	0,5	0,3	4,2	100,0	
Акація біла	га	64,8	546,1	14,6	11,6	49,8	164,6	47,3	898,5	
	частка	7,2	60,8	1,6	1,3	5,5	18,3	5,3	100,0	
Вільха чорна	га			0,4		2,6		936,4	939,4	
	частка			0,0		0,3		99,7	100,0	
Граб звичайний	га		149,7	3,5	1,0	435,2	218,1	1,7	809,2	
	частка		18,5	0,4	0,1	53,8	27,0	0,2	100,0	
Всі інші види	га	80,4	348,0	67,9	60,7	279,2	492,4	1039,6	2368,2	
	частка	3,4	14,7	2,9	2,6	11,8	20,8	43,9	100,0	
Разом	га	1799,9	2015,5	491,7	521,9	2738,1	2469,4	2647,8	12684,3	
	частка	14,2	15,9	3,9	4,1	21,6	19,5	20,9	100,0	

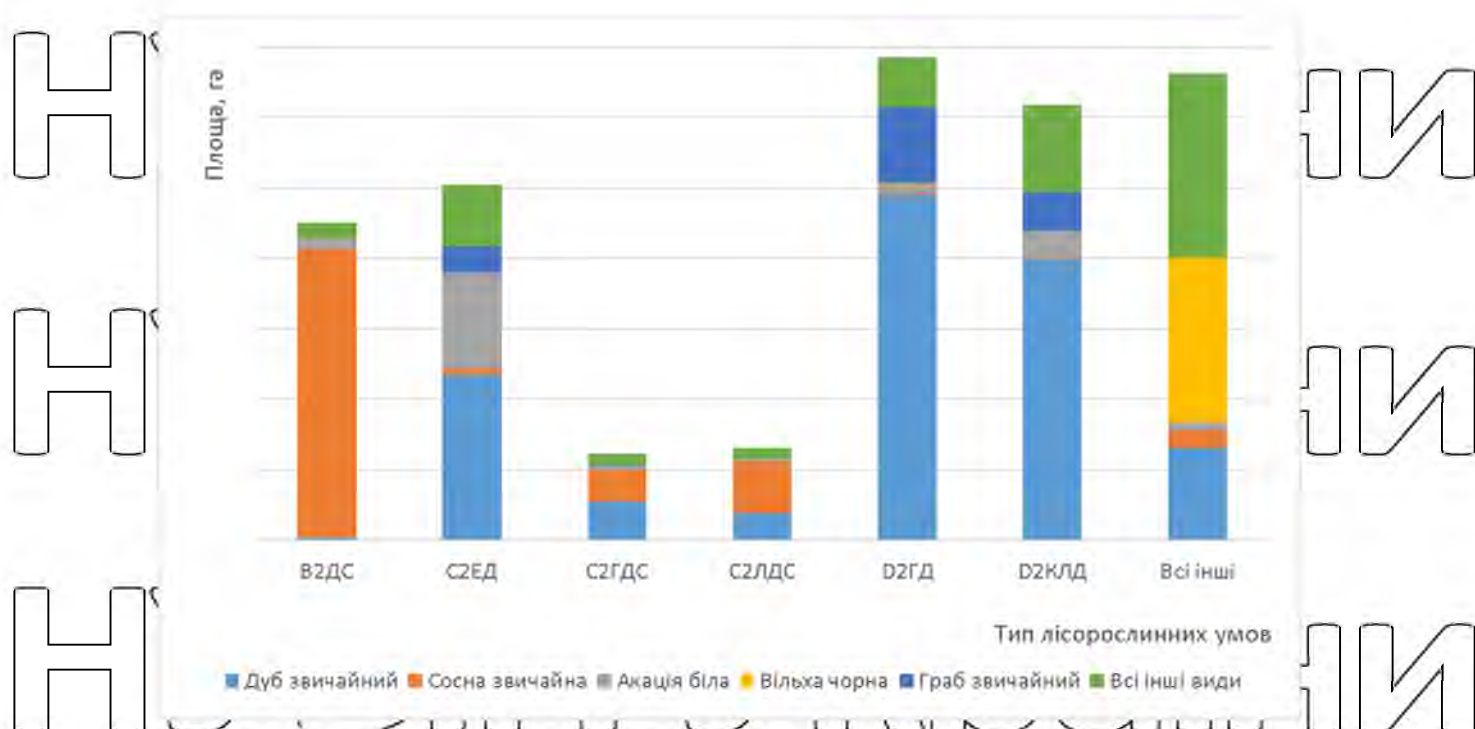


Рис. 3.3. Розподіл площ ділянок, що вкриті лісовою рослинністю за типами

лісу

Територія підприємства характеризується, переважно, умовами свіжого грабово-дубового та кленово-дубового ґрудів (21,6 та 19,5% території ділянок що вкриті лісовою рослинністю), в них, переважно, поширені такі породи як:

дуб, граб, клен, липа, акація. Також значне представництво має свіжий еродований ґрунд, який, в більшості, представлений дубом, акацією та грабом, та свіжий дубово-сосновий субр, який представлений сосною, акацією та іншими видами. Невелике представництво має свіжий грабово-дубово-сосновий субір та свіжий липово-дубово-сосновий ґрунд.

3.4 Походження насаджень.

Розрізняють природне та штучне поновлення лісу. В свою чергу природне поновлення може відбуватись за допомогою насіння або вегетативно за допомогою порослі від пня або кореневої порослі. Штучне поновлення відбувається, переважно, за допомогою насіння. Порівняно з насіннєвим, вегетативне поновлення має ряд негативних сторін. Так, густа поросль від пня призводить до відхилення стовбурів дерев від вертикалі, іноді вони вигнуті

дугло у кореневій частині, що знижує якість деревини. Оскільки деревина пнів часто уражується збудниками гнилей, вони можуть переходити і на порослеві стовбури. Потрібно також мати на увазі, що кожне наступне порослеве покоління буде рости гірше за попереднє, сильніше уражуватиметься збудниками гнилей.

Тому орієнтуватись на порослеве поновлення потрібно вкрай обережно. Розподіл насаджень за походженням наведено на рис. 3.4 та в табл. 3.4

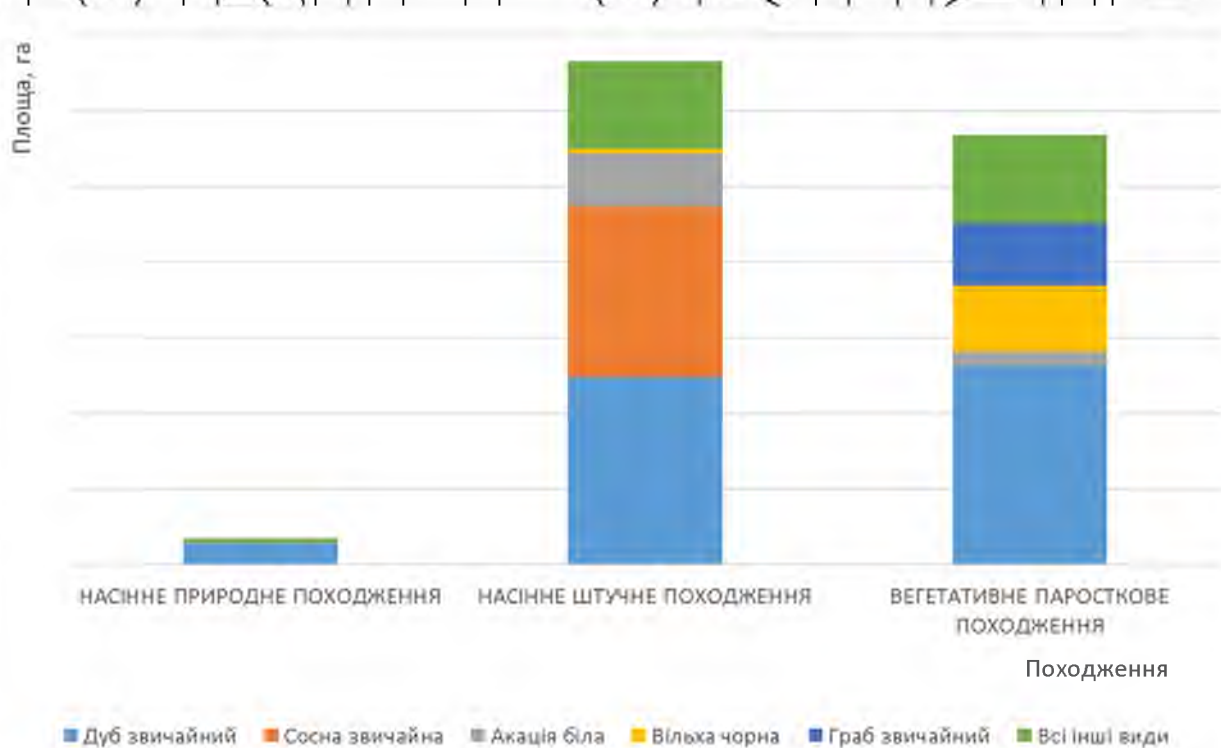


Рис. 3.4. Розподіл площ насаджень за походженням

Як видно з таблиці 3.4 насінні природні деревостани займають 2,8% площі (356,9 га), насінні штучні деревостани займають 52,5% площі (6655,5 га) а вегетативні деревостани займають 44,7% площі (5671,9 га)

Також можна зробити висновок, що штучні насадження підприємства на 37,4% (2489,3 га) представлені дубовими насадженнями на 63,8% (2249,3 га) сосновими насадженнями, та на 10,5% (696,4 га). Насінні природні насадження складаються з дубових, 79% (281,8 га) та акацієвих 4,2% (15,1га) деревостанів.

Вегетативні насадження представлені дубом, 46,6% (2644,2), вільхою 15,4% (872,2 га), грабом 14,3% (808,6 га)

Таблиця 3.4

Розподіл площ насаджень за деревними видами та походженням

Походження	Насінне природне		Насінне штучне		Вегетативне паросткове		Разом			
	га	частка	га	частка	га	частка	га	частка		
Деревний вид	Дуб звичайний	га	281,8	5,2	2489,8	46,0	2644,2	48,8	5415,8	100,0
		частка	79,0		37,4		46,6		142,7	
	Сосна звичайна	га	3,9	0,2	2249,3	99,8			2253,2	100,0
		частка	1,1		33,8				17,8	
	Акація біла	га	15,1	1,7	696,4	77,5	187,0	20,8	898,5	100,0
		частка	4,2		10,5		3,3		7,1	
	Вільха чорна	га			67,2	7,2	872,2	92,8	939,4	100,0
		частка	0,0		1,0		15,4		7,4	
	Граб звичайний	га	0,6	0,1			808,6	99,9	809,2	100,0
		частка	0,2				14,3		6,4	
Всі інші види	га	55,5	2,3	1152,8	48,7	1159,9	49,0	2368,2	100,0	
	частка	15,6		17,3		20,4		18,7		
Разом	га	356,9	2,8	6655,5	52,5	5671,9	44,7	12684,3	100,0	
	частка	100,0		100,0		100,0		300,0		

3.5 Бонітетна структура насаджень

Бонітет – показник продуктивності деревостану. Кращі умови місцезростання призводять до збільшення накопичення органічної маси. Отже бонітет також вказує на якість умов місцезростання. Розподіл площ насаджень деревних порід в залежності від класу бонітету наведено в табл. 3.5 та рис. 3.5

Таблиця 3.5

Розподіл площ переважаючих порід за класами бонітетів

Деревний вид	Ib і вище	Ia	I	II	III	IV і нижче
Дуб звичайний	77,4	211,0	466,9	2329,8	1180,4	200,7
Сосна звичайна	107,0	733,6	1175,3	216,3	27,0	
Акація біла	49,5	171,4	389,7	326,6	56,4	4,9
Вільха чорна	63,2	105,5	214,0	448,2	102,0	6,5
Граб звичайний			12,6	161,6	548,9	86,1
Всі інші види	114,3	190,7	543,7	647,0	405,5	467,0
Разом	351,4	1412,8	3802,2	4023,5	2329,2	765,2

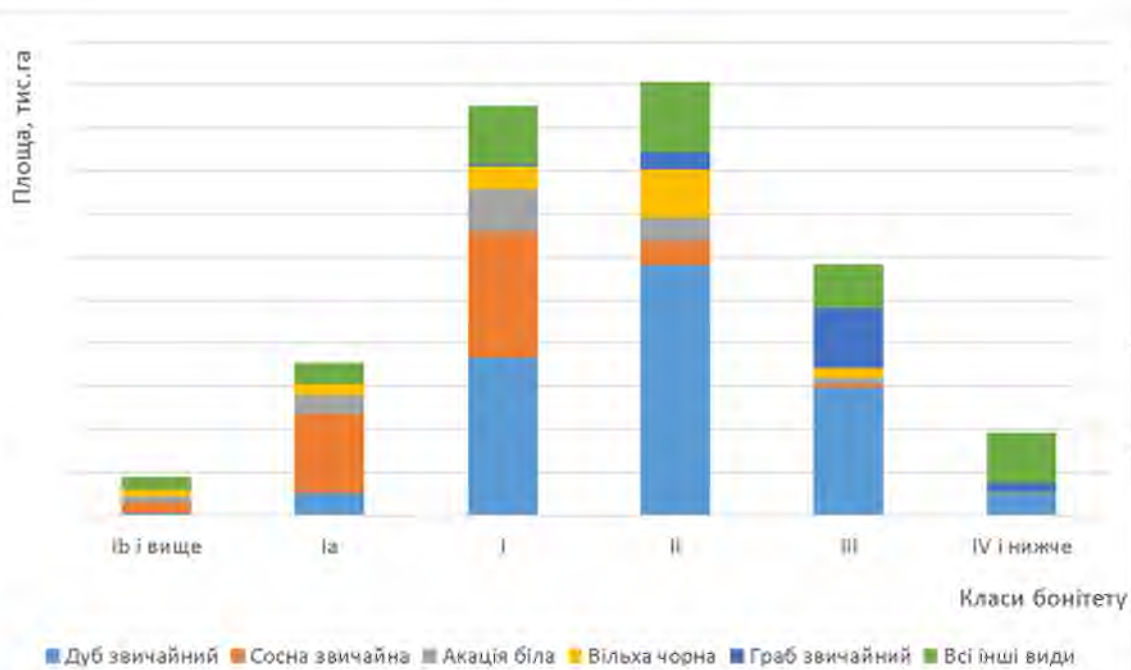


Рис. 3.5. Розподіл площ ділянок що вкриті лісовою рослинністю за переважаючими породами та класами бонітетів.

Аналізуючи дані табл. 3.5 та рис. 3.5 необхідно відмітити, що класи бонітетів досить низькі для даних типів умов. 61,7% (7825,7га) площ займають насадження з I та II класом бонітету. Насадження з класом бонітетів III займають 18,4%(2329,2) площ, Насадження IV і нижче класів бонітету займають 6%(765,2га). Високобонітетні насадження становлять незначну частину – 13,9% площ у відносних показниках, або 1764,2 га.

3.6 Повнота насаджень

Повнота - характеризує рівень використання насадженням займаного їм простору. Оцінюють повноту шляхом таксування насадження з певним йому еталоном - нормальним насадженням. Повнота нормального насадження умовно дорівнює одиниці (1,0). Динаміка повнот наведена в табл. 3.6 та рис. 3.6.

Таблиця 3.6

Розподіл повнот за групами віку, га

Повнота	Молодняки 1 класу	Молодняки 2 класу	Середньовікові	Середньовікові, включені до розрахунку	Пристигли	Стигли	Перестиглі
0,4 менше	11,8	21,7	28,3	55,9	47,7	58,8	111,3
0,5	29,5	71,1	299,8	158,0	122,7	294,4	209,8
0,6	136,4	193,3	2114,8	812,7	343,7	581,2	422,7
0,7	257,3	295,2	3088,8	827,9	489,2	451,2	388,9
0,8 і вище	101,8	131,3	399,0	62,9	52,8	9,2	16,7

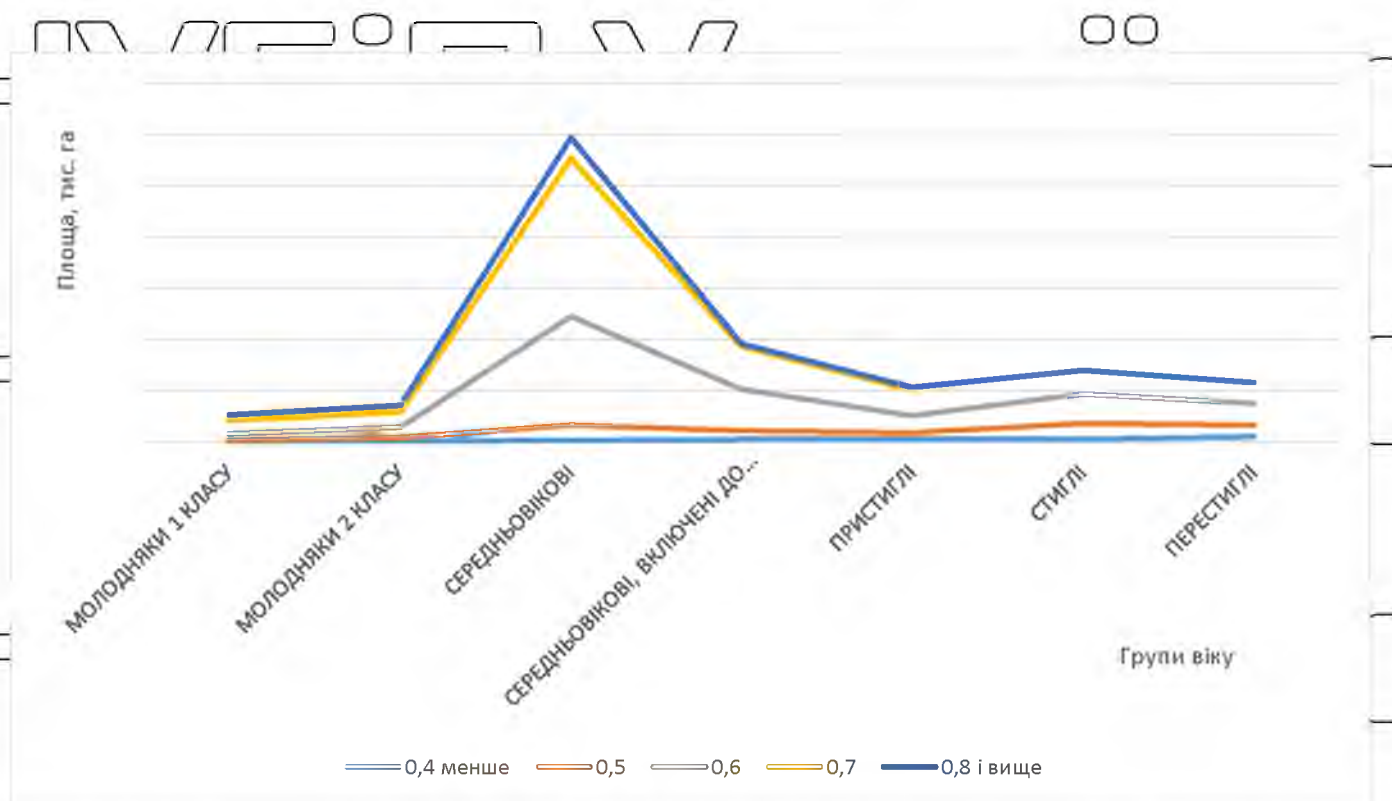


Рис. 3.6. Динаміка груп повнот.

Аналізуючи дані табл. 3.6 необхідно відмітити, що в господарстві переважає повнота 0,6-0,7. Оскільки в даних умовах переважають дубові насадження то дана повнота є заниженою. Для дуба оптимальна повнота – 0,8.

3.7 Середні таксаційні показники за переважаючими породами.

Проаналізувавши середні значення таксаційних показників для кожного з деревних видів, можна отримати інформацію про продуктивність їх

деревостанів. Середні таксаційні показники деревостанів переважуючих
деревних видів підприємства наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Середні таксаційні показники насаджень

Таксаційні показники	Дуб звичайний	Сосна звичайна	Акація біла	Вільха чорна	Граб звичайний	Всі інші види
Запас на 1 га м ³	195,16	224,01	145,86	132,25	158,32	157,70
Повнота	0,64	0,67	0,63	0,61	0,67	0,61
Вік, років	66	47	46	36	54	40
Висота, м	20,1	17,5	17,8	15,4	16,7	17,3
Діаметр, см	25,69	22,02	22,18	18,89	18,20	21,86

Аналізуючи табл. 3.7 необхідно відмітити, що середній вік насаджень —

40 — 60 років. Разом з тим необхідно відмітити, що дубові насадження мають

середній вік 66 років. Основним показником, що вказує на продуктивність

насадження є запас на 1 га. Так в даному підприємстві найбільший запас на 1 га

спостерігається в соснових насадженнях, найменший — 132 м³·га⁻¹ в вільхових

насадженнях. Повнота насаджень занижена і коливається в межах 0,61 — 0,67.

РОЗДІЛ 4.

МОДЕЛЮВАННЯ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ШТУЧНИХ
ДУБОВИХ НАСАДЖЕНЬ ДП "ЛУБЕНСЬКЕ ЛП"

4.1 Передумови моделювання насаджень

Моделювання таксаційних показників штучних модальних деревостанів дуба звичайного вимагає чіткого розподілу останніх на статистично обґрунтовані однорідні структурні елементи (частини), що в подальшому дасть змогу знайти більш достовірні моделі для прогнозування їх росту і розвитку. З цією метою був проведений статистичний аналіз повидільної бази даних наданої ВО "Укрдержліспроект", яка характеризує чисті та мішані штучні деревостани в ДП "Лубенське ЛП".

Перед використанням бази даних здійснювалась її верифікація з метою пошуку і відсіювання грубих помилок (промахів) в аналізованих таксаційних ознаках деревостанів.

Для змістовного аналізу вікової структури штучних дубових насаджень проведено розподіл площ, запасів та їх динаміку за класами віку. Даний розподіл наведено в табл. 4.1

Таблиця 4.3

Розподіл площ та запасів за класами віку

Клас віку	Площа, га	Площа, частка	Запас, м ³	Запас, частка	Запас на 1 га м ³ *га ⁻¹
I	21,8	0,9	133,10	0,03	
II	17,8	0,7	574,70	0,11	
III	57,2	2,2	3325,40	0,65	
IV	75,3	2,9	8535,50	1,67	
V	483,4	18,9	73247,20	14,36	
VI	659,1	25,9	126781,20	24,86	
VII	530,9	20,8	120890,90	23,71	
VIII	585,3	22,9	145326,60	28,50	
IX і більше	121,9	4,8	31133,00	6,11	
разом	2552,7	100,0	509947,6	100,0	

Також для графічного аналізу представлених вище даних табл. 4.1 за допомогою MS Excel був побудований ряд діаграм, що представлені рис.4.1, рис.4.2, та рис.4.3.

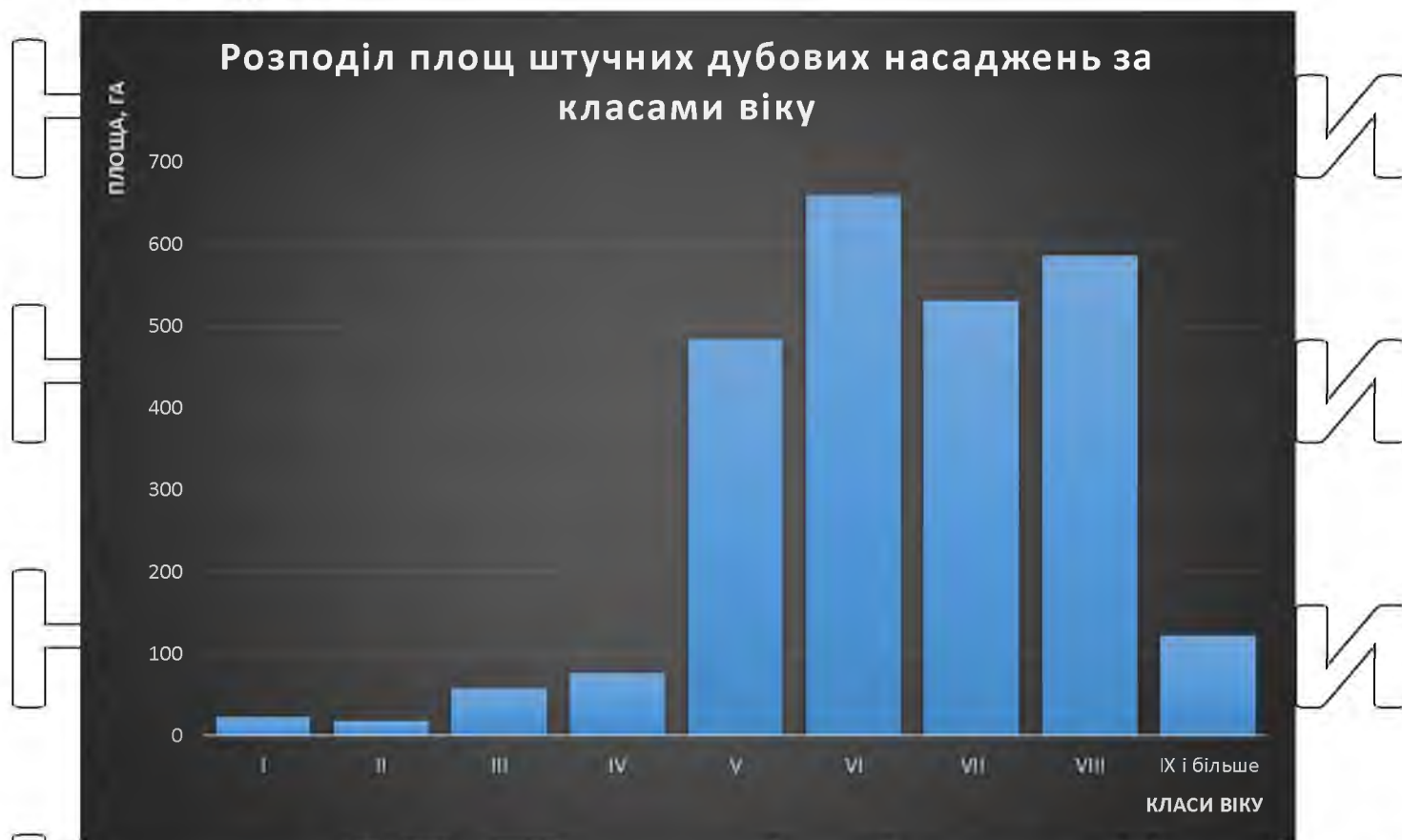


Рис. 4.1. Розподіл площ штучних дубових насаджень за класами віку.

Проаналізувавши табл. 4.1 та рис. 4.1, ми можемо відмітити, що площі, на яких поширені насадження з участю дуба звичайного, мають нерівномірний віковий розподіл. Так найбільшу площу займають насадження 5-8 класів віку, які займають 2218,7 га, або 88,5% площі насаджень дуба звичайного. Такі значні площі вказують що з часом можна буде очікувати збільшення розміру рубок головного користування і площ які потребують лісовідновлення. Приближною та стиглі насадження займають площу 121,9 га, або 4,8% від площі дубових насаджень. Насадження 1-4 класів віку займають площу 172,1 га, що становить 6,7% загальної площі дубових насаджень, а також свідчить про незначні обсяги лісовідновлення.

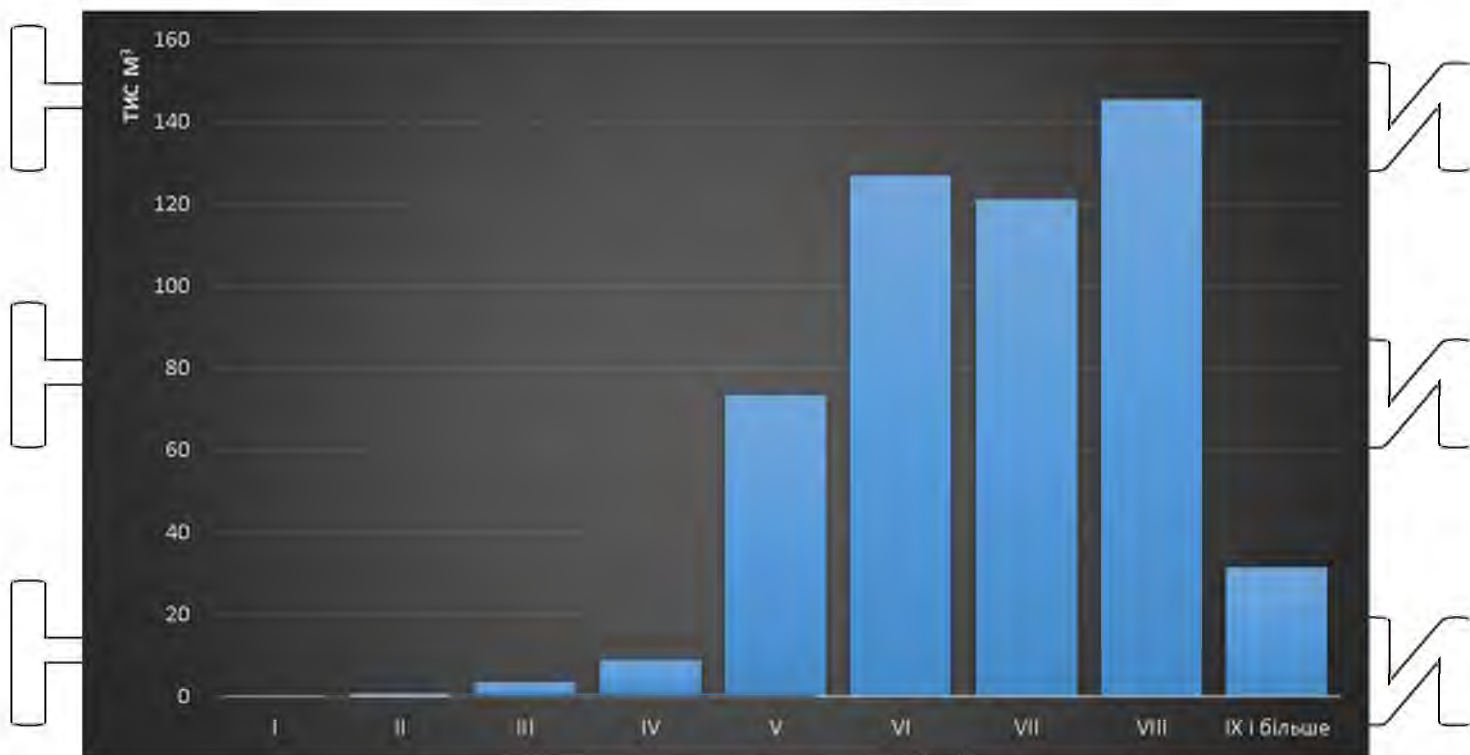


Рис. 4.2. Розподіл запасів штучних дубових насаджень за класами віку

Аналізуючи табл. 4.1 та рис. 4.2 можемо відмітити, що насадження 5-8 класів віку мають загальний запас 466,4 тис. м³ або 91,43% від загального запасу. Пристигаючі та стиглі насадження мають запас 31,3 тис. м³ або 6,11% від загального запасу. Насадження 1-4 класів мають запас 124,7 тис. м³ або 2,46% від загального. У порівнянні з розподілом площ збільшилася питома вага насаджень 5-8 класів та пристигаючих зі стиглими та зменшилася питома вага насаджень 1-4 класів віку. Це можна легко пояснити тим, що дані насадження мають менші запаси ніж насадження старшого віку.

НУБІП України

НУБІП України

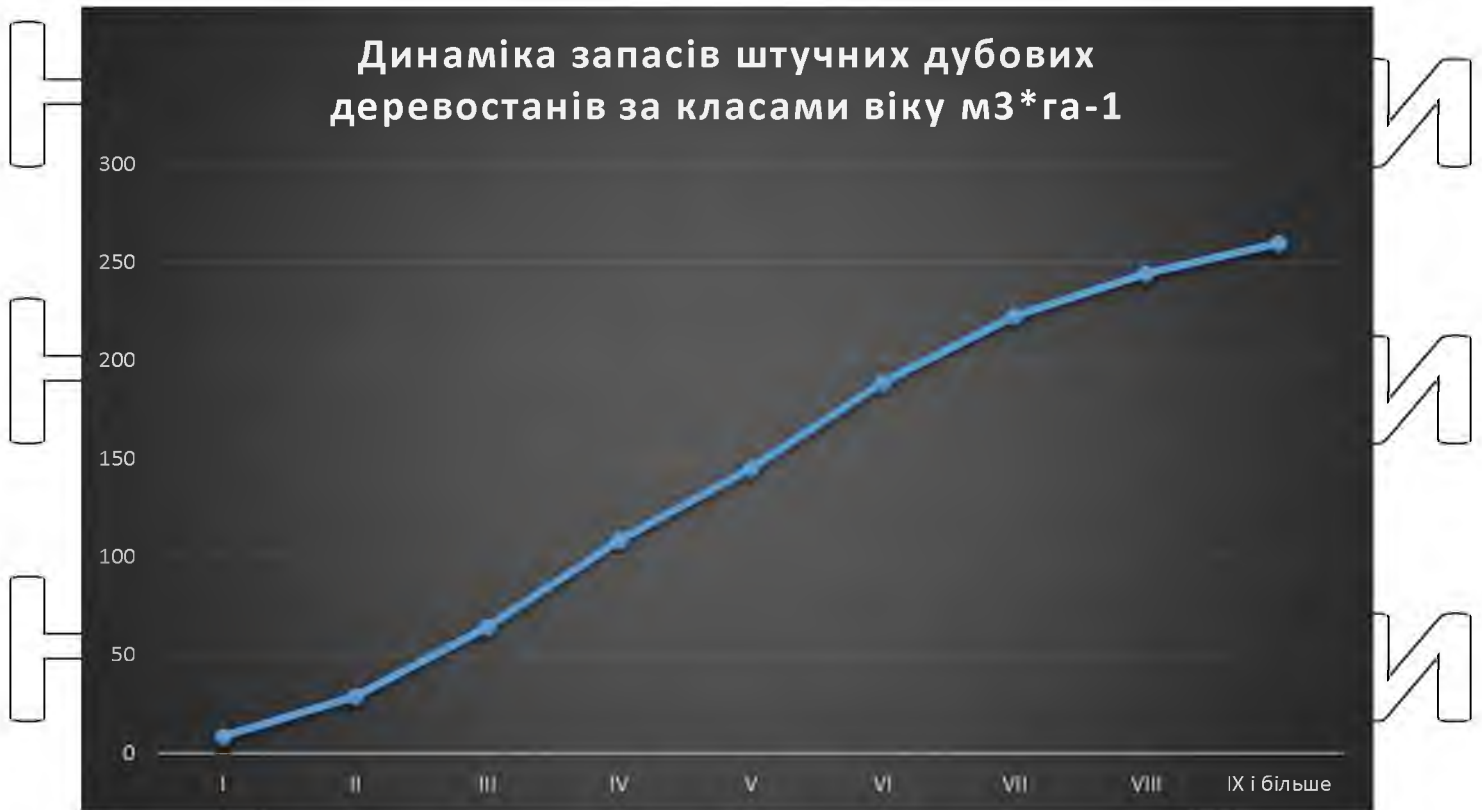


Рис. 4.3. Динаміка запасів штучних дубових деревостанів по класам віку м³*а⁻¹

Проаналізувавши таблицю 4.1 та рис. 4.3, можемо відмітити, що середній запас на 1 га штучних дубових насаджень постійно зростає, що вказує на ефективне ведення лісового господарства в межах зони діяльності даного підприємства.

Розподіл площі дубових насаджень за типами лісу та бонітетами представлений в табл. 4.2 і рис. 4.4

Таблиця 4.2

Розподіл площі за типами умов місцезростання

Тип умов місцезростання	Площа, га	Середній бонітет
B ₂	19,7	1,9
C ₁	3,3	1,3
C ₂	866,3	1,6
C ₃	6,2	1,9
D ₁	21,4	2,5
D ₂	1607,3	1,4
D ₃	28,5	1,5

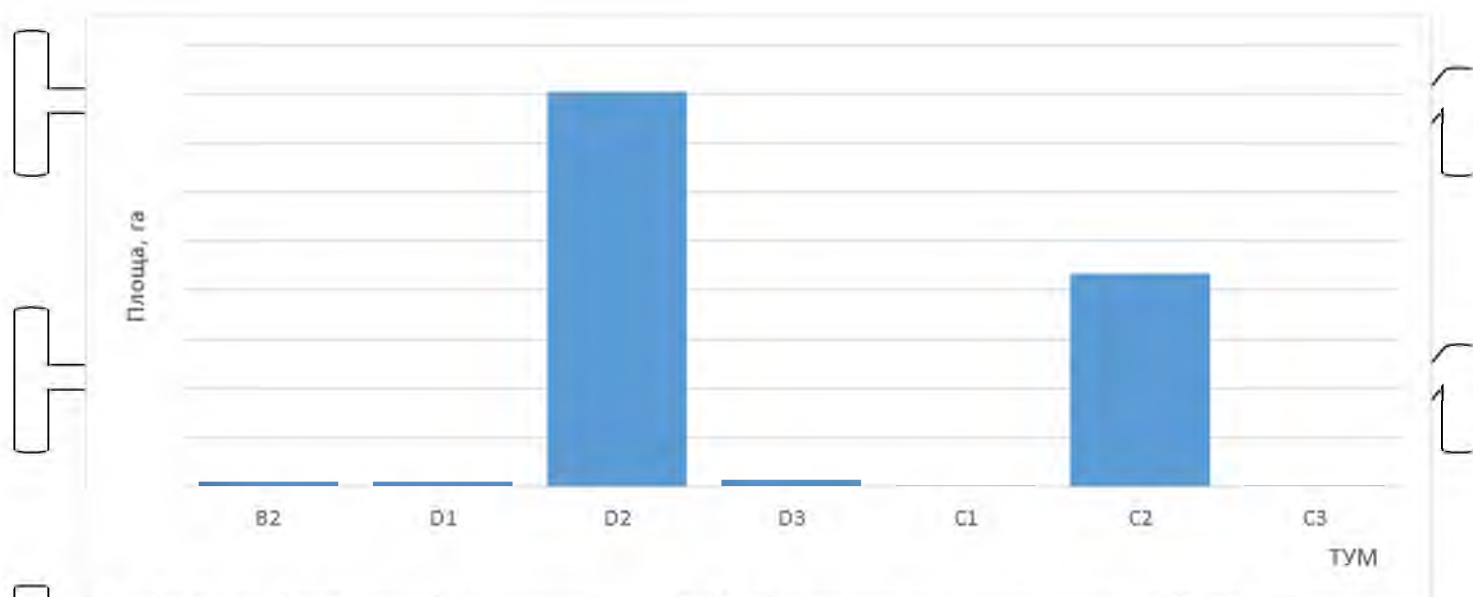


Рис. 4.4. Розподіл площ ділянок, що вкриті лісовою рослинністю за типами

лісу

Відповідно з табл.4.3 та рис.4.4 можна зробити висновок, що свіжі судіброви та свіжі діброви (C2 та D2 відповідно) є основним місцем зростання дуба звичайного (866,3 та 1607,3 га відповідно). Відповідно до ізобонітетної шкали в даних умовах місцезростання дуб звичайний зростає за III I, бонітетом. Порівнюючи реальні дані зі шкалою можна сказати, що ізобонітетна шкала може характеризувати ріст насаджень деревних видів відповідно до умов місцезростання.

Крім того незначні площі насаджень розташовані в умовах B², C¹, C³, D¹ та D³ (19,7, 3,3, 6,2, 21,4 та 28,5 га відповідно).

Аналіз динаміки повноти приведений на рис. 4.5.

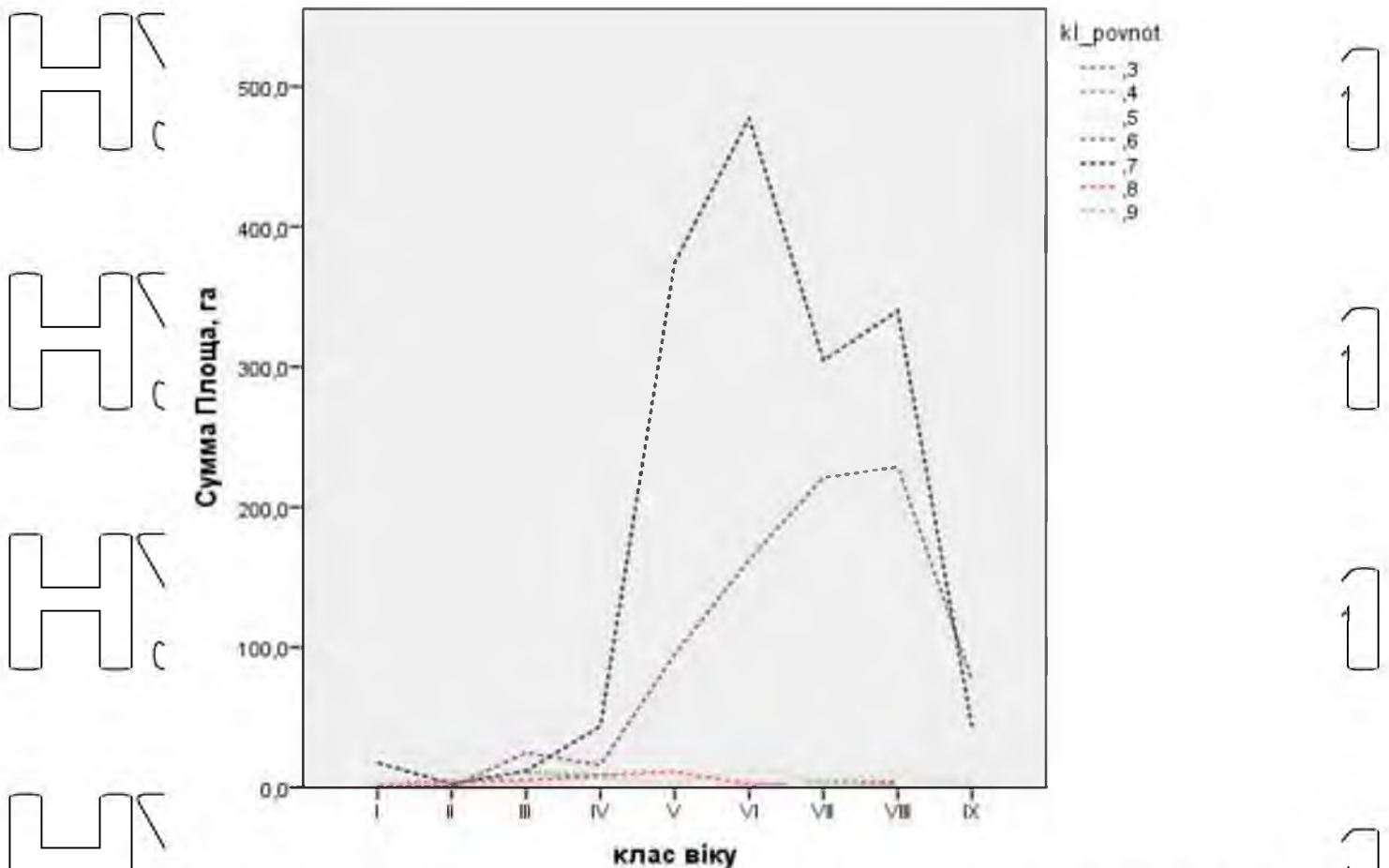


Рис 4.5 Динаміка повноти та площі дубових насаджень за класами віку

Аналізуючи рис 4.5 ми можемо сказати, що насадження з повнотою 0,9 займають зовсім незначні площі. Насадження з повнотою 0,8 мають незначну площу і наявні лише до 8 класу віку, хоча повнота 0,8 є оптимальною для чистих та мішаних дубових насаджень. Найбільшу площу займають насадження з повнотою 0,7 та 0,6, але до віку стиглості насаджень з повнотою 0,6 стає більше ніж з повнотою 0,7. В цьому випадку постає проблема меншої кількості деревини з га ніж планувалося і невиконання плану розрахункової лісосіки.

Для аналізу лісотаксаційних показників в практиці ведення лісового господарства використовується ряд біометричних показників, а саме:

кількість ступенів свободи, діапазон значень, мінімум та максимум, середнє арифметичне значення, середньоквадратичне відхилення, дисперсія, асиметрія та ексцес

Нами було проведено аналіз цих значень, що представлений в табл 4.3

Біометричні показники штучних дубових насаджень

Біометричні показники	Кількість ступенів свободи	Діапазон значень	Мінімум	Максимум	Середнє арифметичне значення	Стандартна похибка	Середньоквадратичне відхилення	Дисперсія	асиметрія	Стандартна похибка	Екссес	Стандартна похибка
Вік, років	1216	105	6	111	57	0,40	13,82	191,02	-0,60	0,07	1,02	0,14
Висота, м	1216	28,0	1,2	29,2	18,9	0,13	4,52	20,46	-0,87	0,07	1,49	0,14
Діаметр, см	1212	44,3	4,0	48,3	22,7	0,16	5,53	30,59	-0,28	0,07	0,72	0,14
Запас на 1 га, $M^3 \times Ga^{-1}$	1216	374	2,00	376,00	194	1,91	66,74	4454,16	-0,25	0,07	0,10	0,14
повнота	1216	1	0,30	0,90	0,66	0,002	0,06	0,004	-0,79	0,07	1,39	0,14

Біометричні показники основних таксаційних показників насаджень дуба звичайного, що наведені в табл.4.2, були розраховані як середньозважені за площею. Середнє арифметичне значення показує середнє значення показника у всій вибірці. Даний показник дуже часто застосовується для характеристики показників та для їх зіставлення враховуючи різні групи.

Діапазон значень характеризується як різниця між мінімумом та максимумом значень. Мінімальне та максимальне значення відповідно показують найменше та найбільше значення таксаційного показника, що дозволяє встановити границі вибірки. Середньоквадратичне відхилення (далі сигма) показує середнє відхилення конкретного значення показника від середньоарифметичного значення показника. В представлених таксаційних показниках сигма має доволі високі значення.

Коефіцієнт варіації вказує на величину дисперсії у відносних Коефіцієнт асиметрії вказує на міру несиметричності розподілу, від'ємне значення вказує на правосторонню асиметрію, а додатнє, відповідно, на лівосторонню.

Коефіцієнт ексцесу вимірює пікоподібність розподілу, та для додатних значень – пік гостровершинний, для від'ємних – плоский.

Повнота – показник, що показує різницю між нормальними та модальними деревостнами.

Основним показником, який вказує на відмінність нормальних та модальних насаджень, є повнота насаджень. Модальні таблиці розробляються, враховуючи даний показник, його ж застосовують для зіставлення нормальних та модальних насаджень

4.2 Моделювання динаміки середньої висоти

Для актуалізації таксаційних показників досліджуваних насаджень дуже важливим елементом є створення актуальних таблиць ходу росту та динамічної бонітетної шкали для модальних штучних дубових насаджень. Дослідження динамічних процесів є доволі непростою задачею в порівнянні з встановленням статичної залежності, особливо для біологічних процесів росту. При

модельованні динамічних показників деревостанів обов'язково необхідно звернути увагу та врахувати біологічні особливості деревних видів.

Дуже важливим таксаційним показником насадження є середня висота, оскільки всі інші таксаційні показники знаходяться в дуже тісному зв'язку з нею.

Також за середньою висотою визначають продуктивність насадження, але на підприємствах застосовується статична бонітета шкала професора Орлова яка не відповідає кривій ходу росту деревних видів. Тому для підвищення точності визначення продуктивності деревостанів було вирішено розробити динамічну

бонітетну шкалу яка б відповідала кривій ходу росту. В її основу було вирішено покласти модель росту розроблену кафедрою лісової таксації Національного аграрного університету (НАУ) для мішаних дубових насаджень [14], яка має наступний вигляд:

$$H = 1,766 \cdot [1 - \exp(-0,0213 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,325 \cdot A)))]^{1,349} \cdot H_{50}^{баз}, \quad (4.1)$$

де H – середня висота насадження, м;

A – вік насадження, років,

$H_{50}^{баз}$ – середня висота насадження в базовому віці, м.

Після перенесення $H_{50}^{баз}$ в ліву частину рівняння отримаємо модель для відносних висот. Всі моделі були розроблені для насадження з базовою висотою в 30 років. Для прив'язки динамічної бонітетної шкали до бонітетної шкали проф. М. Орлова було вирішено за базовий прийняти вік 120 років, оскільки саме

в цьому віці інтервал між бонітетами рівний і складає 4 метри. Для цього за допомогою моделі (4.1) була порахована відносна висота для віку 120 років, яка склала 1,584. Як видно з наведеної вище моделі (4.1) базовий вік насадження залежить лише від першого коефіцієнта рівняння. Тому поділивши його на

індекс відносної висоти в 120 років ми отримаємо модель з базовою висотою в цьому віці

$$H = 1,115 \cdot [1 - \exp(-0,0213 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,325 \cdot A)))]^{1,349} \cdot H_{120}^{баз}. \quad (4.2)$$

Для того щоб порівняти наскільки дана модель описує експериментальний матеріал вся база даних була розділена за класами бонітету та в їх розрізі знайдені середні висоти для кожного класу віку. Ці висоти були переведені в відносні шляхом ділення кожної на середньозважену висоту в 120 років (вона складала 26,2 м). За допомогою персонального комп'ютера використовуючи статистичний пакет прикладних програм SPSS-23 методом регресійного аналізу було отримано наступну модель динаміки середньої висоти модальних насаджень

$$H = 1,143 \cdot [1 - \exp(-0,0185 \cdot A \cdot (1 - \exp(-0,0139 \cdot A)))]^{0,6274} \cdot H_{120}^{base} \quad (4.3)$$

Порівнявши результати обчислення висоти за моделями (4.2) та (4.3) було знайдено, що найбільше відхилення спостерігається в віці 30 років і складає 0,026 у відносних величинах, або 0,7 м у абсолютних. На нашу думку, таке відхилення не є значним тому модель (4.2) є придатною для моделювання середньої висоти для модальних насаджень.

Підставивши в модель (4.2) замість базової висоти значення загальнобонітетної шкали проф. М. Орлова отримали динамічну бонітетну шкалу. Отримана шкала наведена у додатку В.

Для порівняння отриманої динамічної бонітетної шкали із шкалою проф. М.М. Орлова наведемо наступний графік (рис. 4.7).

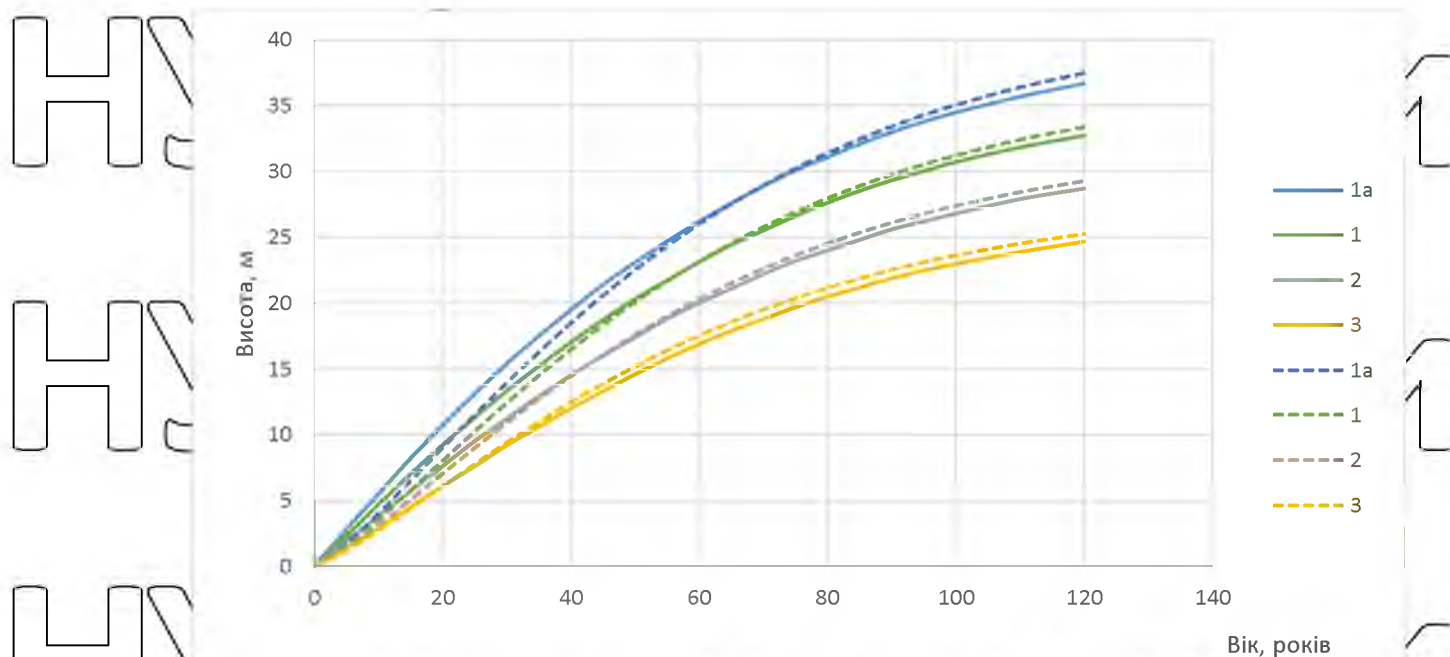


Рис. 4.7. Порівняння висоти верхніх меж основних класів бонітету для динамічної (пунктирні лінії) та бонітетної шкали проф. М.М. Орлова (суцільні лінії)

Проаналізувавши рис 4.7 можемо відмітити, що на динамічній бонітетній шкалі високих класів бонітету помітні заниження висот в молодих насадженнях. В насадженнях нижчих класів бонітетів заниження висот є меншим. Різниця між шкалами пояснюється тим, що загальнобонітетна шкала М.М. Орлова була створена статистичним шляхом з застосуванням кількох типів росту.

Отже, розроблена нами динамічна бонітетна шкала на основі моделі ходу росту дубових насаджень є прийнятною і може в подальшому використовуватись при групуванні експериментальних даних для аналізу та моделювання ходу росту штучних модальних деревостанів дуба звичайного в умовах ДП "Лубенське лісове господарство".

4.3 Моделювання динаміки інших таксаційних показників

Показник, що моделювався наступним був середній діаметр деревостану.

Даний показник має дуже тісний зв'язок з висотою та віком насаджень, але крім цього на середній діаметр також істотно впливає відносна повнота насаджень. Враховуючи дані особливості, середній діаметр буде моделюватися як функція

від висоти, відносної повноти та віку. Виконуючи пошук адекватної моделі росту для створення нормативів середнього діаметра нами було застосовано аллометричну функцію, яка володіє великою гнучкістю. Враховуючи те, що були враховані вік та середня висота, дана модель може бути застосована для всіх класів бонітету та матиме вигляд:

$$D = a_0 \cdot H^{a_1} \cdot P^{a_2} \quad (4.4)$$

Проводячи дослідження та оцінку параметрів моделей використаємо загальні передумови регресійних аналізів, а саме;

1. Регресійна модель має пояснювати більшість варіації залежної змінної
2. Стандартна похибка має складати менше 10% середнього значення прогнозованого показника;
3. Залишки регресії повинні мати нормальний розподіл без автокореляції та систематичних відхилень.

Скориставшись функцією нелінійної регресії програми SPSS 23 for Windows, були знайдені коефіцієнти рівняння (4.4) для досліджуваних насаджень. Статистичні характеристики отриманих коефіцієнтів рівняння наведено в табл. 4.4

Таблиця 4.4

Статистичні характеристики рівняння (4.4)

Параметр	Оцінка	Стандартна похибка	95% довірчий інтервал	
			Нижня границя	Верхня границя
a0	1,335	0,062	1,212	1,457
a1	0,913	0,015	0,883	0,943
a2	-0,348	0,030	-0,407	-0,288

Значення коефіцієнта детермінації досить високе і становить 0,813, тобто наша модель достовірно описує 81,3% вибірки.

Аналізуючи табл. 4.4 ми відмітили, що останній коефіцієнт рівняння має від'ємне значення. Оскільки відомо, що при збільшенні повноти зменшується середній діаметр насаджень.

При складанні таблиць ходу росту виникає проблема у підстановці саме значення повноти, а також, як вже було наведено раніше (див. рис. 4.5), спостерігається певна тенденція зміни відносної повноти у динаміці.

Враховуючи значну дисперсію дослідного матеріалу, було вирішено вирівняти значення повноти в залежності від віку за допомогою функції поліному другого порядку. Після проведеного пошуку коефіцієнтів регресії, було знайдено рівняння залежності для досліджуваних насаджень.

$$P = a_0 + a_1 * A + a_2 * A^2 \quad (4.5),$$

де P – відносна повнота деревостану;

A – вік деревостану;

Точність даних рівнянь за деякими показниками низька. коефіцієнт детермінації рівний близько 0,5; F -критерій Фішера дорівнює 1,72 і за своєю величиною рівний критичному значенню. Позитивним є те, що значущими є всі коефіцієнти рівняння, а також дуже низький коефіцієнт автокореляції залишків. Низьку точність можна пояснити малою кількістю спостережень, оскільки при

модельованні використовувались середні значення відносної повноти для класів віку. Підставивши обраховані повноти у рівняння (3.4) при побудові таблиць

ходу росту обраховуємо середній діаметр деревостану із урахуванням віку та

повноти. Суму площ поперечних перерізів була розрахована за допомогою класичної формули таксації.

$$V = GHF \Rightarrow G = V / (HF) \quad (4.6)$$

Середнє видове число у базі даних насаджень відсутнє. Враховуючи малу кількість дослідного матеріалу, було вирішено використати рівняння значень середнього видового числа, розробленого Базою О.П. (14), що має вигляд:

$$F = 0,457 + (0,449/H) + (2,712/(H \cdot D)) \quad (4.7),$$

де F – середнє видове число;

H – середня висота;

D – середній діаметр на висоті 1,3 м.

4.4 Моделювання динаміки запасу

Продуктивність насадження характеризується ще одним таксаційним показником – запасом. Багатоваріантний пошук виявив залежність запасу від висоти та повноти. Також були використані алометричні залежності для цих показників. Таким чином внаслідок регресійного аналізу було отримане наступне рівняння:

$$M = a_0 \cdot H^{a_1} \cdot P^{a_2} \quad (4.8),$$

де M – запас насадження на 1 га;

H – середня висота;

P – середня повнота.

НУБІП України

Таблиця 4.5

Статистична характеристика рівняння (3.8)

Параметр	Оцінка	Стандартна похибка	95% довірчий інтервал	
			Нижня границя	Верхня границя
a_0	4,174	0,214	3,753	4,595
a_1	1,452	0,017	1,419	1,485
a_2	1,057	0,035	0,989	1,125

Як і у попередніх випадках всі характеристики точності та адекватності математичної моделі (4.8) вказують на прийнятність отриманого рівняння для математичної апроксимації запасу від середньої висоти насадження.

Наступною важливою таксаційною ознакою продуктивності деревостанів є приріст. Також розрізняється приріст за діаметром, висотою, об'ємом (запасом) тощо. На практиці в основному застосовується приріст по запасу, що поділяється на декілька видів. Неповний середній приріст або середня зміна запасу знаходиться шляхом ділення наявного запасу на вік насадження. Поточний приріст визначається за певний період часу. Для розрахунку даного виду приросту необхідно знати кілька запасів насадження, а саме запас на даний момент часу та запас насадження за різний період часу. В практиці лісового господарства зазвичай розраховується поточний приріст за 5 або 10 років.

4.5 Моделювання частини деревостану, що вибирається

Частина деревостану, що вибирається під час росту і розвитку лісових насаджень, в першу чергу потребує знаходження основних таксаційних параметрів, від яких залежать інші показники, а саме середній діаметр та середню висоту. Для знаходження середньої висоти частини деревостану, що вибирається, в першу чергу необхідно встановити редуційне число (R_H). Цей

показник було розраховано взявши за основу дані пробних площ, що були закладені співробітниками кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБІП України. Враховуючи, що для розробки даних нормативів необхідно мати значний дослідний матеріал, було вирішено використати розроблені раніше моделі для частини насадження, що вибирається. Рівняння даної моделі має вигляд:

$$(R_H) = 1,776 + 2,485 * A^{0,0156} \quad (4.9)$$

Середню висоту частини деревостану, що вибирається (H^B) визначали за наступним співвідношенням:

$$H^B = H * R_H \quad (4.10)$$

Середній діаметр частини, що вибирається, також було розраховано за допомогою редуційного числа (R_D).

Отримана модель, як і в попередньому випадку, істотно не відрізняється від розроблених раніше [64]:

$$(R_D) = 0,678 + 2,78 * 10^{-3} * A^{0,856} \quad (4.11)$$

Відповідно, середній діаметр частини, що вибирається (D^B), визначався за співвідношенням:

$$D^B = D * R_D \quad (4.12)$$

Кількість стовбурів на 1 га, що відпали або вибрані з лісостанів внаслідок рубок, пов'язаних з веденням лісового господарства, дорівнювала різниці між кількістю стовбурів наявного деревостану 5 років тому та кількістю стовбурів тепер. Тобто, кількість дерев, що вибираються – це те число дерев, на яке зменшилася частина деревостану, що продовжує рости за 5 років.

Таксаційна характеристика суми площ поперечних перерізів частини, що вибирається (G^B), визначалася за допомогою середнього діаметра цієї частини деревостану та кількості вирубаних стовбурів

НУБІП України

$$G^B = \frac{\pi \cdot (D^B)^2}{40000} \cdot N^B \quad (4.13)$$

Запас частини насадження, що вибирається, було розраховано за допомогою класичної формули таксації, але в нас не було відомо одного з коефіцієнтів даної формули а саме видового числа. Даний показник було

НУБІП України

розраховано на основі моделі середнього видового числа для частини, що вибирається, що була розроблена Балюю О.П. і має наступний вигляд:

$$F^B = 0,464 + (0,515/H^B) + (2,213/(H^B \cdot D^B)) \quad (4.14)$$

НУБІП України

Отримані таблиці ходу росту наведені в додатку А.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Моделювання росту деревостану розглядається як невеликий сегмент у загальній системі контролю й керування лісовими ресурсами. Підвищення точності оцінки лісових ресурсів з урахуванням більшості факторів оточуючого середовища дає можливість збільшити якість управлінських рішень в контексті їх раціонального використання.

За результатами досліджень, проведених у даній роботі, можна зробити наступні основні висновки:

1. Ліс є складною біоекологічною системою і її вивчення є досить складним та трудомістким процесом, тому для реалізації поставлених завдань є доцільним застосовувати системний підхід до вивчення процесів, що проходять у лісових насадженнях. Моделювання й аналіз зв'язків дає змогу не тільки ефективно вирішувати питання лісового господарства, а й за допомогою імітаційного моделювання досягти оптимального варіанту функціонування лісових екосистем.

2. Дубові деревостани складають близько 40% площ підприємства, враховуючи їх високу народно-господарську цінність актуальним є питання їх стану з метою покращення планування лісогосподарських заходів направлених на збільшення отримання деревини.

3. Сучасна лісотаксаційна практика використовує декілька класифікаційних одиниць для складання таблиць ходу росту – бонітет і тип лісу.

Найбільш розповсюджений – бонітет, але статична бонітетна шкала проф. М.М.

Орлова не дає адекватних результатів при моделюванні росту деревостанів. Існує необхідність в розробці динамічних бонітетних шкал, які б у повній мірі відповідали особливостям росту деревних порід.

4. З метою групування вихідних даних та подальшого їх прив'язування до розроблених раніше нормативів, була розроблена динамічна бонітетна шкала (на основі середньої висоти насадження) з прив'язуванням до бонітетної шкали М.М. Орлова в 120 років.

5. Розроблені моделі ходу росту основних таксаційних показників для

штучних дубових насаджень відображають їх сучасний стан в умовах ДП “Лубенський ЛГ”.

Прогнозиці виробництву

1) динамічна бонітетна шкала для штучних дубових насаджень ДП

“Лубенський ЛГ”;

2) моделі ходу росту основних таксаційних показників штучних дубових насаджень ДП “Лубенський ЛГ”;

3) модальні таблиці ходу росту штучних дубових насаджень ДП

“Лубенський ЛГ”.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abramowitz Milton, Irene A. Stegun. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. New York: Dover. 1964. 1064 p.
2. Eriksson H. Grannens produktion i Sverige. Rapp. Och uppsats. Inst. Stogsprod Skoghögsk. 1974. N 33. p. 192–203.
3. Gualdi V. Ricerche auxometriche sull'errete coetanee del Gargano. «Ital. Forestemont». 1974. N 4. p. 121–136.
4. Halaj J. Pouzitie hornej vyšky pri konstrukcii rastovych tabuliek hlavných drevin ČSSR. Lesn. Casopis. 1971. N 4. p. 321–341.
5. Hummel F. C., Christie F. M. Methods used for construct the revised yield tables for conifers in Great Britain. Forest Research. 1957.
6. Mitchell K. J. Simulation of the growth of even-ages stand of White spruce. Neu Haven : Yale Univ., p. 1–48.
7. Munro D. D. Forest growth models – a prognosis. In coll. : Growth models for tree and stand simulation. Stockholm. 1973. p. 7–19.
8. Антанайтис В. В. Современное направление лесоустройства. М. : Лесная промышленность, 1977. 280 с.
9. Анучин Н. П. Лесная таксация. 5-е изд., доп. М. : Лесная промышленность, 1982. 550 с.
10. Атрощенко О. А. Автоматизированная система долгосрочного планирования лесопользования в Финляндии. Лесное хозяйство. 1980. № 12. С. 68–70.
11. М. Багинский В. Ф. Бонитетные шкалы по верхней высоте для основных лесобразующих пород Западного региона Европейской части СССР «Формирование высокопродуктивных насаждений Белоруси». Минск : Полымя. 1980. С. 67–80.
12. Багинский В. Ф. Повышение продуктивности лесов. Минск : Уралджай, 1984. 136 с.

13. Багинский В. Ф. Повышение продуктивности лесов. Минск : Ураджай, 1984. 136 с.

14. Бала О.П. Б 20 Моделювання росту та продуктивності деревостанів твердолистяних деревних видів України. Монографія / Бала О.П. – К. : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2019. – 291 с.

15. Бергаланфи Л. История и статус общей теории систем. Системные исследования. М., 1973. С. 20–38.

16. Бир Ст. Кибернетика и управление производством. М., 1965. 170 с. (36)

17. Блауберг И. В., Садовский В. Н., Юдин Э. Г. Системные исследования и общая теория систем. Системные исследования. М. 1969. С. 20–38. (38)

18. Буш К. К., Иевинь И. К. Применение системного анализа в лесоведении. Лесоведение. 1975. № 1. С. 3–11.

19. Василюшин Р. Д. Ліси Українських Карпат: особливості росту, біологічна та енергетична продуктивність : монографія. К. : ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 418 с.

20. Воронежского сельскохозяйственного института. 1927. Т. VIII. С. 54–62. (

21. Глазов Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве. М., 1976. 141 с.

22. Голубков Е. П. Системный анализ как направление исследований. Системные исследования. М. 1977. С. 119–130.

23. Давидов М. В. Бонитет как единица таксационной классификации насаждений. Лесной журнал. 1968. № 4. С. 26–28.

24. Давидов М. В. О дифференцированном бонитировании при лесоустройстве. Лесной журнал. 1972. № 4. С. 3–7.

25. Давидов М. В. Типы роста дубовых древостоев в Шиповом лесу. Лесной журнал. 1974. № 5. С. 3–7.

26. Давидов М. В. Типы роста и бонитирование насаждений : лекція. К. : УСХА, 1987. 40 с.

27. Дрейпер В., Смит Р. Прикладной регрессионный анализ. М., 1973. 392 с.

28. Дударев А. Д. Методические указания для студентов специальности «Лесное хозяйство» по исследованию хода роста нормальных насаждений. Воронеж : Изд. ВЛТИ, 1983. 56 с.

29. Дыренков С. А. Лесоводство с позиции системного анализа. Лесоведение. 1975. № 6. С. 3–9.

30. Загребев В. В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. М. : Лесная промышленность, 1978. 237 с.

31. Загребев В. В., Гусев Н. Н., Саликов Н. Я. Методические рекомендации по составлению таблиц хода роста древостоев. Пушкино : ВНИИЛМ, 1975. 36 с.

32. Здорик Н. Г. Статистика для лесных специалистов. М., 1952. 225 с. (73)

33. Изучение и моделирование хода роста древостоев (на примере Пермской области). Методические рекомендации ЛНИИЛХ. Л. : ЛНИИЛХ, 1977. 43 с.

34. Козловский В. Б., Степин В. В. Нужны новые бонитетные шкалы. Лесное хозяйство. 1966. № 1. С. 38–41.

35. Лакида П. И. Модели роста и продуктивности искусственных древостоев сосны Полесья УССР : дис... канд. с.-х. наук : спец. 06.03.02. «Лесоустройство и лесная таксация». К., 1986. 202 с.

36. Левин В. И. О бонитировании насаждений при лесоустройстве. Лесное хозяйство. 1962. № 9. С. 25–29.

37. Лица И. Я. Системный подход и математическое моделирование в биогеоценологии. Ботанический журнал. 1971. Т. 56. С. 577–581.

38. Лісотаксаційний довідник. К. : Видавничий дім «Вінченко», 2013. 496 с.

39. Лосицкий К. Б. Дуб. М. : Лесная промышленность, 1981. 101 с.

40. Ляпунов А. А., Багриновская Г. П. О методологических вопросах математической биологии. Математическое моделирование в биологии. М., 1975. С. 5–19.

41. Матузанис Я. К., Тауринш Я. К. Модель хода роста еловых насаждений. Текущий прирост древостоев и его применение в лесном хозяйстве. Рига : Зинатне, 1972. С. 135–138.

42. Межжерин В. А. Этюды по теории биологических систем. Системные исследования. М. 1974. С. 100–119.

43. Моисеев В. С. Методика составления таблиц хода роста и динамика товарной структуры модальных насаждений. Л. : ЛУТА, 1968. 88 с.

44. Моисеенко Ф. П. О закономерностях в росте, строении и товарности насаждений : доклад на соискание ученой степени докт. с.-х. наук. К., 1965. 78 с.

45. Налимов В. В. Теория эксперимента. М. : Наука, 1971. 207 с.

46. Науменко И. М. Ход роста порослевого и семенного дуба. Записки Воронежского сельскохозяйственного института. 1927. Т. VIII. С. 54–62.

47. Никитин К. Е. Применение ЭВМ в лесной таксации. М. : Лесная промышленность, 1972. 130 с.

48. Никитин К. Е., Швиденко А. З. К вопросу о математическом моделировании в лесном хозяйстве. Тезисы докладов. Киев, 1973. С. 219–220.

49. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. М. : Лесная промышленность, 1978. 272 с.

50. Никитин К. Е., Швиденко А. З. Таксация лесосек на электронных вычислительных машинах. К. : Урожай, 1972. 198 с.

51. Орлов М. М. Лесная таксация. 2-е изд. Л. : Изд. Ленинградского лесного института, 1925. 510 с.

52. Петренко М. М. Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю штучних насаджень сосни Полісся України : дис... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.02 «Лісовпорядкування і лісова таксація». К., 2002. 167 с.

53. Поляков А. Н. Изучение хода роста модальных сосновых насаждений и установление их возраста спелости : автореф. дис... канд. с.-х. наук. : спец. М., 1959. 22 с.

54. Разин Г. С. Метод составления таблиц хода роста древостоев. Лесной журнал, 1967. №5. С. 5–7.

55. Редькин А. К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок: учебник для вузов. М. : Лесная промышленность, 1988. 256

56. Свалов Н. Н. Методы составления таблиц классов бонитета. Лесное хозяйство, 1967. № 6. С. 26–34.

57. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М. : Лесная промышленность, 1979. 216 с.

58. Свалов Н. Н. Прогнозирование роста древостоев. Методы учета и прогноза лесных ресурсов. М. : Наука и техника, 1978. С. 110–196.

59. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. М. : Наука, 1971. 362 с.

60. Строчинский А. А. Методическое и нормативно-информационное обеспечение системы регулирования продуктивности лесных насаждений на Украине : автореф. дис... в виде научн. доклада д-ра с.-х. наук : спец. 06.03.02. «Лесоустройство и лесная таксация». К., 1992. 70 с.

61. Терентьев А.Ю., Бала О.П. Сучасний стан та продуктивність модальних деревостанів сосни звичайної та ялини європейської України. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво.* - 2017. - Вип.266. - С.91-103.

62. Терентьев А.Ю., Белюшко П.С. Передумови моделювання росту модальних шпичних деревостанів сосни звичайної в Поліссі України. *Науковий вісник НАУ.* – 2005. – Вип.83. – С.241-248.

63. Терентьев А.Ю., Володимиренко В.М., Бала О.П. Використання комп'ютерних технологій для статистичної оброблення інформації у лісовому господарстві. *Науковий вісник НУБіП України: зб. наук. праць.* – Серія: *Лісівництво та декоративне садівництво.* - 2011. - Вип.164(1) - [Електронний ресурс]. Доступний

http://www.nbuu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau_lds/2011_164_1/11tay.pdf

64. Третьяков Н. В. Закон единства в строении насаждений. М. : Новая деревня, 1927. 113 с.

65. Третьяков Н. В. Методика учета текущего и среднего приростов древостоев. Вопросы лесной таксации : сб. трудов ЦНИЛХ. 1937. С. 4–

44

66. Тюрин А. В. Исследования хода роста нормальных сосновых насаждений в Архангельской губернии. Труды по лесному опытному делу в России. СПб., 1918. Вып. 45. 135 с.

67. Федец И. Ф., Дзедзюля А. А. Динамика верхних высот сосновых древостоев по типам леса и бонитирование насаждений. Лесоводство и агролесомелиорация. 1983. № 66. С. 20–55.

68. Швиденко А. З. Некоторые биометрические характеристики в буковых лесах Украинских Карпат. Лесоведение и лесоводство. К., 1979. № 233.

С. 72–76.

69. Швиденко А. З. Нормативно-справочные лесотаксационные данные (НСД) в ОАСУ-лесхоз. Совершенствование методов наземной и аэрокосмической таксации и устройства лесов. Свердловск, 1983. С. 57–59.

70. Швиденко А. З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации горных лесов зоны интенсивного ведения хозяйства; автореф. дис... докт. с.-х. наук : спец. 06.03.02. К. : УСХА. 1981. 38 с.

71. Швиденко А. З. Теоретические основы системы сбора и обработки на ЭВМ лесоустройственной информации для горных лесов. Использование ЭВМ ЕС «Ряд» в лесном хозяйстве. Лн., 1977. С. 81–107.

72. Швиденко А. З., Юдицкий Я. А. Исследование оптимальности горных древостоев путем имитационного моделирования на ЭВМ. Формирование эталонных насаждений. Каунас, 1979. Ч. 1. С. 119–121.

73. Штофф В. А. Моделирование и философия. Л., 1966. 202 с.

74. Юдин Э. Г. Методологическая природа системного подхода. Системные исследования. М. : Наука. 1973. С. 38–51.

ДОДАТКИ
НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А

Таблиця А1

Моделльні таблиці штучних дубових насаджень ДП Лубенське лісове господарство

Бонітет І^а

Вік, років	Деревостан						Частина, що вибирається						Загальний приріст, м ³			
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних деревин, м ²	запас, м ³	зміна запасу, м ³		середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних деревин, м ²	запас, м ³	сума запасів, м ³	Загальна продуктивність, м ³	середній приріст, м ³	поточний приріст, м ³
						загальн ий	поточн ий									
10	3,8	5,2	3222	6,9	19			3,0	3,6	1168	1,2	3,2	3,2	21,9	2,2	
20	8,5	10,9	1433	13,3	61	3,1	5,0	7,1	7,8	359	1,7	7,1	12,4	68,3	3,4	5,3
30	13,2	16,2	850	17,5	116	3,9	5,8	11,1	11,8	150	1,6	9,7	30,7	125,9	4,2	6,0
40	17,5	20,9	593	20,4	175	4,4	5,9	15,0	15,6	78	1,5	11,3	52,8	186,6	4,7	6,0
50	21,3	25,1	455	22,5	232	4,6	5,4	18,5	19,0	47	1,3	12,3	76,9	244,7	4,9	5,5
60	24,6	28,7	370	24,0	283	4,7	4,7	21,5	22,1	31	1,2	12,7	102,1	296,1	4,9	4,7
70	27,4	31,9	313	24,9	326	4,7	3,8	24,1	25,0	23	1,1	13,4	128,3	339,2	4,8	3,8
80	29,8	34,6	271	25,4	358	4,5	2,8	26,3	27,5	18	1,1	14,0	155,2	372,5	4,7	2,9
90	31,7	36,9	237	25,4	381	4,2	1,8	28,2	29,9	14	1,0	13,9	183,2	395,0	4,4	1,8
100	33,2	39,1	210	25,1	394	3,9	0,8	29,7	32,1	13	1,1	15,9	213,5	410,1	4,1	1,0
110	34,5	41,0	185	24,5	398	3,6	0,0	31,0	34,2	11	1,0	16,3	245,9	414,5	3,8	0,1
120	35,5	42,9	163	23,5	394	3,3	-0,8	32,0	36,2	10	1,0	17,6	281,3	411,7	3,4	-2,6

Таблиця А2

Модальні таблиці штучних дубових насаджень ДП Дубенське лісове господарство

Бонітет I

Вік, років	Деревостан					Частина, що вибирається					Загал вна	Загальний приріст, м ³				
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних деревин, м ²	запас, м ³	середн я зміна запасу, м ³	поточ на	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.		сума площ поперечних деревин, м ²	запас, м ³	сума запасів, м ³	середній	поточний
10	3,4	4,7	3555	6,1	16			2,7	3,3	1221	1,0	2,5	2,5	18,2	1,8	
20	7,5	9,7	1650	12,3	51	2,6	4,2	6,2	6,9	404	1,5	5,9	10,2	57,1	2,9	4,5
30	11,7	14,5	990	16,3	97	3,2	4,9	9,9	10,5	173	1,5	8,2	25,5	105,4	3,5	5,0
40	15,5	18,7	694	19,1	147	3,7	4,9	13,3	13,9	91	1,4	9,5	44,0	156,4	3,9	5,0
50	18,9	22,5	534	21,2	195	3,9	4,6	16,3	17,0	55	1,2	10,4	64,3	205,1	4,1	4,6
60	21,8	25,7	435	22,6	237	4	3,9	19,0	19,8	37	1,1	10,9	85,7	248,3	4,1	3,9
70	24,3	28,5	368	23,4	273	3,9	3,1	21,3	22,3	27	1,1	11,3	107,6	284,2	4,1	3,2
80	26,3	30,9	318	23,9	300	3,8	2,3	23,3	24,6	20	1,0	11,2	130,0	311,4	3,9	2,4
90	28,0	33,0	279	23,9	319	3,5	1,5	24,9	26,7	17	1,0	12,1	154,2	331,3	3,7	1,5
100	29,4	34,9	247	23,6	330	3,3	0,7	26,3	28,7	15	1,0	13,2	179,3	343,3	3,4	0,9
110	30,5	36,7	218	23,0	334	3	0,0	27,4	30,6	13	1,0	13,8	206,7	347,3	3,2	0,1
120	31,4	38,3	192	22,2	330	2,8	-0,7	28,3	32,4	12	1,0	15,2	237,0	345,2	2,9	-2,2

Таблиця АЗ

Модальні таблиці штучних дубових насаджень ДП Дубенське лісове господарство

Бонітет II

Вік, років	Деревостан					Частина, що вибирається							Загальний приріст, м ³				
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних перерізів, м ²	запас, м ³	середня	поточна	зміна запасу, м ³	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних перерізів, м ²	запас, м ³	сума запасів, м ³	Загальна продуктивність, м ³	середній	поточний
10	2,9	4,1	3930	5,2	13				2,3	2,9	1252	0,8	1,9	1,9	14,7	1,5	
20	6,6	8,6	1927	11,1	42	2,1	3,4		5,4	6,1	457	1,3	4,7	8,1	46,6	2,3	3,7
30	10,2	12,7	1174	15,0	79	2,6	4,0		8,6	9,3	201	1,4	6,6	20,5	86,1	2,9	4,1
40	13,5	16,5	828	17,7	120	3	4,0		11,6	12,3	107	1,3	7,8	35,7	127,8	3,2	4,1
50	16,4	19,8	639	19,6	159	3,2	3,7		14,2	15,0	65	1,1	8,5	52,3	167,5	3,4	3,8
60	19,0	22,6	522	21,0	194	3,2	3,2		16,6	17,4	44	1,1	8,9	69,7	202,9	3,4	3,3
70	21,1	25,1	441	21,8	223	3,2	2,6		18,6	19,7	31	0,9	8,9	87,7	231,9	3,3	2,6
80	22,9	27,2	382	22,3	245	3,1	1,9		20,3	21,7	24	0,9	9,2	106,4	254,6	3,2	1,9
90	24,4	29,1	336	22,3	261	2,9	1,2		21,7	23,5	21	0,9	10,3	126,3	271,1	3,0	1,2
100	25,6	30,8	297	22,1	270	2,7	0,6		22,9	25,3	18	0,9	10,9	147,0	280,6	2,8	0,7
110	26,6	32,3	262	21,5	273	2,5	0,0		23,9	26,9	16	0,9	11,7	170,1	284,2	2,6	0,1
120	27,4	33,8	231	20,7	270	2,2	-0,5		24,7	28,5	15	1,0	13,1	195,1	282,7	2,4	-1,7

Таблиця А4

Модальні таблиці штучних дубових насаджень ДП Дубенське лісове господарство

Бонітет Ш

Вік, років	Деревостан					Частина, що вибирається					Загальна продуктивність, м ³	Загальний приріст, м ³				
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних перерізів, м ²	запас, м ³	зміна запасу, м ³	середня	поточна	середня висота, м	середній діаметр, см		кількість стовбурів, шт.	сума площ поперечних перерізів, м ²	запас, м ³	сума запасів, м ³	середній
10	2,5	3,6	4344	4,3	10			2,0	2,5	1238	0,6	1,4	1,4	11,5	1,2	
20	5,6	7,4	2289	9,8	33	1,7	2,7	4,6	5,3	520	1,1	3,6	6,2	36,7	1,8	2,9
30	8,6	11,0	1424	13,5	63	2,1	3,1	7,3	8,0	238	1,2	5,2	15,9	68,0	2,3	3,3
40	11,5	14,2	1014	16,1	95	2,4	3,2	9,8	10,6	129	1,1	6,1	27,7	101,0	2,5	3,3
50	14,0	17,1	786	18,0	126	2,5	2,9	12,1	12,9	79	1,0	6,7	40,9	132,5	2,7	3,0
60	16,1	19,5	643	19,3	153	2,6	2,5	14,1	15,0	53	0,9	7,0	54,7	160,4	2,7	2,6
70	18,0	21,7	545	20,1	176	2,5	2,0	15,8	17,0	39	0,9	7,3	69,2	183,7	2,6	2,1
80	19,5	23,5	472	20,5	194	2,4	1,5	17,2	18,7	30	0,8	7,5	84,1	201,5	2,5	1,5
90	20,7	25,1	415	20,5	206	2,3	1,0	18,5	20,3	25	0,8	8,0	99,7	214,2	2,4	1,0
100	21,8	26,5	367	20,3	213	2,1	0,5	19,5	21,8	22	0,8	8,6	116,5	221,9	2,2	0,5
110	22,6	27,9	325	19,8	216	2	0,0	20,3	23,2	20	0,8	9,5	134,6	225,0	2,0	0,1
120	23,3	29,1	286	19,1	213	1,8	-0,4	21,0	24,6	18	0,9	10,1	154,6	223,4	1,9	-1,4

Таблиця А4

Модальні таблиці штучних дубових насаджень ДП Лубенське лісове господарство

Бонітет IV

Вік, років	Деревостан							Частина, що вибирається							Загальна продуктивність, м ³	Загальний приріст, м ³	
	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів шт	сума площі поперечн	запас, м ³	зміна запасу, м ³		середня висота, м	середній діаметр, см	кількість стовбурів шт	сума площі поперечн	запас, м ³	сума запасів, м ³	середній		поточний	
						сер едн	пот очн										
10	2,1	3,0	4776	3,3	8			1,6	2,1	1141	0,4	0,9	0,9	8,5	0,9		
20	4,6	6,2	2770	8,4	25	1,3	2,0	3,8	4,4	588	0,9	2,6	4,4	27,6	1,4	2,2	
30	7,1	9,2	1778	11,9	47	1,6	2,4	6,0	6,7	286	1,0	3,8	11,5	51,3	1,7	2,5	
40	9,5	11,9	1282	14,3	72	1,8	2,4	8,1	8,9	158	1,0	4,6	20,3	76,3	1,9	2,5	
50	11,5	14,3	1000	16,1	95	1,9	2,2	10,0	10,8	98	0,9	5,0	30,2	100,1	2,0	2,3	
60	13,3	16,4	822	17,3	116	1,9	1,9	11,6	12,6	67	0,8	5,3	40,7	121,2	2,0	1,9	
70	14,8	18,2	698	18,1	133	1,9	1,5	13,0	14,2	49	0,8	5,5	51,7	138,8	2,0	1,6	
80	16,1	19,7	606	18,5	147	1,8	1,1	14,2	15,7	38	0,7	5,7	63,0	152,3	1,9	1,2	
90	17,1	21,1	533	18,6	156	1,7	0,7	15,2	17,0	31	0,7	5,9	74,8	161,8	1,8	0,8	
100	18,0	22,3	472	18,4	161	1,6	0,3	16,0	18,3	28	0,7	6,6	87,7	167,8	1,7	0,4	
110	18,6	23,4	418	17,9	163	1,5	0,0	16,7	19,5	25	0,7	7,1	101,5	169,9	1,5	0,1	
120	19,2	24,4	369	17,3	161	1,3	-0,3	17,3	20,7	24	0,8	8,1	117,0	169,2	1,4	-1,1	