

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

УДК 674.5

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ
Лісового і садово паркового
господарства
Роман ВАСИЛИШИН

(підпис) (ПБ)
« _____ » _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Технологій та дизайну виробів з
деревини
Андрій СПИРОЧКІН

(підпис) (ПБ)
« _____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Аналіз впливу різних методів вирощування деревини сосни на її властивості

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПИРОЧКІН
(ПБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

канд. техн. наук, доц.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Андрій СПИРОЧКІН
(ПБ)

Виконав

(підпис)

Олександр ПУЗРІН
(ПБ)

Київ – 2024 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ лісового і садово-паркового господарства

**ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри**

Технологій та дизайну виробів з деревини

к.т.н., доц. _____ Андрій СПИРОЧКІН

науковий ступінь, вчене звання (підпис)

(ПІБ)

« _____ » _____ 2024 р.

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Пузріну Олександрю Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 187 «Деревообробні та меблеві технології»

(код і назва)

Освітня програма «Деревообробні та меблеві технології»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Аналіз впливу різних методів
вирощування деревини сосни на її властивості

затверджена наказом ректора НУБіП України від “11” 10 2024 р. № 1820 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Звіти з наукової роботи кафедри. Результати попередніх експериментальних
досліджень за обраною тематикою

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз впливу умов зростання на властивості деревини сосни

2. Детальний аналіз фізичних та механічних властивостей деревини сосни

3. Дослідження властивостей деревини сосни в залежності від умов
вирощування.

Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів та висновків. Основна частина викладена на 65 сторінках, проілюстрована 28 рисунками та 5 таблицями. Список використаної літератури включає 56 назв.

У вступі викладено доцільність та актуальність обраної теми магістерської кваліфікаційної роботи.

В першому розділі наведено особливості вирощування сосни звичайної, зокрема охарактеризовано параметри навколишнього середовища, що впливають на умови зростання деревини сосни, проаналізовано різні методи вирощування сосни та їх вплив на властивості деревини і фізичні та механічні властивості деревини сосни, що зростала за різних умов.

Другий розділ присвячений аналізу методики виконання експериментальних досліджень фізичних та механічних властивостей деревини сосни. Методика експериментальних досліджень складається, в першу чергу, з відбору модельних дерев, їх розкрязуванні та підготовці зразків по всій висоті стовбура. Для порівняння основних властивостей деревини, наведено методики експериментальних досліджень в лабораторних умовах з визначення щільності, межі міцності на статичний згин та визначення розмірів основних елементів мікробудови деревини сосни – трахеїд.

В третьому розділі наведено стислу характеристику ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» та описано особливості пробних площ, де вирощувалася деревина для досліджень. Зазначено, що дослідні ділянки закладені доцентом кафедри загального лісівництва Київського лісогосподарського інституту П.Г. Кроткевичем у культурах сосни звичайної 1938 року для дослідження перспектив вирощування безсучкової деревини.

В четвертому розділі наведено детальний аналіз експериментальних досліджень з визначення фізичних та механічних властивостей деревини сосни, що вирощувалася стандартним методом та проаналізовано властивості деревини сосни,

що вирощувалася із використанням усунення бруньок. Порівняння властивостей деревини сосни вирощеної в звичайних умовах та із використанням видалення бруньок в процесі росту показало, що метод усунення бруньок демонструє значні переваги в отриманні деревини з рівномірною структурою, високою якістю та передбачуваними властивостями. Однак його застосування потребує додаткових витрат і трудових ресурсів, що може обмежувати його масштабне впровадження. У той же час, стандартний метод вирощування є більш економічно доцільним, але не завжди забезпечує потрібний рівень якості деревини для спеціалізованих застосувань.

Ключові слова: Боярська ЛДС, методи вирощування деревини сосни, усунення бруньок, фізичні та механічні властивості деревини.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ.....	8
1.1. Характеристика параметрів навколишнього середовища, що впливають на умови зростання деревини сосни.....	10
1.2. Аналіз різних методів вирощування сосни та їх вплив на властивості деревини.....	13
1.3. Аналіз фізичних та механічних властивостей деревини сосни, що зростала за різних умов.....	17
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
2.1. Аналіз методики дослідження фізичних властивостей деревини.....	22
2.2. Аналіз методики дослідження механічних властивостей деревини.....	24
РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
3.1. Стисла характеристика ВП НУБіП України «Боярська ЛДС».....	26
3.2. Опис пробних площ.....	33
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
4.1. Результати дослідження фізичних та механічних властивостей деревини сосни, що вирощувалася стандартним методом.....	37
4.2. Аналіз властивостей деревини сосни, що вирощувалася із використанням усунення бруньок.....	48
4.3. Аналіз впливу різних методів вирощування деревини сосни на її властивості.....	53
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Лісове господарство України орієнтоване на максимальне використання корисних функцій лісів для потреб суспільства. Першочерговим завданням лісового господарства держави є прискорене відтворення й раціональне використання лісових багатств з метою найповнішого забезпечення України власними лісосировинними ресурсами в найкоротші строки, визначення фактичної продуктивності лісових насаджень та резервів її підвищення із застосуванням нових технологій лісогосподарського виробництва. Перед лісівниками України поставлено важливе завдання з відтворенню та примноженню лісів України. Для вирішення цього завдання важливим є створення та вирощування високопродуктивних цінних насаджень, правильний підбір яких для сумісного зростання може забезпечити високу стійкість та продуктивність майбутніх лісів. При цьому слід застосувати раціональну технологію створення та вирощування таких насаджень.

Лісові екосистеми відіграють незамінну роль у збереженні клімату, екологічного балансу та біорізноманіття. Ліси є ключовим фактором для сталого розвитку лісового сектору, що сприяє інтегрованому економічному та соціальному прогресу на територіях, де вони знаходяться, і є критичним для підтримки сільських громад. Приблизно 25% населення світу залежить від лісових ресурсів для свого існування, можливості заробітку та забезпечення доходів. Багатофункціональна природа лісів посилюється завдяки використанню відновлюваних деревних матеріалів у лісовій біоекономіці. Виробництво таких матеріалів допомагає замінити несталі альтернативи на основі викопного палива, сприяючи тим самим кліматичній нейтральності та екологічній стійкості виробництва.

Сучасна практика лісового господарства пропонує різні методи вирощування деревини, такі як природне лісовідновлення, плантаційне вирощування, застосування добрив і регуляторів росту, а також інтегровані підходи. Кожен із цих

методів впливає на якість деревини, включаючи її фізико-механічні, технологічні та естетичні властивості.

Проблема вибору оптимального методу вирощування стає дедалі актуальнішою з огляду на глобальні екологічні виклики, потребу у збереженні природних ресурсів і задоволення попиту на високоякісну деревину. Крім того, аналіз властивостей деревини, вирощеної за різними методами, дозволяє покращити процеси переробки та підвищити ефективність використання цього ресурсу.

Мета даної магістерської роботи – дослідити вплив різних методів вирощування сосни на її основні властивості. Для досягнення поставленої мети будуть розглянуті методики вирощування, проведено порівняльний аналіз фізико-механічних характеристик деревини, а також оцінено потенціал застосування різних підходів у промислових умовах.

Об'єктом дослідження були соснові деревостани ВП НУБіП України «Боярська ЛДС».

Предметом дослідження було порівняння властивостей деревини сосни, що вирощувалася різними методами.

Результати дослідження матимуть практичну значущість для лісового господарства, деревообробної промисловості та інших суміжних галузей, де якість деревини відіграє ключову роль.

РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

З метою забезпечення потреб різних галузей народного господарства України в лісові сировині перед нашим лісовим господарством висувається невідкладне завдання створення і вирощування високопродуктивних, якісного складу та біологічно стійких лісових насаджень штучного походження. Залісненість території України є недостатньою, а в деяких областях критично низькою. За площами лісових насаджень і запасами деревини Україна відноситься до малолісистих країн Європи. Частка природних деревостанів, особливо з участю сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), з кожним роком зменшується, що негативно впливає на навколишнє середовище [1–4].

Сосна звичайна, завдяки декоративності, довговічності, санітарно-оздоровчим якостям і невибагливості до едафічних умов у місцях природного ареалу є однією з найцінніших лісопроводних порід. Становить, що близько 362 тис. га її деревостанів є стиглими і перестиглими, а отже поступово деградують і потребують проведення лісовідновлювальних рубок з подальшим залісненням.

Як відомо з літературних джерел, саме сосна звичайна в Україні посідає перше місце за поширеністю Житомирській, Київській, Львівській, Полтавській, Івано-Франківській, Рівненській, Сумській, Тернопільській, Чернігівській, Харківській, Хмельницькій областях. Найбільша висота, що досягається тут сосною – 48 м при діаметрі до 1 м [2–9]. Крона рихла, ажурна, гілкування моноподіальне, розміщення гілок мутовчасте. Це швидкоросла деревна порода, вибаглива до світла, проте невибаглива до ґрунтових умов, росте на піщаних, вапнякових, торф'яних, кам'янистих ґрунтах, на солонцях, голих скелях.

Відомо, що сосна звичайна відрізняється виключно великою внутрішньовидовою різноманітністю і великою кількістю форм [10]. З багатого формового різноманіття сосни звичайної, представленого 82 формами, у культурі на Україні найбільший інтерес представляють наступні: *f. fastigiata* Carr. (*pyramidalis* hort.) – із вузькою пірамідальною кроною; *f. pendula* Casp. – із звисаючими гілками; *f. virgata* Casp. – із сильно зігнутими, малорозгалуженими

гілками; *f. pumila* hort., *f. pygmaea* hort. – низькорослі форми з різноманітно забарвленою хвоєю; *f. variegata* Carr. – із золотистою хвоєю; *f. argentea* Stev. – із сріблястою хвоєю; *f. nivea* Schw. – із білою хвоєю на молодих пагонах та інші.

Сосна звичайна – одна з головних лісоутворюючих порід світу. На території України розташовані цілі масиви соснових лісів. Сосна здатна зростати в різних ґрунтових та кліматичних умовах, але нерідко страждає від діяльності людини. В даний час зростає негативний вплив антропогенних, у тому числі і лісогосподарських факторів на стан соснових деревостанів [4].

Соснові насадження чутливі навіть до незначного рекреаційного навантаження і при його дії знижують свою життєвість [2]. Однак завдяки широкій амплітуді екологічних властивостей сосна звичайна швидко пристосовується до нових умов і подальше збільшення рекреаційного навантаження не викликає помітного зниження життєвості деревостанів. Із збільшенням віку відносна стійкість насаджень до дії рекреаційного навантаження підвищується [11, 13]. У таких насадженнях за рахунок випадання відмерлих дерев основного намету, підросту і підліску, добре розвиваються лугові трави, що утворюють потужну дернину, яка запобігає ущільненню ґрунту.

Сосна звичайна і ліси, які вона утворює, охоплюють величезний ареал з широким діапазоном зростання. Вони є джерелом отримання деревини з високими фізико-хімічними властивостями і водночас виконують важливу водоохоронну, санітарно-гігієнічну, ґрунтову та полезахисну роль [4, 8]. Нині особливої актуальності набувають питання щодо підвищення біологічної стійкості, а також використання, відновлення, утримання і адаптації рослин сосни звичайної до антропогенно трансформованого середовища [12].

Негативні наслідки зміни клімату посилюються через те, що більшість соснових лісів мають штучне походження та є одноярусними одновіковими монокультурами (культурами з однієї породи) [12].

Мішані багаторярусні та різновікові насадження зазвичай стійкіші до негативної дії багатьох чинників завдяки різноманіттю мікроклімату, умов перебування та живлення рослин, безхребетних тварин, грибів і мікроорганізмів,

що відіграють важливу роль у ґрунтоутворенні та підвищенні стійкості деревостану до різноманітних чинників несприятливої дії. Водночас чисті соснові насадження відразу реагують на дію чинників ослаблення на великій площі, зокрема на несприятливі зміни погодних умов.

1.1. Біолого-екологічні особливості сосни звичайної

Сосна звичайна або лісова (*Pinus sylvestris* L) – хвойне дерево з родини соснових (*Pinaceae*) заввишки 25 – 35 (до 40 – 45 м), з конусоподібною або округлою кроною (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Сосна звичайна [13]

Діаметр стовбура у найбільших дерев може досягати 1 м і більше. Ство́бур прями́й (рис. 1.2.).



Рис. 1.2. Повнодеревний стовбур сосни звичайної (пробна площа 1)

Молоді гілки вкриті сірувато-бурою корою. Більш старі гілки і верхня частина стовбура вкриті жовто-червоною корою, що відшаровується тонкими плівками. Кора сосни звичайної містить 4–10 % танідів, із збільшенням віку вміст танідів у корі зменшується.

Коренева система сосни дуже відрізняється у різних екологічних умовах. У достатньо сухих умовах у неї добре розвинений стрижневий корінь. На ділянках з близьким заляганням ґрунтових вод, навпаки, кореневу систему формують в основному бічні корені, що поширюються в усі сторони.

Сосна звичайна в перші роки життя росте швидко. Найбільший щорічний приріст у дерев відбувається у віці 15 – 25 років. Генеративні органи з'являються у дерев, що ростуть на відкритих місцях в 15 років, в лісових насадженнях – у 30 – 40 років. Запилення здійснюється вітром. Насіння сосни звичайної дозріває тільки через 1,5 року після запилення. Зрілі шишки яйцевидно-конічні, до 7 см, сильно здерев'янілі. Насіння яйцеподібне, довжиною 3–4 мм, забезпечені крильцями, які довше за саме насіння в 3–4 рази. Насінні роки з рясним утворенням насіння повторюються через 3-5 років.

Ареал сосни звичайної дуже великий, займає значну площу помірного поясу Євразії (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Ареал сосни звичайної [14]

Сосна звичайна є основною лісотвірною породою в Українському Поліссі. Створює чисті і мішані ліси. Світлолюбна, морозостійка рослина. Запилюється у травні. Поширена на Поліссі, в північній частині Лісостепу, іноді на піщаних терасах рік північної частини Степу. Вона займає близько 35 % державного лісового фонду України. Основні райони заготівлі – Житомирська, Волинська, Рівненська і Львівська, частково Київська, Чернігівська області. Сосна звичайна є космополітичним видом, анатоμο-морфологічні особливості дозволяють їй пристосовуватися до широкого спектру екологічних факторів.

1.2. Аналіз різних методів вирощування сосни та їх вплив на властивості деревини

В Україні вирощування сіянців сосни зазвичай проводиться в невеликих за площею тимчасових розсадниках. Саме на таких розсадниках можна ефективно застосовувати сучасні технології вирощування посадкового матеріалу із застосуванням добрив, стимуляторів росту, фунгіцидів. З метою запобігання утомлюваності ґрунту, появи грибкових захворювань та заселення ґрунту шкідниками обов'язкове парування ґрунту на площі, яка повинна становити біля 30 % продуктивної площі розсадника. Важливе значення в успішності створення культур сосни займає підготовка ґрунту. Найпоширенішим способом є нарізання борозен без нормативної регламентації їх глибини в залежності від типу умов місцезростання. Такий підхід має цілий ряд негативних наслідків для майбутньої культури, головним з яких є посадка сіянців у бідний на поживні речовини елювіальний горизонт дерново-підзолистого ґрунту.

Саме тому при підготовці ґрунту під лісові культури в умовах сухих, свіжих і вологих борів, свіжих суборів перевагу слід віддавати підготовці ґрунту смугами за допомогою механізмів фрезерного типу (скарифікаторів). У вологих суборах, свіжих та вологих судібровах при підготовці ґрунту перевагу необхідно віддавати прокладанню борозен глибиною 15 – 20 см із послідуємим поверненням родючого шару дисковими знаряддями. На лісосіках після рубки

низькоповнотних, розстроєних насаджень в умовах свіжих борів, субборів і судібров, зарослих злаковою рослинністю, необхідно проводити нарізання глибоких (20 – 25 см) борозен. Підготовка ґрунту повинна включати й внесення гербіцидів. Підготовку ґрунту під лісові культури доцільно проводити восени. Ефективно для посіву застосовувати ручні сіялки, які потребують мінімум затрат і економно висівають насіння. Досить широкий спектр таких засобів серійно виробляють у багатьох європейських країнах. Для посіву необхідно підбирати свіжі лісосіки з-під рубок головного користування в умовах свіжих і вологих борів та субборів, на яких відсутній, або слаборозвинутий трав'яний покрив. За більш ніж віковий проміжок часу в лісокультурному виробництві напрацьовано величезну кількість способів змішування порід, схем посадки й густоти культур. В 70 – 80 рр. минулого століття широкого розповсюдження набуло рядове змішування порід при ширині міжрядь 2,5–3,0 м. Основна мета – перехід до механізованої посадки та догляду за культурами й уникнення рубок догляду в молодняках. Не дивлячись на відсутність механізованої посадки культур на вирубках в останнє десятиріччя, підходи до створення культур не змінилися (рис. 1.4.).



Рис. 1.4. Культури сосни звичайної (<http://leshoz.org.ua/node/221>)

Враховуючи майже виключно ручну посадку культур на лісових землях, слід більше практикувати групові схеми змішування порід (ланками). За схемою й густотою культури з переважанням сосни необхідно садити із шириною міжрядь 1,5–2,0 м і відстанню в ряду 0,5–0,7 м із кількістю посадкових місць 8–10 тис. штук на 1 га.

Виходячи з необхідності врахування не лише екологічного значення лісів, але й економічному, в експлуатаційних лісах перевагу слід віддавати створенню лісових культур, не нехтуючи можливістю гарантованого природного поновлення: задовільне природне поновлення проходить на вузьких кулісних лісосіках; ефективно для природного поновлення сосни залишення на лісосіках насінників у кількості 30–60 шт/га, 50 «підготовлених» до рубки насадження; поновлення сосни можливе й на лісосіках поступових рубок із проведенням комплексу заходів сприяння; лісові площі за успішністю природного поновлення поділяються на такі категорії: висока ефективність – свіжий сосновий бір або свіжий дубово-сосновий суббір; задовільна ефективність – сухий і вологий сосновий бір, сухий і вологий дубово-сосновий суббір, вологий дубово-сосновий суббір з ялиною; недостатня ефективність – сирий сосновий бір, сирий дубово-сосновий суббір, свіжа липово-соснова або грабово-соснова судіброва; незадовільна ефективність – усі інші типи лісу. Для успішного поновлення ділянки не достатньо вибору лише способу рубки, а необхідне проведення цілого комплексу робіт.

Деревина сосни – основний будівельний матеріал. Деревина м'яка, смолиста, добре колеться і обробляється ріжучими інструментами. З неї роблять телеграфні стовпи, шпали, шахтні стійки, корабельні щогли, її використовують у житловому будівництві, у вагонобудуванні, меблевому і фанерному виробництвах. В обмеженій кількості деревина може бути сировиною для паперово-целюлозної промисловості. Соснова тирса – сировина для виробництва гідролізного спирту [15].

Сосна відноситься до типу «м'якої деревини», що славиться високими експлуатаційними властивостями та неймовірною зовнішньою красою.



Рис. 1.5. Текстура деревини сосни звичайної
(https://doska.dp.ua/wood_properties/)

Найбільш суттєвими її перевагами у порівнянні з іншими типами деревини є наступні:

1. Густина. Саме деревина сосни має найвищий рівень густини у порівнянні з іншими типами хвойних порід. Середня густина сосни становить 520 кг/м^3 . Тоді як густина деревини смереки при аналогічній вологості – 450 кг/м^3 , а ялиці – 410 кг/м^3 .

2. Щільність. Деревина сосни – одна з найбільш щільних у порівнянні з іншими хвойними. За рахунок цього стіни менше втягують вологу, а відповідно менше піддаються враженням збудниками хвороб та комахами.

3. Міцність. В порівнянні з іншими хвойними володіє високими показниками міцності та ударної в'язкості. Тому, соснові балки витримують більші навантаження, без зміни геометричних параметрів.

4. Стійкість до тріщиноутворення. Деревина сосни значно менше піддається утворенню тріщин за рахунок щільності та вищого рівня вмісту смол.

Відповідно тріщини на сосновому брусі не такі глибокі та не розкриваються широко.

5. Естетична привабливість. Деревина сосни характеризується ефектним та чітко вираженим малюнком. Деревина інших видів хвойних візуально є більш однорідною.

6. Мінімальна кількість «випадаючих» сучків. В деревині сосни сучки є більшими в діаметрі, але їх кількість значно менша, в порівнянні із смерекою та ялицею. Переважна їх більшість – це так звані «живі сучки», тобто такі, що не висихають та не випадають з бруса.

1.3. Аналіз фізичних та механічних властивостей деревини сосни, що зростала за різних умов

Деревина є однією із складових частин судинно-волокнистого пучка і протиставляється зазвичай іншій складовій частині пучка, що походить з того ж прокамбію або камбію – лубу або флоєми. До складу деревини входять вже відмерлі клітинні елементи з задерев'янілими, в основному товстими оболонками; луб же складений, навпаки, з елементів живих, з живої протоплазми, клітинного соку і тонкої незадеревілої оболонки. Хоча і в лубі трапляються мертві елементи, товстостінні і здерев'янілі, а в деревині, навпаки, живі, але від цього, загальне правило істотно не змінюється. Обидві частини судинно-волокнистого пучка відрізняються ще один від одного і за фізіологічною функцією: по деревині піднімається вгору з ґрунту до листя так званий сирий сік, тобто вода з розчиненими в ній речовинами, по лубу же спускається вниз утворений пластичний сік. Явища ж одеревіння клітинних оболонок обумовлюються просяканням целюлозної оболонки особливими речовинами, що об'єднуються зазвичай під загальною назвою лігнін [16–19].

Присутність лігніну й разом з тим одеревіння оболонки легко розпізнається за допомогою деяких властивостей. Завдяки дерев'янінню рослинні оболонки стають міцнішими, твердими і пружними; разом з тим попри

легкій проникності для води вони втрачають в здатності вбирати воду і розбухати.

Розрізняють первинну деревину, що утворюється клітинами прокамбію, і вторинну деревину, що виникає внаслідок діяльності камбію. На поперечному розрізі стовбура деревних і кущових порід добре помітні річні кільця, які утворюються внаслідок періодичної діяльності камбію протягом року. У багатьох дерев, особливо в південних широтах, у деревини, крім світлої зовнішньої частини заболоні, є ще внутрішня, темніша (ядро деревини), в клітинах якої відкладаються смоли, дубильні речовини, олії, камеді, ароматичні та барвні речовини тощо [18].

Деревина – яскраво виражений анізотропний волоконний матеріал. Механічні характеристики у всіх порід вздовж і поперек волокон значно відрізняються. Основна структурна одиниця деревини будь-яких порід – клітина, в початковій стадії розвитку має досить еластичну і легко проникаючу здатність для води і водних розчинів оболонку. З віком міцність оболонки різко підвищується, а проникність знижується унаслідок перетворення її у високомолекулярні органічні сполуки: целюлозу, геміцелюлозу і лігнін. Розрізняють клітки механічні (волокна ліброформа), провідні (судини і трахеїди) і запасуючі.

На поперечному розрізі стовбура деяких порід добре видні не тільки річні кільця, серцевинне проміння, але і кільцеві порожнини, що є судинами, які виконують водо-провідні функції і характерні для листяних порід. Волокна ліброформа є основною складовою частиною деревини і займають до 70 % загального об'єму.

За хімічним складом деревина різних порід практично однакова і містить: вуглецю – 50,9 %; кисню – 43 %; водню – 6,4 %; азоту – 0,1 % [18].

Сосна володіє хорошими фізико-механічними властивостями при відносно невеликій об'ємній масі, порівняльно малою кількістю сучків і містить багато смолянистих речовин, що надають консервуючу дію на дерев'яні деталі.

Сосна добре піддається обробці ріжучими інструментами. З неї виготовляють деталі вантажних платформ і кабін автомобілів.

Сосна є швидкозростаючим деревом. Властивості деревини дозволяють широко використовувати її в меблевому виробництві, машинобудуванні, будівництві, в якості сировини для отримання кормових дріжджів і целюлози. Щільність деревини сосни становить 520 кг/м^3 , твердість (коефіцієнт Брінелля) – 2,49.

Колір ядра деревини сосни є злегка рожевим, який під час сушіння та зберігання набуває буро-червоного відтінку, а колір заболоні може бути від рожевого до жовтуватого-білого. Свіжа деревина має більш світлий колір. Річні шари видно добре на всіх розрізах. Текстура деревини сосни відрізняється одноманітністю, твердістю, щільністю, малою пружністю, міцністю, стійкістю до різних біологічних впливів і смолистістю (рис 1.6).



Рис. 1.6. Деревина та торцевий зріз сосни звичайної

Деревина сосни звичайної з рожевуватим або бурувато-червоним ядром і жовтувато-білою заболонню, яка особливо різко виділяється після висихання; деревина її легка, м'яка, трохи блищить, малосучкувата, добре розколюється, легко обробляється, смолиста, стійка проти гниття, проте швидко втрачає природний колір, буріє і часом уражається синявою. У вигляді круглого лісу вона

є основним будівельним матеріалом як у сільськогосподарському, так і в промисловому та житловому будівництві; використовуються також на телеграфні й телефонні стовпи, на портові споруди, дамби, греблі, набережні, мости. Соснові пиломатеріали (дошки, бруси) широко застосовують у будівництві (ферми, балки, крокви, сходи, віконні коробки, одвірки, підлоги тощо) [14].

Деревина сосни йде на виготовлення щипкових музичних інструментів (балалайки, мандоліни), на клавіатурні дощечки на виробництво фанери, діжок для малоцінних матеріалів, сухих і напіврідких продуктів (смола, дьоготь) і під рибу.

Останнім часом деревина сосни все ширше використовується в целюлозно-паперовій промисловості, але в меншій мірі, ніж деревина ялини. Деревина сосни містить до 54 % целюлози, технічний вихід її становить до 39 %, вміст смоли — до 3,5 %, деревинні волокна довгі (2,6-4,4 мм). З деревини сосни шляхом сухої перегонки одержують деревинний оцет і дьоготь, а в перегонному апараті лишається вугілля, з якого виробляють активоване вугілля. Дьоготь і активоване вугілля використовують у медицині. Крім того, активоване вугілля застосовують для знебарвлення рідин, видалення з них запахів [12]. Ним заповнюють протигази.

Дрова з сосни звичайної добре горять, особливо із старих дерев, які містять багато смоли. З пенькового і кореневого соснового осмолу екстракцією його трісок бензином чи іншими розчинниками або перегонкою з водяною парою одержують так званий екстракційний або паровий скипидар. Проте якість його нижча від скипидару із живиці. Сухою перегонкою соснового пенькового осмолу одержують сухоперегінний сирець скипидару – найнижчий із його сортів. З соснового пенькового осмолу одержують також каніфоль.

Вади деревини – це недоліки окремих її ділянок, які знижують якість та обмежують можливості використання. Вади деревини можуть бути пов'язані з відхиленнями від нормальної її будови, пошкодженнями та захворюваннями. Їх поділяють на такі групи: тріщини, сучки, пошкодження комахами, грибами,

трухлявинами, дефекти форми стовбура (закомелість, збіжистість), вади будови деревини, рани, ненормальні відкладення в середині деревини, хімічні забарвлення. Вплив вад на придатність деревини для будівельних потреб залежить від їхнього місця розташування, виду, розмірів ураження, а також від призначення деревини. Сортність деревини встановлюють з урахуванням наявних вад. Їхнє походження може бути різним. Одні з них утворюються у період росту дерева, інші – у період зберігання та експлуатації.

Сосна менш схильна в процесі сушіння до викривлення. Деревина сосни широко використовується для виробництва різноманітних будматеріалів – дощок для підлоги, вагонки, блок-хауса, імітації бруса, різноманітних декоративних виробів і меблів. Об'єми заготівлі деревини кожного року зростають.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Аналіз методики дослідження фізичних властивостей деревини

Для проведення досліджень було відібрано модельні дерева сосни, що зростали на території Боярської ЛДС. Хлисти дерев були розкряжовані відповідно до схеми, представленої на рис. 2.1 на певну кількість сортиментів, що відповідає довжині хлиста. З кожного з сортиментів за схемою, представленою на рис. 2.2 вирізалися секції товщиною 5 см для визначення розмірних характеристик макро- та мікроструктурних елементів. Секції розкривалися на зразки на стрічкопилковому верстаті. Після цього зразки з початковою вологістю $60 \pm 10\%$ заморожували вуглекислотою і на мікротомі робили зрізи товщиною 0,1 мм [20]. Дослідженню підлягали: ширина річних шарів, ширина ранньої та пізньої зон річного шару, розміри порожнини та товщини стінки трахеїди. Будову деревини вивчали з використанням мікроскопа зі збільшенням у 100 разів. Лінійні розміри вимірювали за допомогою програмного комплексу. Отримані результати опрацьовували методами математичної статистики з використанням програмних комплексів Excel, Statistica та Autocad [21].

Схема вимірювання розмірних характеристик трахеїд представлена на рис. 2.3.

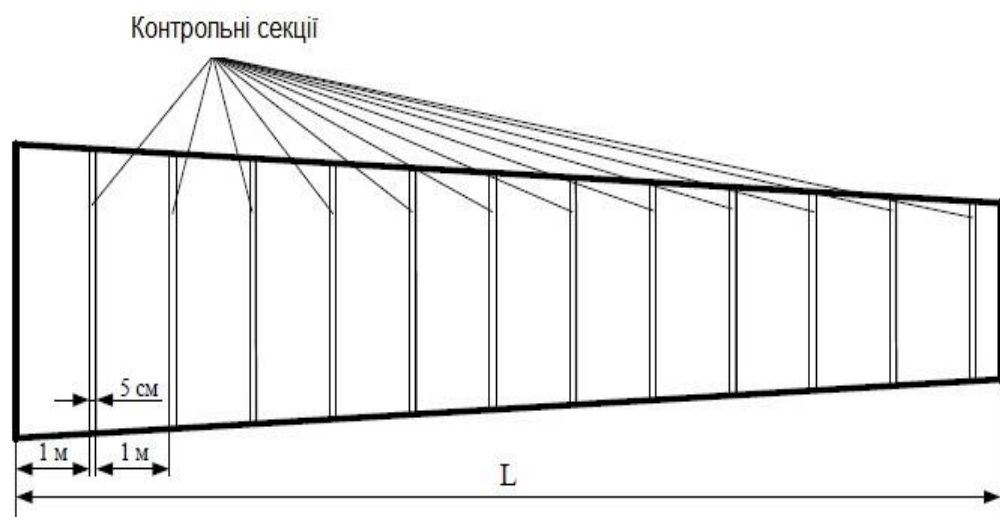


Рис. 2.1. Схема розкривування стовбура

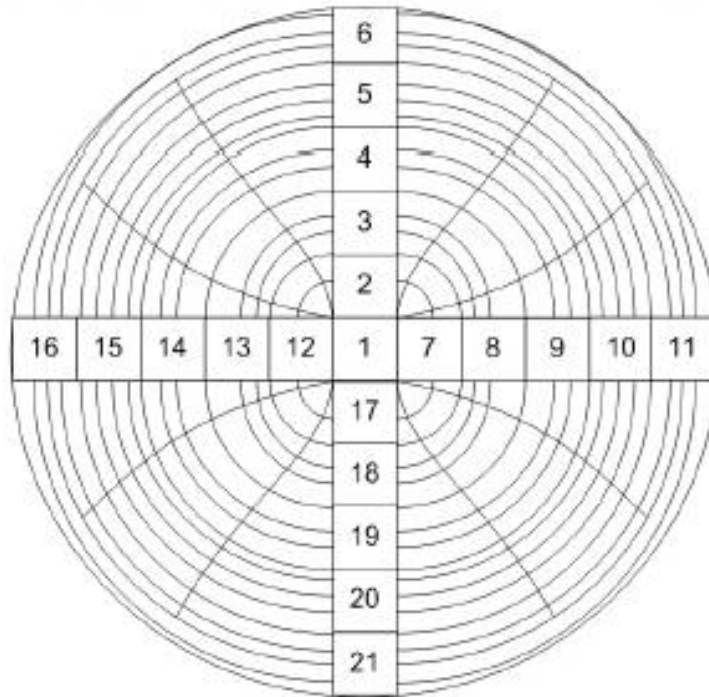


Рис. 2.2. Схема розмітки контрольних зразків на секції

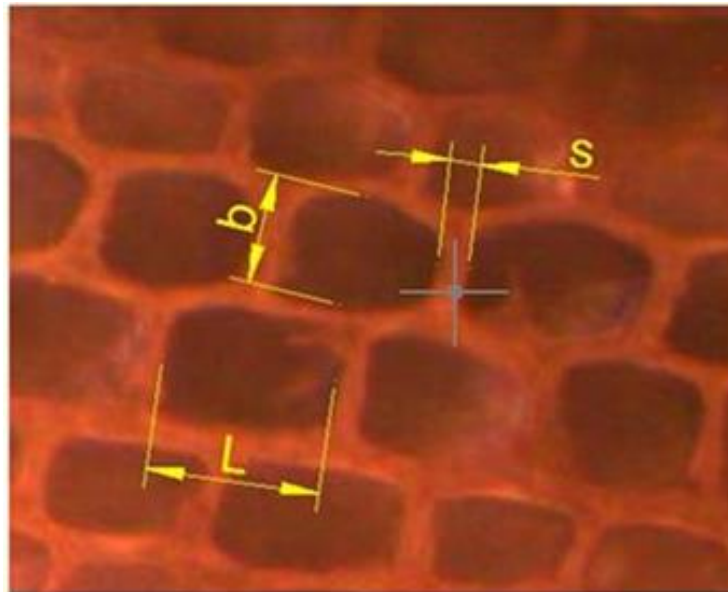


Рис. 2.3. Схема вимірювання розмірних характеристик деревини сосни: L – довжина порожнини трахеїди; b – ширина порожнини трахеїди; s – товщина стінки клітини

Для проведення досліджень використовували хлести сосни, заготовлені в умовах лісосіки у ВП НУБіП України Боярська лісова дослідна станція. На пробних площах були заготовлені дерева сосни, на які було заведено картки модельного дерева.

Для визначення щільності та вологості деревини у свіжозрубаному стані, відповідно до методичної сітки проведення експерименту, стовбур дерева був очищений від коренів і крони і розкряжований на секції.

Схема розкряжування стовбура для отримання зразків представлена на рис. 2.1 та 2.2.

Форму секцій для досліджень отримано у формі дисків, з кроком 1 м по довжині ствола до закінчення ділової частини деревини у вершинному відрізі, починаючи з рівня пня.

З отриманих зразків випилювалися стандартні секції розмірами 20x20x30 мм. Середня кількість секцій, одержуваних з одного зразка – 30 шт [19–24].

На другому етапі досліджень була визначена щільність кожної секції.

Визначення щільності деревини, $\text{кг}/\text{м}^3$, при вологості 12% виконувалось за формулою (2.1):

$$\rho_0 = 0,823 \times \rho_{12}, \quad (2.1)$$

де ρ_0 – щільність деревини в абсолютно сухому стані, $\text{кг}/\text{м}^3$.

2.2. Аналіз існуючих методики дослідження механічних властивостей деревини

Для оцінки мінливості міцності деревини при статичному згині були досліджені хлисти сосни.

Для проведення випробувань використовували зразки з деревини у формі паралелепіпеду, розмірами 20x20x300 мм, вологістю 12% [26]. У підготовлених зразках визначали щільність і вологість, після чого випробувані матеріали поміщали в розривну машину Р-5 і навантажували до повного руйнування у відповідності зі схемою, наведеною на рис. 2.3. Відстань між центрами нижніх опор становила 240 мм. Навантаження прикладалося по середині зразка.

Радіус закруглення опор установки – 30 мм. Оскільки в стовбурі дерева по довжині і за радіусом має місце постійна зміна щільності, яка не підпорядковується певній закономірності, випробуванням піддавалася деревина

без урахування її розташування у стовбурі дерева, що відповідає принципам роботи лісопильних підприємств.

Міцність деревини при статичному згині визначалася за формулою (2.2) [27]:

$$\sigma_w = \frac{3P_{max}L}{2bh^2}, \text{ МПа} \quad (2.2)$$

де, P_{max} – максимальне навантаження, кг;

L – відстань між опорами, мм;

h – товщина зразка, мм;

b – ширина зразка, мм.

Щільність деревини під час проведення випробувань визначали вагомим методом.

Методика експериментальних досліджень складається, в першу чергу, з відбору модельних дерев, їх розкрязуванні та підготовці зразків по всій висоті стовбура. Для порівняння основних властивостей деревини, наведено методики експериментальних досліджень в лабораторних умовах з визначення щільності, межі міцності на статичний згин та визначення розмірів основних елементів мікробудови деревини сосни – трахеїд.

РОЗДІЛ 3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Стисла характеристика ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

ВП НУБіП України „Боярська ЛДС” (далі ЛДС) розташована в центральній частині Київської області на території Києво-Святошинського, Васильківського і Макарівського адміністративних районів, Голосіївського району м. Києва. Загальна площа ЛДС складає 17490 га. Протяжність з півночі на південь – 25 км, із сходу на захід – 40 км. Адміністративно-організаційна структура та загальна площа лісництва наведена в таблиці 3.1 [1].

Таблиця 3.1

Адміністративно-організаційна структура та загальна площа

Найменування лісництв	Адміністративний район	Загальна площа, га
Боярське (Жорнівське, Хотівське)	Києво-Святошинський	1109
	Макарівський	1063
	Києво-Святошинський	3609
Дзвінківське (Мотовилівське, Жорнівське)	Києво-Святошинський	1985
	Голосіївський район	328
	Васильківський	5503
Разом:	Васильківський	4343
		17940

За лісорослинним районуванням територія ЛДС відноситься до південної зони Українського Полісся і знаходиться на границі з лісостеповою зоною.

Клімат розташування лісової дослідної станції можна характеризувати за багаторічними спостереженнями, одержаними в бюро розрахунків і довідок Управління гідрометеослужби України для міст Києва і Фастова, а також метеорологічних станцій м. Києва. Клімат є м'яким, зі значною кількістю опадів.

Коротка характеристика кліматичних умов, що мають значення для лісового господарства, приведена в таблиці 3.2.

Кліматичні показники [12]

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Значення	Дата
1.Температура повітря:			
–середньорічна	градус	+6,7 °С	
–абсолютна максимальна	-*-	+36 °С	липень-вересень
–абсолютна мінімальна	-*-	-33 °С	лютий
2.Кількість опадів на рік	мм	400-800	
3.Тривалість вегетаційного періоду	днів	182	з 9.04 до 15.10
4.Останні заморозки весною			5-21.04
5.Перші заморозки восени			1-27.10
6.Середня дата замерзання рік			грудень
7.Середня дата початку паводку			10.04
8.Сніговий покрив:			
–потужність	см	20	
–час появи			15.11
–час сходження у лісі			20.03
9.Глибина промерзання ґрунту	см	85	
10.Напрямок переважаючих вітрів по сезонах:			
–зима	румб	ПнЗ,З	
–весна	-*-	ПнЗ,ПС	
–літо	-*-	Пз	
–осінь	-*-	ПнЗ,ПС	
11.Середня швидкість переважаючих вітрів по сезонах:			
–зима	м/сек	3,8	
–весна	-*-	3,5	
–літо	-*-	2,8	
–осінь	-*-	3,2	
12.Відносна вологість повітря	%	65-70	

Із кліматичних факторів, що негативно впливають на ріст і розвиток лісових насаджень, особливо в молодому віці, виділяються пізні весняні і ранні осінні заморозки на початку і в кінці вегетаційного періоду. Тривалість без морозного періоду складає 180-187 днів, нерівномірний розподіл опадів, перемінний режим вологості повітря у ґрунті, негативно впливає на рослинність.

Так, сильне пониження рівня ґрунтових вод в окремі роки приводить до зниження приросту, ослаблює деревостани від ушкодження їх ентомологічними шкідниками і хворобами лісу, знижує приживлюваність лісових культур, погіршує якість і вихід садивного матеріалу в розсадниках і тому подібне.

В середньому за вегетаційний період випадає 380 мм опадів або 65 % від загальної чисельності опадів в рік. На вегетаційний період приходить, в середньому, 70 днів з опадами [13].

Нерівномірність температурних умов, опадів, морозів і відлиг в зимовий період призводить часто до підпарювання сходів, а в літній період до засихання. Так в зимовий період випадає 145-155 мм опадів у вигляді снігу, стійкий сніговий покрив утворюється не кожний рік.

Розподіл снігового покриву нерівномірний і залежить від рельєфу, сили вітру, а також від наявності рослинності. На відкритих місцях висота снігового покриву в середньому дорівнює 9 см, а в насадженнях до 20 см. В малосніжні зими під час сильних морозів проходить глибоке промерзання ґрунту, яке інколи сягає 151 см, середня глибина промерзання 85 см, найменша – 22 см. Сніг лежить в середньому 112 днів з відхиленням від 98 до 142 днів.

Вітри на території ЛДС є північно-західні і західні при середній швидкості біля 3,3 м/сек. Більшість опадів приносяться північно-західними вітрами, розподіляються нерівномірно, більше в червні, менше в жовтні та грудні.

В цілому клімат району розташування ЛДС сприятливий для успішного росту деревних і чагарникових порід (сосни, дуба, берези, вільхи чорної, ліщини, горобини, крушини, бузини і інших), а також інтродукції ряду цінних порід. Це підтверджується наявністю високобонітетних насаджень основних лісоутворюючих порід.

Територія лісової дослідної станції розташована в правобережній частині України і по природній зональності займає південну частину Полісся, на переході в лісостеп.

В геоморфологічному відношенні район розташований на водорозділі рік Дніпро і Ірпінь, в зоні Київського Полісся.

Лісові масиви розміщені на корінних плато, заплавах і терасах річок. Поверхня Київського Полісся має незначний ухил на північ і північний схід. З півдня Київське Полісся межує з лісовою областю, яка відокремлюється від Полісся помітним ухилом. З просуванням на північ поверхня за своїм рельєфом стає більш вирівняною. Територія ЛДС характеризується як південна частина Київського Полісся, що межує з Лісостепом. Тут зустрічаються ділянки, які є типовими надровими рівнинами Полісся, а також чітко виражені еродовані форми рельєфу характерні для Лісостепу. Найбільш виражені ерозійні форми рельєфу зустрічаються на території Хотівського лісництва в межах корінних плато. Для територій цього лісництва характерне чергування глибоких балок і підвищень.

Найбільш поширеним типом ґрунтів є підзолистий (дерново-підзолисті підтипи), значно менше – сірі лісові, дернові- і чорноземи опідзолені, а також дернові розвинені, лучні і болотні, різного механічного складу і фізико-хімічних властивостей.

За матеріалами базового лісовпорядкування площа ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» становить 17 835 га, з яких 92,4 % (16161,5 га) – вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки.

У лісовому фонді станції переважають насадження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) – 81,6 %, дуба звичайного (*Quercus robur* L.) – 13,5 %, вільхи клейкої (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) – 2,0 %, від площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, решту складають граб звичайний (*Carpinus betulus* L.), береза повисла (*Betula pendula* Roth.), дуб червоний (*Quercus rubra* L.) та інші деревні види (рис. 3.1).

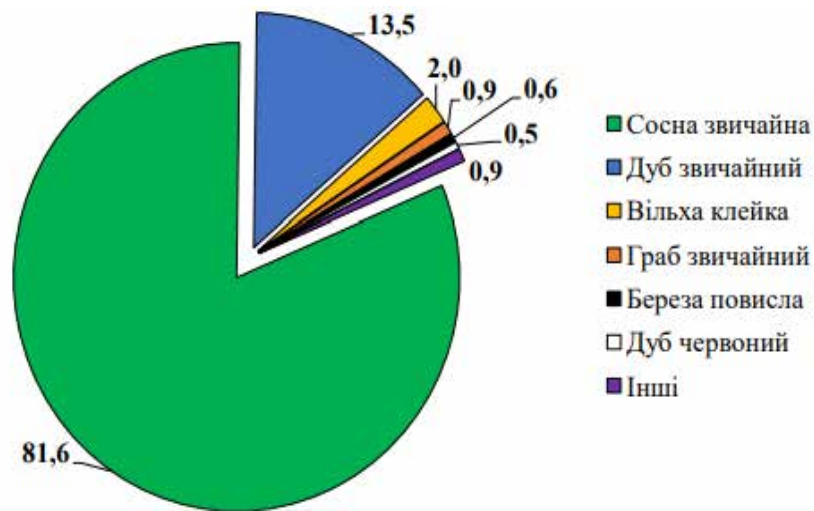


Рис. 3.1. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за переважаючими деревними видами, % [1]

Таким чином, переважаючою лісоутворюючою породою ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» є сосна звичайна. На заболочених територіях зростають насадження вільхи чорної. Супутніми деревними породами в лісових масивах є: береза звичайна, липа дрібнолиста, клени гостролистий і явір, дуб червоний, акація біла, черешня, черемха, осика тощо.

Одним із найважливіших таксаційних показників, яких характеризує структуру деревостанів є вік. У Боярській лісовій дослідній станції переважають середньовікові насадження – 51,3 %, значно меншу площу займають пристиглі – 21,8 %, молодняки – 17,9 %, стиглі та перестиглі – 9,0 % (рис. 2.3).

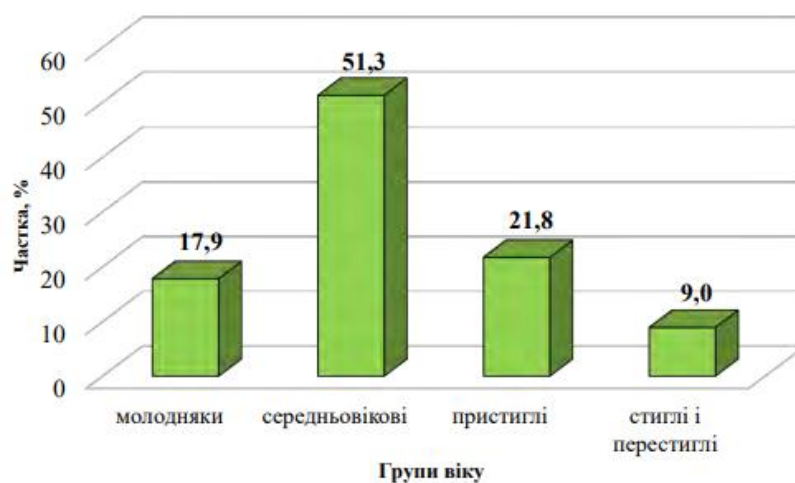


Рис. 3. 2. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами віку, % [1]

Насадження Боярської лісової дослідної станції високопродуктивні, оскільки частка I і вищих класів бонітету від загальної площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за групами віку становить 85,5 % (рис. 2.4).

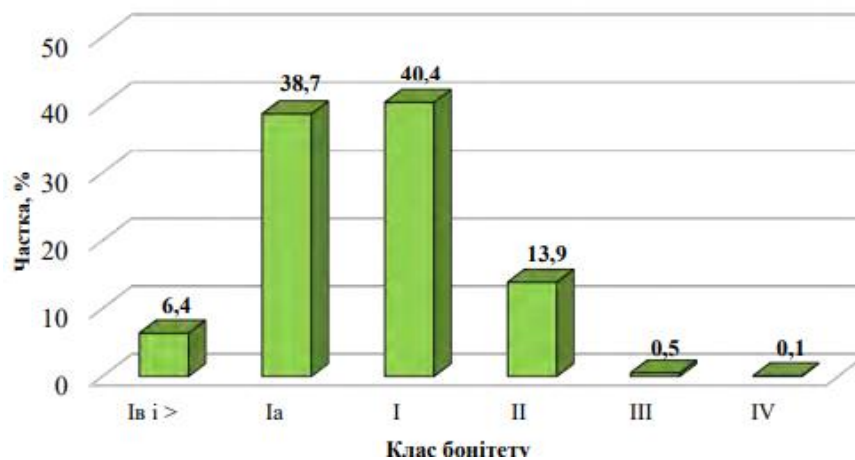


Рис.3.3. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за класами бонітету, % [1]

Повнота деревостанів є найбільш характерною ознакою насаджень після його форми, складу та віку. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за відносними повнотами наведено на рис. 2.5.

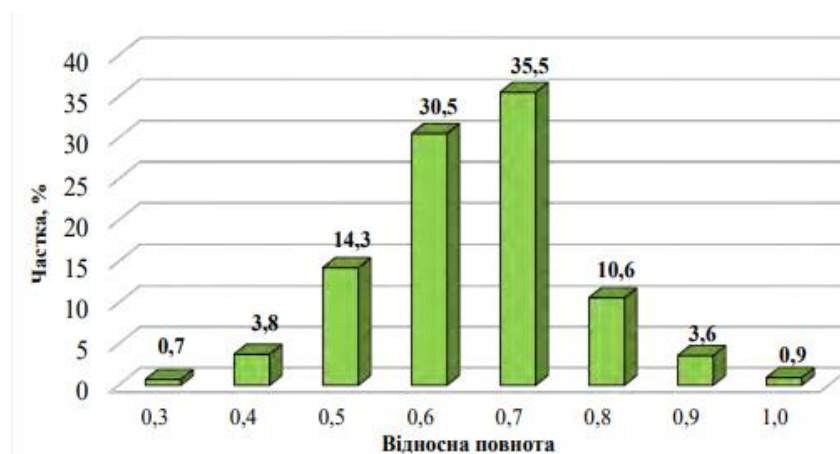


Рис. 3.4. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за відносними повнотами, % [1]

Основними типами лісорослинних умов у Боярській лісовій дослідній станції є свіжі типи; вологих та сухих дуже мало (рис. 3.5).

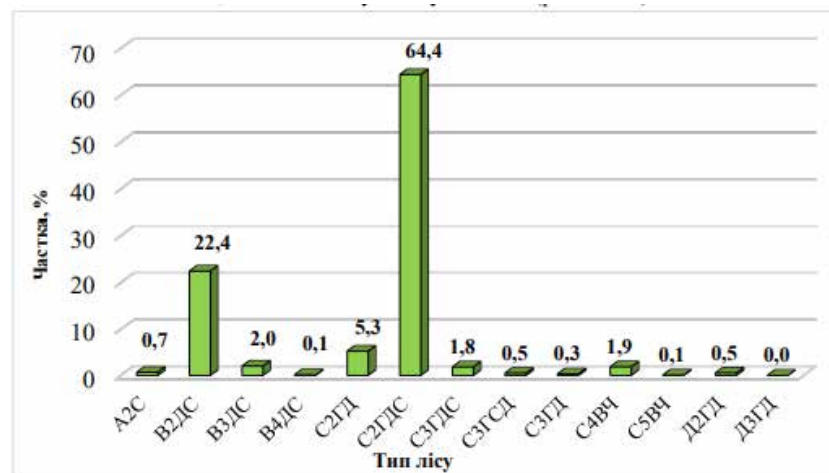


Рис. 3.5. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за типами лісу, % [1]

Понад 92 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок – це свіжі судіброви і субори. Судіброви займають 74,3 % вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, субори – 24,5 %. На бори та діброви припадає 0,7 та 0,5 % відповідно. Зважаючи на те, що свіжі судібровні та суборові умови є найбільш сприятливими для росту високопродуктивних насаджень сосни звичайної.

Наявні в лісовому фонді сільськогосподарські угіддя використовуються для потреб мисливського господарства. З побічних лісових користувань – збирання лікарської сировини та грибів. Крім задоволення потреб народного господарства в деревині і продукції побічних лісових користувань, лісові насадження мають важливе природоохоронне і рекреаційне значення, знижують негативний вплив на навколишнє природне середовище [5].

Важливе значення лісів для економіки регіону полягає у продукуванні водозахисних, ґрунтозахисних, естетичних, санітарно-гігієнічних функцій, оздоровчих і інших корисних властивостей лісу, які на жаль сьогодні не мають ефективного фінансового відображення.

Врахування вище зазначених функцій лісів станції стали основою розподілу загальної площі підприємства 17835,0 га на ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – 829,0 га (4,6 %) та рекреаційно-оздоровчі ліси – 17006,0 га (95,4 %), а експлуатаційних лісів взагалі не виділено.

3.2. Опис пробних площ

Досліджені ділянки розміщено в Боярському лісництві – кв. 153, виділ 8, площа 0,4 га; кв.153, виділ 1, площа 0,2 га (рис.3.6).



Рис. 3.6. Інформаційні стенди пробних площ

Таксаційна характеристика насаджень станом на 2024 рік наведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ

Квартал	Виділ	Площа	Склад	Вік	Висота	Діаметр	Тип лісу
153	8	0,4	10 Сз	87	31	32	С ₃ ГДС
153	1	0,2	10 Сз	86	31	40	С ₃ ГДС

Насадження чисті, одновікові, мають однакові показники середніх висот (рис. 3.7-3.8).



Рис. 3.7. Загальний вигляд насадження на дослідній ділянці кв. 153, виділ 8

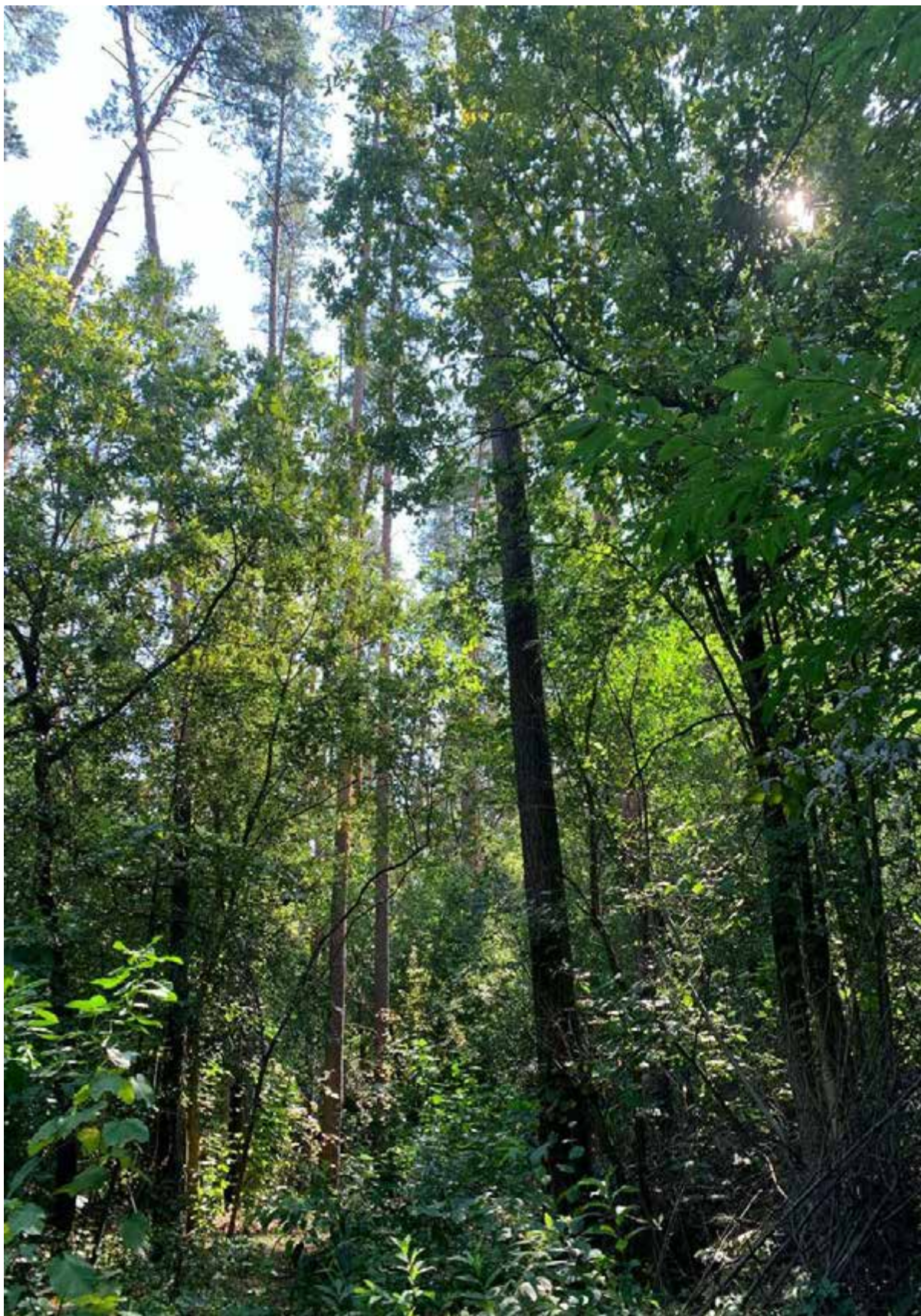


Рис.3.8. Загальний вигляд насадження на дослідній ділянці кв. 153, виділ 1

Як бачимо, насадження чисті, одновікові, проте суттєво відрізняються за середніми діаметрами (рис.3.9).



Рис. 3.9. Древа сосни звичайної різного діаметру на дослідних ділянках

Зазначаємо, що дослідні ділянки закладені доцентом кафедри загального лісівництва Київського лісогосподарського інституту П.Г. Кроткевичем у культурах сосни звичайної 1938 року для дослідження перспектив вирощування безсучкової деревини.

РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати дослідження фізичних та механічних властивостей деревини сосни, що вирощувалася стандартним методом

Властивості пиломатеріалів залежать від фізичних властивостей круглих лісоматеріалів. Однак, висока варіативність властивостей, обумовлена відмінностями в будові деревини на мікро-і макрорівні, не дозволяє здійснювати виготовлення пиломатеріалів з гарантовано певними властивостями [27–42].

Таким чином, пиломатеріали після їх виготовлення повинні проходити додаткову оцінку властивостей, вид якої зумовлений вимогами до кінцевої продукції.

Відповідно до розробленої класифікації пиломатеріалів за призначенням і необхідністю обліку додаткових вимог, що пред'являються до них, оцінці підлягають наступні їх властивості:

- зовнішній вигляд;
- щільність;
- міцність та/або модуль пружності;
- здатність до склеювання.

Норми вмісту вад, а також щільність деревини визначаються залежно від виду готової продукції, що нормується стандартами і ТУ. Завдання лісопильних підприємств полягає у виробництві пиломатеріалів із встановленими властивостями, для чого необхідно сортувати круглі лісоматеріали за фізичними властивостями, а також контролювати параметри пиломатеріалів [32, 35].

Виконання операції сортування пиломатеріалів неможливе без об'єктивної оцінки їх розмірів, наявності на поверхні вад деревини, та визначення їх зовнішніх якісних характеристик. Для отримання цих даних може бути використано фотометричне та лазерне сканування, яке дозволяє підвищити точність оцінки розмірних характеристик предметів праці з одночасним підвищенням швидкості її виконання. Спільне використання фотометричних та

лазерних установок, дозволяє здійснювати розмірно-якісну оцінку матеріалів, засновану на визначенні структури поверхні, напрямку волокон деревини на торцях, а також необхідно визначати вид, кількість і розміри дефектів на видимих поверхнях, що практично повністю відповідає вимогам існуючих стандартів для матеріалів з масивної деревини.

Дані методи непридатні для оцінки фізико-механічних властивостей, оскільки не дозволяють отримувати дані про внутрішню будову деревини, а дані візуальної оцінки міцності мають здебільшого непрямий характер. Тому для аналізу фізико-механічних властивостей деревини необхідно проводити дослідження та встановлювати закономірності їх взаємозв'язку для можливості порівняння різних методів вирощування деревини сосни [44–48].

Як критерій оцінки якості деревостанів прийнята щільність деревини за вологості 12%. Досліджували деревину чотирьох модельних дерев сосни. Результати дослідження щільності деревини сосни вологістю 12% наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Середня щільність деревини за вологості 12% за перетином колоди

Висота стовбура	Середня щільність деревини за вологості 12 %			
	1	2	3	4
1	598,0	525,1	518,5	469,2
2	533,5	524,9	492,9	452,2
3	493,1	493,8	476,8	420,5
4	483,8	519,1	493,5	416,1
5	474,4	511,7	485,8	424,0
6	488,3	478,2	456,7	409,9
7	518,2	468,3	478,1	397,9
8	499,8	473,7	444,0	427,8
9	498,7	485,3	479,8	428,0
10	482,5	490,7	454,7	412,3

Продовження табл. 4.1

11	477,3	480,5	425,9	418,5
12	471,2	467,2	444,5	417,2
13	488,4	462,8	448,4	414,6
14	472,9	479,9	488,0	426,3
15	460,0		490,0	410,5
16			445,2	408,7
17			442,9	406,1
18			453,2	

До фізичних властивостей деревини та деревних матеріалів відносять зовнішній вигляд деревини, її щільність, вологість та властивості, пов'язані з її зміною, проникність деревини рідинами та газами, теплові, електричні та звукові властивості, властивості деревини, що проявляються під впливом електромагнітних випромінювань.

Найбільш значущими фізичними властивостями деревини, що визначають її призначення та технологічність, є вологість та щільність [32–54].

Щільність є показником кількості маси в одиниці об'єму. Розрізняють такі показники щільності:

а) щільність деревної речовини, $\rho_{д.р.}$ кг/м³, тобто. щільність матеріалу клітинних стінок;

б) щільність деревини в абсолютно сухому стані, ρ_0 кг/м³;

в) щільність вологої деревини, ρ_w кг/м³;

Парціальна щільність деревини характеризує вміст сухої деревини в одиниці об'єму вологої деревини (4.1) [42]:

$$\rho'_w = \frac{m_0}{V_w}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.1)$$

де, m_0 – маса деревини за вологості 0%;

V_w – об'єм деревини за вологості $\leq 30\%$

Щільність деревини одна з найважливіших фізичних властивостей, що істотно впливає як на експлуатаційні властивості (механічну міцність,

біостійкість, звукові та інші властивості), так і на технологію її обробки, включаючи здатність до створення клейових з'єднань необхідної міцності та водостійкості.

На характеристики міцності деревини і матеріалів на її основі впливають не тільки щільність, її середнє значення, а й рівномірність розподілу за обсягом сортименту. Результати проведених досліджень показують (рис. 4.1 – рис.4.3), що щільність деревини в одному стовбурі дерева змінюється в широкому діапазоні.

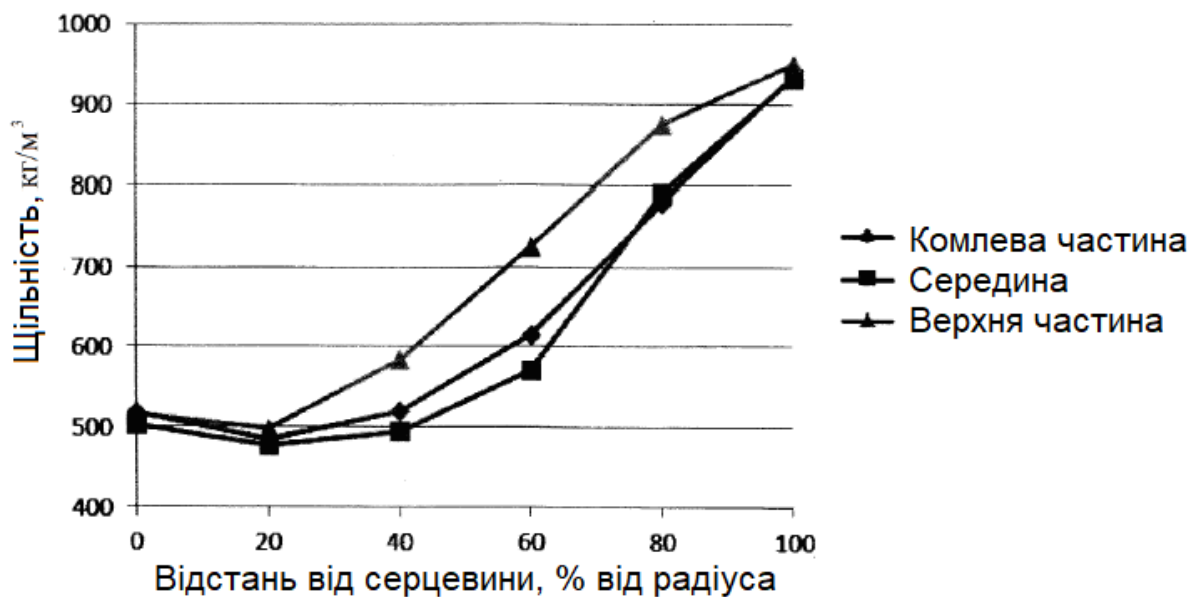


Рис.4.1. Щільність зв'язаної деревини сосни

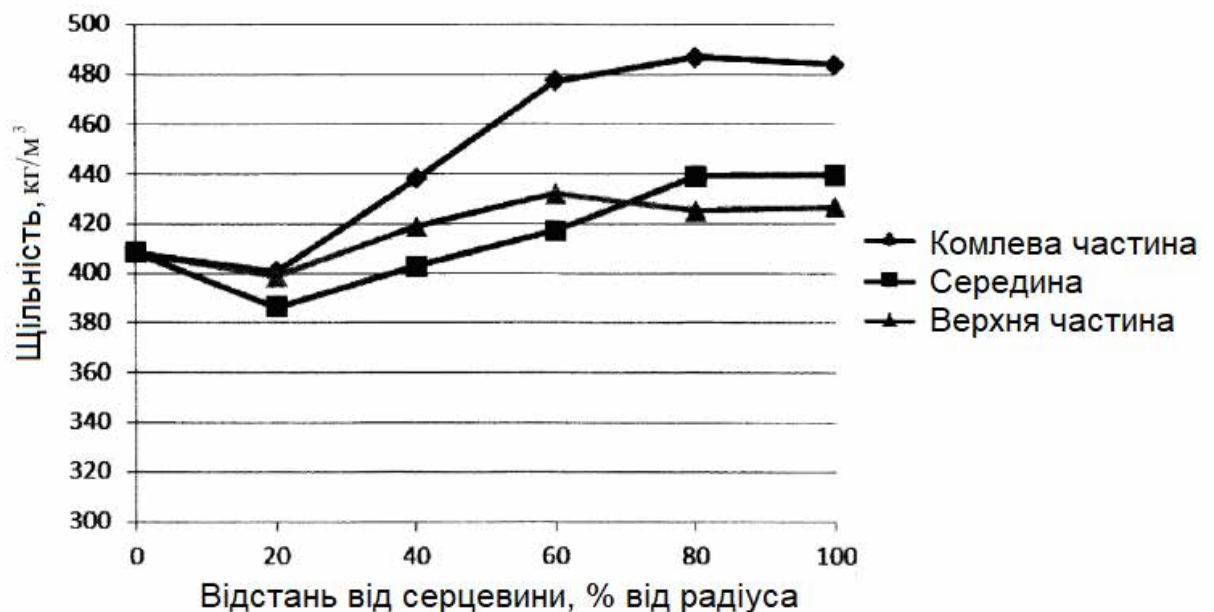


Рис. 4.2. Щільність деревини сосни за вологості 0 %

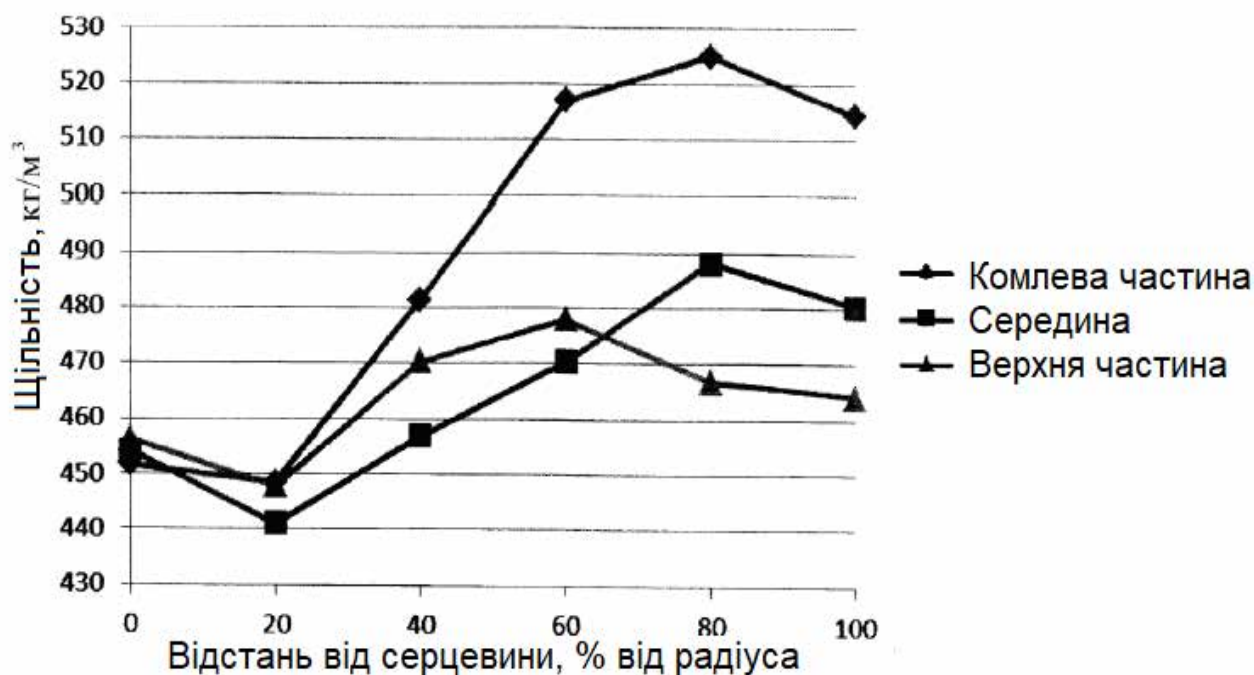


Рис. 4.3. Щільність деревини сосни за вологості 12 %

З рис. 4.1 – 4.3 видно, що щільність заболонної деревини сосни будь-якої вологості вища, ніж ядрової. Така зміна щільності деревини безумовно пов'язана з функціями та розмірними характеристиками структурних елементів деревини на макро- та мікрорівнях: розмірами річних шарів, трахеїд, їх порожнин і стінок, співвідношенням кількості ранньої та пізньої деревини в річному шарі та в цілому за умовами зростання кожного конкретного дерева.

Проведені дослідження дозволили визначити щільність сосни у свіжозрубаному стані, яка варіює в умовах досліджених площ Боярської ЛДС в діапазоні від 440 до 640 кг/м³. Раніше, при обстеженні деревообробних підприємств, було встановлено, що щільність соснових пиломатеріалів при вологості 10-12% змінюється в ще більших межах від 350 до 650 кг/м³ [22–27].

Наведені результати не можуть бути пояснені різницею у вмісті вологи в деревині по висоті і діаметру стовбура дерева і вимагають детальних досліджень макро-і мікробудування деревини (розмірів річних шарів і їх ранньої і пізньої зон, розмірів порожнин трахеїд і товщини їх стінок).

Основними елементами будови хвойних порід деревини є трахеїди – прозенхімні клітини з відмерлим протопластом, що виконують як провідну, так

і механічну функції. У ранній зоні річного шару, що утворюється на початку вегетаційного періоду, розташовані ранні трахеїди з відносно тонкими стінками, а в пізній зоні – пізні трахеїди.

Виконані дослідження дозволили визначити розмірні характеристики трахеїд ранньої та пізньої зони свіжозрубаної деревини сосни Боярської ЛДС, які узгоджуються з результатами інших досліджень і підтверджують тезу про мінливість властивостей деревини не тільки в межах однієї породи, а й за обсягом стовбура сортименту, рис. 4.4-4.5, табл. 4.2.

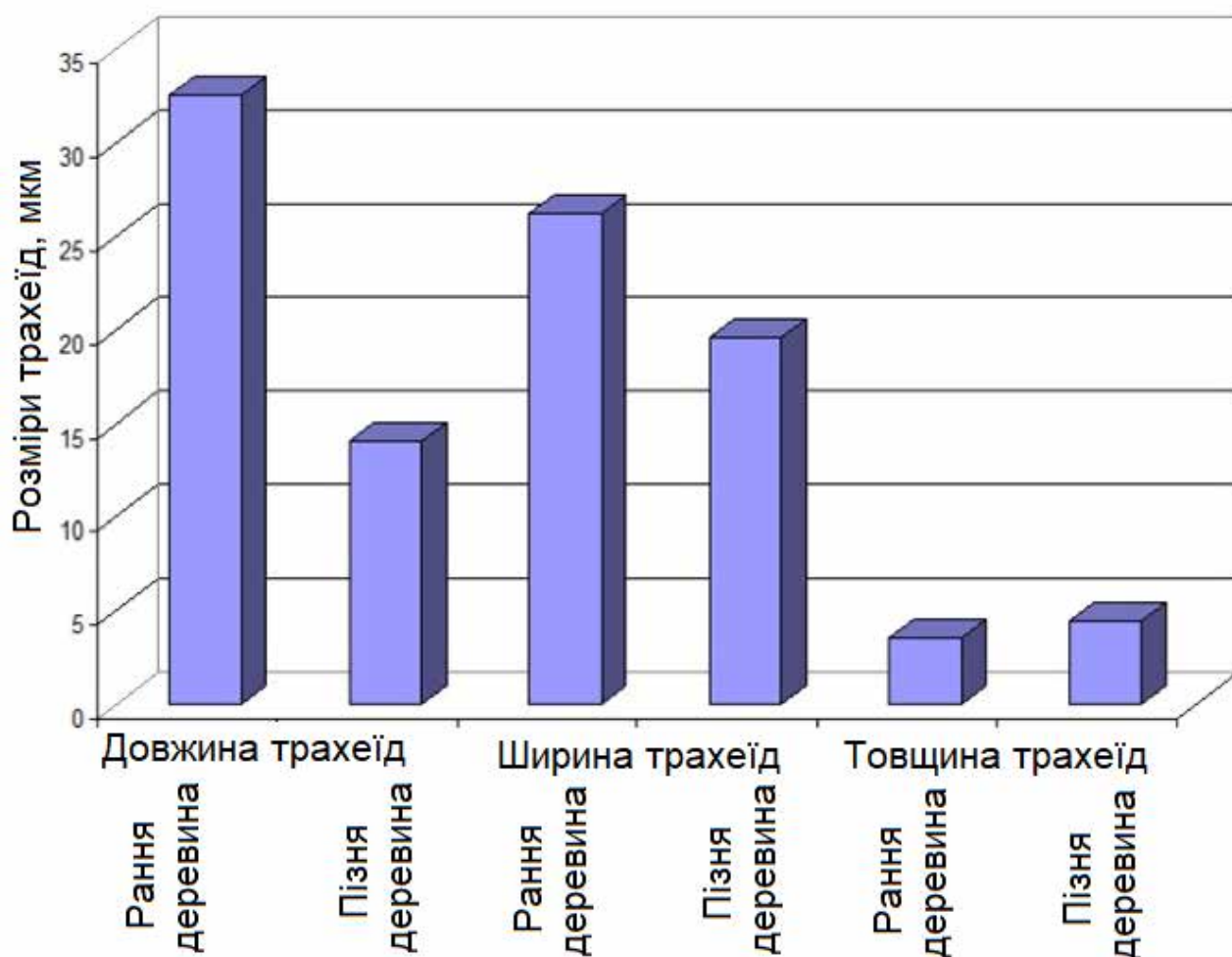


Рис. 4.4. Середні розміри трахеїд сосни в ядровій частині



Рис. 4.5. Середні розміри трахеїд сосни в заболонній частині

В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що розміри трахеїд ранньої та пізньої зони деревини сосни змінюються в широкому діапазоні, їх відмінність становить 58-231% у ядрі та 76-255% у заболоні, в той же час відмінність середніх розмірів трахеїд у ядрі та заболоні не перевищує 5,46 %.

Середні розміри трахеїд сосни

Розміри трахеїд, мкм											
Ядро						Заболонь					
Рання зона			Пізня зона			Рання зона			Пізня зона		
Довжина L	Ширина b	Товщина s/2	Довжина L	Ширина b	Товщина s/2	Довжина L	Ширина b	Товщина s/2	Довжина L	Ширина b	Товщина s/2
32,53	26,22	3,57	14,06	19,84	4,43	34,41	27,85	3,55	13,49	19,89	4,65

Середній розмір порожнини трахеїд у ранній зоні деревини сосни становить 30,8 мкм, при товщині клітинних стінок 3,85 мкм.

Середній розмір порожнини трахеїд у пізній зоні суттєво менше – 16,15 мкм, а товщина клітинної стінки більше – 4,85 мкм, при цьому спостерігається висока варіативність даних у стовбурі дерева, рис. 4.6, рис. 4.7.

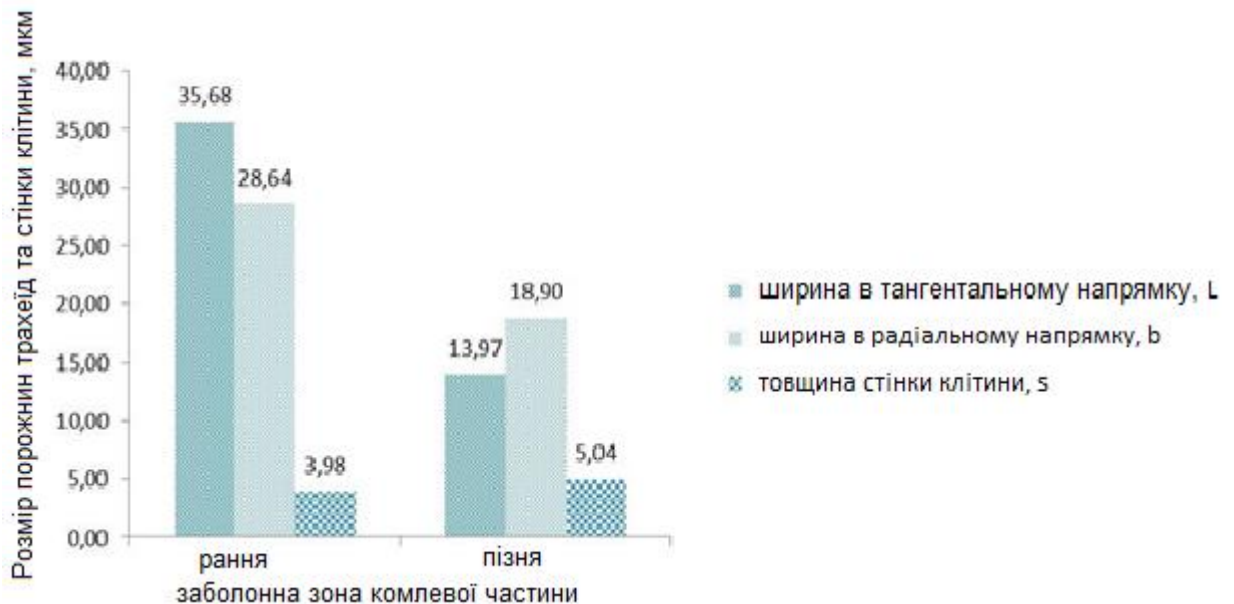


Рис. 4.6. Середні розміри порожнин трахеїд сосни та товщина стінки трахеїди заболонної зони деревини

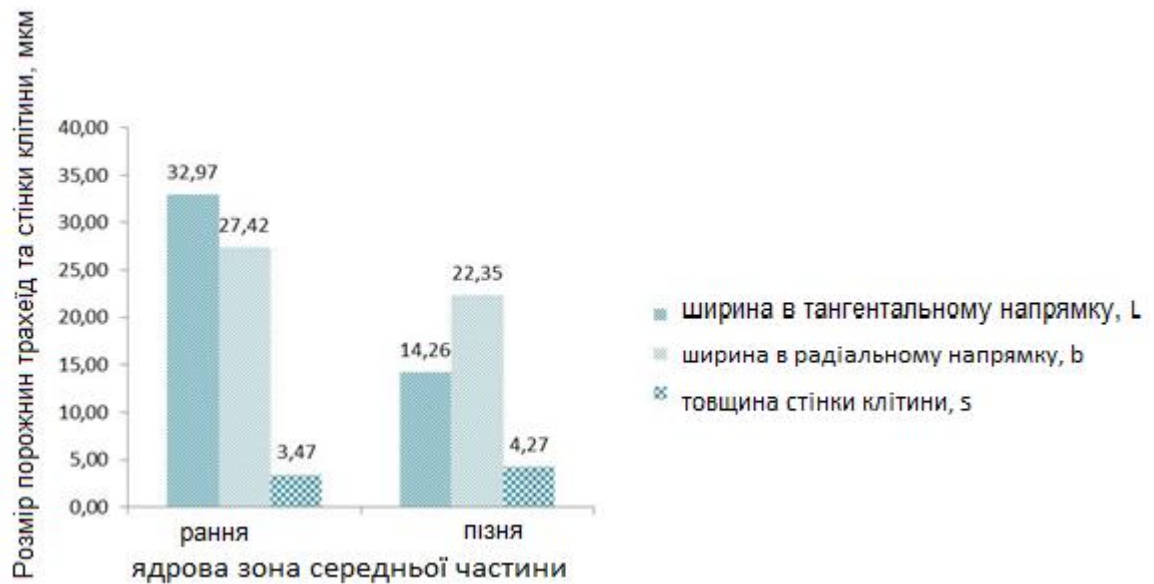


Рис. 4.6. Середні розміри порожнин трахеїд сосни та товщина стінки трахеїди ядрової зони деревини

Лінійним розмірам трахеїд властива висока варіативність, яка може пояснюватися нерівномірною швидкістю росту деревини у висоту та ширину, а також відмінностями в кліматичних умовах зростання, що піддаються щорічній зміні. Розмірні характеристики трахеїд впливають на щільність і міцність деревини, а також на глибину проникнення рідких адгезивів, яка визначається, для більшості зв'язуючих, розмірами відкритих порожнин. Висока варіативність показників дозволяє достовірно прогнозувати розподіл їх розмірів за обсягом круглих лісоматеріалів. Такий розподіл визначає можливість використання даних факторів тільки для отримання загальної оціночної характеристики деревостанів і круглих лісоматеріалів, без можливості прогнозування властивостей пиломатеріалів стосовно їх розташування в обсязі круглих лісоматеріалів.

Практичну значимість має оцінка змісту пізньої деревини та ширини річного шару. Однак співвідношення ранньої та пізньої деревини у стовбурі дерева у різних порід деревини різне і залежить не тільки від породи деревини, а й геокліматичних умов її зростання. За даними [54–56], вміст пізньої деревини не є постійним і в одному стовбурі дерева. Воно зменшується у напрямку від

комля до вершини і параболічно змінюється у напрямку від серцевини до кори, що визначає високу варіативність щільності деревини за обсягом лісоматеріалів.

Виходячи з аналізу літературних джерел та власних досліджень, можна стверджувати, що при створенні прогностичних та оціночних моделей розподілу щільності, в обсязі круглих лісоматеріалів доцільно використовувати такі параметри макроструктури як: кількість річних шарів в 1 см радіуса стовбура, розміри річного шару та співвідношення розмірів ранньої та пізньої деревини [32–56].

Отримані середньостатистичні дані про мікро- та макробудову деревини мають умовний характер, оскільки мають високу варіативність навіть в одному стовбурі дерева. Їх використання може бути реалізовано і доцільно при укрупненій оцінці партії деревини, як в умовах лісосіки, так і на нижньому складі лісозаготівельного підприємства. При цьому оцінка макроструктури деревини повинна виконуватися методами томографії, оскільки зміна властивостей деревини відбувається навіть при оцінці малих локальних ділянок обсягом сортиментів.

У процесах переробки та експлуатації деревина та дерев'яні матеріали піддаються фізичним, хімічним та біологічним впливам.

Властивості деревини, здатні чинити опір впливам цих факторів, можна класифікувати наступним чином:

- міцність – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під впливом внутрішніх напружень;
- деформативність – здатність чинити опір зміні форми та розмірів (здатність зберігати в процесі обробки форму та розміри);
- довговічність – характеризує максимальну тривалість експлуатації продукції із збереженням необхідних властивостей.

Міцність, деформативність і довговічність залежать від багатьох факторів: породи деревини, її щільності, вологості та багатьох інших, у тому числі і від здатності деревини чинити опір впливу дереворуйнівних грибів.

Механічні властивості деревини проявляються, зазвичай, під впливом механічних навантажень різного характеру: статичних, динамічних, ударних, вібраційних та інших.

Під дією цих навантажень у деревині виникають напруження (нормальні та дотичні) та деформації.

Визначення здатності деревини чинити опір руйнуванням є основою при обґрунтуванні породи, виду та розмірів елементів конструкцій та готових виробів. Міцність деревини оцінюється як при короткочасному навантаженні (при стисканні, при розтягуванні, при згинанні, при зсуві, при крученні, при вдавлюванні тіл, при стиранні, при висмикуванні кріпильних елементів), так і при тривалому навантаженні (при постійних і змінних навантаженнях) [46].

Напруження та деформації можуть бути наслідком не тільки механічних зусиль, але й інших впливів, в першу чергу зміни температури та вологості, що мають місце не тільки в процесі експлуатації деревних елементів, а й при обробці деревини: сушінні, склеюванні.

На міцність деревини, за інших рівних умов, дуже впливає вологість. При зволоженні деревини до межі гігроскопічності її межа міцності знижується.

Розрахунок показників міцності деревини з урахуванням її вологості може бути виконаний за формулою (4.2):

$$B_{12} = B_w(1 + \alpha(W - 12)) \quad (4.2)$$

де, B_{12} – показник властивостей за вологості 12 %;

B_w – показник властивостей за вологості W ;

α – поправковий коефіцієнт на вологість, що показує, як змінюється показник властивості за зміни вологості на 1 %.

Конструкційні матеріали з цільної деревини найчастіше зазнають згинальних навантажень, величина яких може бути як постійною (елементи перекриття стелі верхнього поверху), так і змінною в процесі експлуатації (лаги перекриттів, кроквяна система під дією снігових навантажень і т.д.). Крім дії сил навантаження в процесі експлуатації може змінюватися вологість конструкцій

через зміну вологості навколишнього середовища, що тягне за собою появу внутрішніх напружень та зміну міцності деревини.

Враховуючи це та результати досліджень з розподілення щільності деревини, проведено дослідження з визначення межі міцності деревини та проаналізовано залежність межі міцності від щільності деревини.

На рис. 4.7 наведені результати випробувань деревини з хлестів сосни та середні значення міцності деревини при статичному згині за вологості $W = 12\%$. Загалом було досліджено 168 зразків.

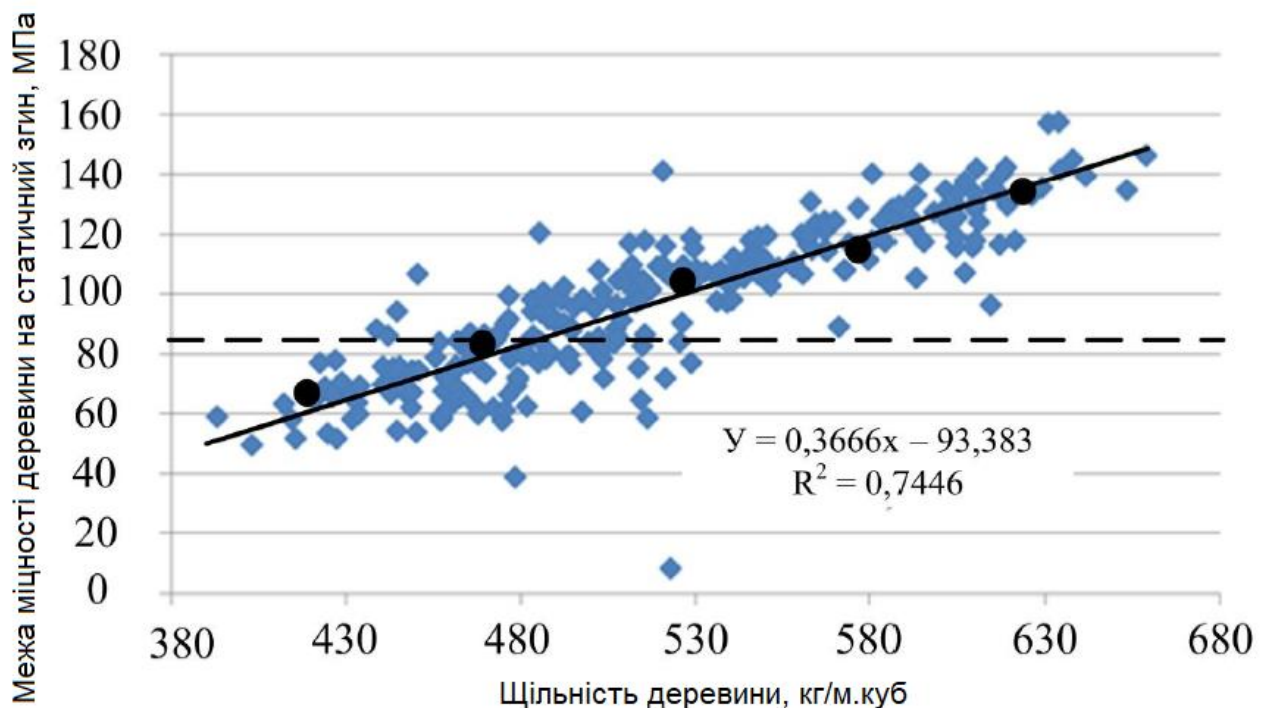


Рис. 4.7. Аналіз впливу щільності деревини сосни на її міцність за статичного згину

Виходячи з аналізу результатів досліджень можна зробити висновок, що залежність міцності деревини на статичний згин від її щільності може бути описана рівнянням (4.3):

$$\sigma = 0,3666 \times \rho - 93,383, \text{ МПа} \quad (4.3)$$

де, σ – межа міцності деревини сосни на статичний згин, МПа;

ρ – щільність деревини сосни за вологості 12 %.

Аналіз отриманих результатів показує:

- міцнісні властивості деревини змінюються за висотою і шириною стовбурів дерев у широкому діапазоні, що не може бути пояснено лише зміною щільності, а є результатом сукупного впливу зміни розмірів елементів мікро- і макробудови;

- при виготовленні пиломатеріалів з необхідним значенням міцності необхідно керуватися не тільки довідковими даними про властивості деревини, але і враховувати нахил волокон, її вік і місце розташування пиломатеріалу в об'ємі стовбура дерева. При укрупнених розрахунках міцність деревини доцільно визначати як функцію її середньої щільності.

В результаті досліджень встановлено, що для забезпечення надійності оцінки міцності деревини при статичному згині випробуванню повинні піддаватися всі пиломатеріали, що формуються, оскільки використання відомих емпіричних залежностей, отриманих на основі середньостатистичних даних, що зв'язують міцність і щільність деревини, може призвести до помилки при виконанні розрахунків на міцність.

За результатами досліджень для порівняння умов вирощування деревини сосни, встановлено, що середня щільність деревини сосни, яка вирощувалася стандартним методом на досліджуваних площах становить $466,9 \text{ кг/м}^3$, а середнє значення межі міцності досліджуваних зразків становить 92 МПа.

4.2. Аналіз властивостей деревини сосни, що вирощувалася із використанням усунення бруньок

У 1939 р. в Боярському учбово-дослідному лісгоспі (Київська область) було закладено досліди вирощування соснових сортиментів зразків за методом усунення бічних бруньок [21]. Тоді постало питання, яке і зараз є надзвичайно актуальним – від простого нецілеспрямованого вирощування деревини за рахунок стихійної дії природних сил є потреба перейти до спеціалізованого продукування окремих доброякісних сортиментів. Тільки таким способом можуть бути задоволені потреби лісової промисловості. Опрацьовуючи наукові

методи вирощування доброякісної деревини, ще за часів до другої світової війни поставили широкі дослідження вирощування сосни без гілок.

Процес природного очищення стовбура від гілок у сосни триває надто повільно, понад 100 років [21]. Зрізування гілок пилюкою у молодих дерев хоч і дає позитивні результати у сосни, але одержують їх тільки через тривалий час. Саме тому у авторів і виникла ідея усунути гілку на самому зародку, ще тоді, коли сосна формує найціннішу деревину. Суть методу полягає в тому, що щорічно на головному пагоні усувають (зламують) бічні бруньки і таким способом формують стовбур без гілок потрібної висоти (рис. 4.8 та рис. 4.9). Коли сосна доросте до висоти 5-6 м усунення бруньок припиняють. Згодом вгорі утворюється крона, а гілки старої долішньої крони, що стає тепер зайвою, обрізають пилюкою. Внаслідок такої операції одержують частину стовбура, цілком вільну від гілок найбільш цінній, що рано формується, комлевій частині дерева довжиною 2-4-6 м.

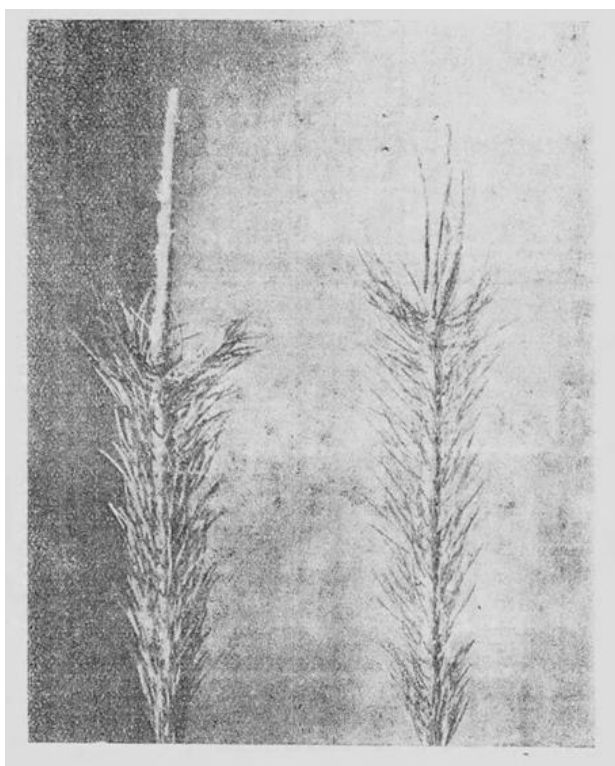


Рис. 4.8. Пагін сосни звичайної: зліва – без бічних бруньок; справа – нормально розвиненої сосни [21]

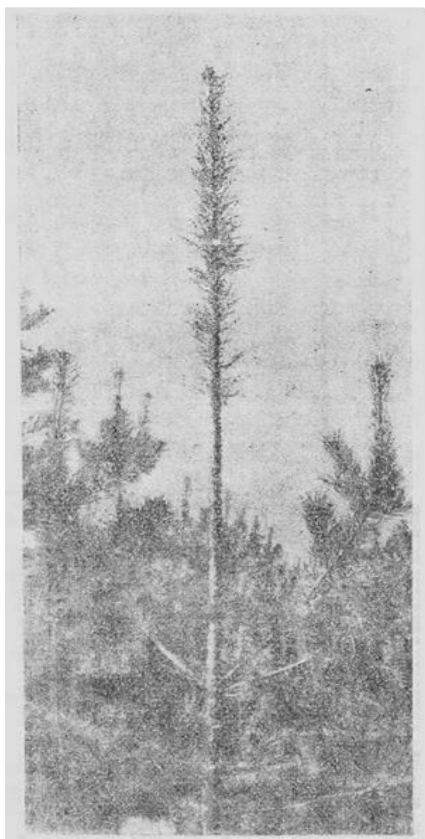


Рис. 4.9. Стовбур сосни звичайної восьми років без гілок. бруньки усувалися протягом трьох років. Загальна висота 4 м [21]



Рис. 4.10. Сосни з верхівковою кроною. Нижня крона зрізана. Висота до крони 6,25 м. Бруньки усувалися протягом чотирьох років [21]

З рис. 4.10 видно що, загальна довжина стовбура, вільна від гілля (H_1+H_2), складається з довжини, яка відповідає нижній кроні (H_1) та з довжини середньої, безсучкової частини дерева (H_2). Частина стовбура, що відповідає довжині нижньої крони сосни, хоч і не є вільною від сучків, проте сучкуватість тут незначна, бо гілля обрізують ще тоді, коли дереву немає і 10 років, а стовбур має діаметр менший за 10 см. У майбутнього дерева ця сучкуватість може виявитись лише в серединній дощці на довжині 1-1,5 м [21].

Автори стверджують, що бруньки найкраще видаляти просто руками ранньої весни, коли вони набрякли і їх легко виламати, незначно натискуючи. Загалом, цю операцію можна виконувати протягом цілого року.

За результатами спостережень, більшість дерев (97 %) мають стрілку (H_2) довжиною від 2,0 до 4,0 м. Загальна довжина стовбура без гілля у 93% дерев від 3,5 до 6,25 м. Для формування дерев, у яких середня частина стовбура, цілком

позбавлена гілок, була б ще довша, треба усувати бруньки протягом чотирьох-шести років. Для швидкого формування сосни без гілок найкраще добирати міцні, сильнорослі соснові дерева [21].

Отже, користуючись описаним методом, можна протягом короткого часу (від трьох до шести років) формувати дерева сосни на певній довжині зовсім без гілок і вирощувати високоякісні сортименти без сучків. У спеціалізованих лісових господарствах таку деревину без сучків, цілком стиглу, можна буде одержувати за 30-60 років, тобто скоротити термін її вирощування більш як удвоє проти звичайного. Такий захід може набагато розширити сировинну базу лісової промисловості.

Як відомо, високоякісну деревину без сучків заготовляють тепер вибірково способом, вишукуючи в лісі окремі старі дерева, в яких гілля давно вже опало. Кількість таких дерев в лісі зовсім незначна, а тому заготівля такої розпорошеної деревини вимагає великих витрат, має випадковий характер, недостатня за своїм розміром, і не може задовольнити зростаючий попит промисловості.

Для попередньої оцінки якості соснових сортиментів, що вирощуються описаним способом, без сучків Інститут лісівництва Академії наук УРСР зробив випробування основних фізико-механічних властивостей деревини молоді сосни.

Відрізки стовбура для випробування були заготовлені в Боярському лісгоспі у 18-річній культурі сосни, де протягом двох років 1939 і 1940 проводилось усування бічних бруньок. Для порівняння заготовлено подібні відрізки з сосни нормального розвитку і такого ж віку. В обох випадках відрізки вирізались з панівних дерев з зони 1,5 – 3.3 м над ґрунтом. Відрізки без сучків досягали 2 м; у нормально розвиненої сосни на цій довжині було по чотири-п'ять мутовок з гілками. Відрізки стовбура в своїй основі налічували сім річних шарів і мали середній діаметр у корі 11 см. Тип лісу – свіжий дубовий субір (В2).

Випробування фізико-механічних властивостей заготовлених зразків було виконано в Інституті будівельної механіки Академії наук УРСР.

Аналіз описаного методу вирощування сосни з видаленням бічних бруньок з урахуванням результатів досліджень отриманими авторами показує його потенційні переваги у створенні високоякісної деревини без сучків. Ця технологія дозволяє формувати дерева з чистими стовбурами за коротший період, ніж при природному рості, і забезпечує суттєве скорочення терміну вирощування стиглої деревини. Замість традиційного способу заготівлі, що передбачає вибіркву вирубку старих дерев, метод створює можливості для організованого вирощування безсучкової деревини у спеціалізованих господарствах, скорочуючи витрати і підвищуючи ефективність використання лісових ресурсів.

Випробування фізико-механічних властивостей деревини, вирощеної за цією технологією, виявили її високу якість навіть у молодому віці дерев. Дослідження показали, що деревина з видаленими бічними бруньками має перевагу відсутності сучків, які суттєво знижують механічну міцність матеріалу. Наприклад, за попередніми даними, сучки можуть знижувати міцність на стиск, розтяг і згин до 50-90%, залежно від їх розташування та розміру. Таким чином, деревина без сучків є більш придатною для виробництва деталей, що потребують високих фізико-механічних характеристик.

Проведений аналіз також вказує на певні обмеження цього методу. Молоді зразки деревини (віком до 10 років) не мають повністю сформованої ксилемної тканини, що позначається на її властивостях. Проте навіть за цих умов показники питомої якості деревини виявились високими, що свідчить про потенціал методу для вирощування деревини для будівництва, авіабудування та інших промислових галузей.

Очікується, що деревина сосни віком 40–60 років, вирощена з використанням цього методу, зможе відповідати вимогам високоякісних заготовок, які традиційно отримують з дерев, що ростуть 100–300 років. Це дозволить значно скоротити час вирощування і підвищити доступність цінної деревини [21].

Організація спеціалізованих лісових господарств із використанням цієї технології може забезпечити стабільну сировинну базу для промисловості. Такі господарства здатні вирішити проблему розпорошеної заготівлі деревини, знизити витрати на транспортування та сприяти екологічному використанню лісових ресурсів.

Отже, метод видалення бруньок є перспективним рішенням для забезпечення потреб у високоякісній деревині, особливо для галузей із високими вимогами до механічних властивостей матеріалів. Він може стати основою для подальшого розвитку лісової промисловості, особливо у поєднанні зі створенням спеціалізованих господарств та оптимізацією технологій вирощування дерев.

4.3. Аналіз впливу різних методів вирощування деревини сосни на її властивості

Порівняння результатів досліджень деревини сосни, вирощеної стандартним методом, та деревини сосни, вирощеної з використанням усунення бруньок, дозволяє зробити такі висновки щодо їх фізичних і механічних властивостей:

Середня щільність деревини сосни, вирощеної стандартним методом становить $466,9 \text{ кг/м}^3$ за вологості 12%. Спостерігається значна варіативність щільності як за висотою стовбура, так і між деревами. Щільність заболонної деревини перевищує щільність ядрової через більший вміст структурних елементів у зовнішніх шарах.

Щодо щільності деревини сосни, вирощеної з використанням видалення бруньок, враховуючи мінімізацію сучків і рівномірну структуру стовбура, очікується зниження варіативності щільності за висотою стовбура, що може позитивно впливати на механічні властивості деревини.

Середня межа міцності при статичному згині деревини сосни, вирощеної стандартним методом становить 92 МПа. Спостерігається залежність міцності від щільності деревини:

$$\sigma = 0,3666 \times \rho - 93,383, \text{ МПа} \quad (5.1)$$

де, σ – межа міцності деревини сосни на статичний згин, МПа;

ρ – щільність деревини сосни за вологості 12 %.

Висока варіативність міцності обумовлена нерівномірністю будови деревини.

Аналізуючи деревину сосни, що вирощена з використанням видалення бруньок можна зробити висновок, що відсутність сучків у стовбурі зменшує концентрацію напружень, що, підвищує міцність деревини на статичний згин. Відповідно, можна очікувати вищу однорідність міцності за довжиною стовбура.

Природний ріст сосни передбачає формування сучків у процесі зростання, що погіршує якість деревини через неоднорідність і наявність потенційних дефектів.

Відсутність сучків під час вирощування деревини із видаленням бруньок у центральній частині стовбура значно покращує якість деревини. Дерева формуються з довгими ділянками безсучкової деревини, що є важливим для виробництва високоякісних пиломатеріалів.

Стандартний метод вирощування вимагає додаткового сортування матеріалів і перевірки на наявність дефектів для досягнення необхідної якості.

Метод усунення бруньок забезпечує високоякісну деревину з меншими витратами на сортування та обробку. Рівномірність і відсутність дефектів полегшують використання деревини для конструкційних і декоративних цілей.

Стандартний метод вирощування більш доступний і менш трудомісткий, але створює труднощі з якістю кінцевого продукту, особливо для деревини з високими вимогами.

Метод усунення бруньок дає змогу отримати цільову деревину для спеціалізованих потреб. Метод ефективний для створення матеріалу з передбачуваними властивостями, хоча вимагає значного втручання на ранніх етапах росту дерев.

Результати дослідження показали, що щільність деревини, отриманої за методом усунення бруньок, є вищою, ніж у деревини, вирощеної стандартним методом. Аналіз зразків деревини показав такі середні характеристики:

- середня щільність деревини сосни за вологості 12% становить 512,7 кг/м³, що на 45,8 кг/м³ вище порівняно зі стандартним методом.
- Межа міцності деревини при статичному згині досягає 105 МПа, що також перевищує показники деревини, вирощеної традиційним способом (92 МПа).

Метод усунення бруньок призводить до формування деревини з вищою щільністю завдяки кращій структурній однорідності, яка зумовлена відсутністю сучків на стовбурі.

У деревині, вирощеній стандартним методом, спостерігається більша варіативність щільності через наявність сучків та менший вплив структурних змін у деревині.

Деревина сосни, вирощеної із застосуванням усунення бруньок, демонструє на 14% більшу міцність за статичного згину. Це свідчить про те, що структурна однорідність позитивно впливає на механічні властивості.

У стандартному методі вплив сучків та нерівномірність розподілу щільності по об'єму стовбура призводять до зниження міцності деревини.

У деревині, отриманій із застосуванням усунення бруньок, варіативність щільності по висоті стовбура є менш вираженою. Це робить її більш передбачуваною в переробці та експлуатації.

У традиційній деревині спостерігається значна варіативність щільності, що ускладнює прогнозування її механічних властивостей.

Метод вирощування із видаленням бруньок є трудомістким, проте забезпечує значну економічну перевагу завдяки вирощуванню деревини вищої якості, яка краще підходить для цінних сортиментів.

Деревина, вирощена методом усунення бруньок, має кращу здатність до склеювання, знижений ризик утворення тріщин та більшу естетичну цінність через відсутність сучків.

Для досягнення максимальної ефективності при застосуванні цього методу необхідно врахувати наступні актори:

Видалення бруньок рекомендується проводити на молодих деревах у віці 5–10 років, коли активний ріст забезпечує швидке загоєння ран. Це дозволить уникнути тривалого впливу патогенів і формування дефектів деревини.

Використання спеціалізованих інструментів для акуратного видалення бруньок мінімізує пошкодження навколишніх тканин і запобігає утворенню грибкових інфекцій.

Операцію найкраще виконувати в період спокою рослин (пізня осінь або рання весна), коли ризик пошкодження від шкідників та інфекцій є мінімальним.

Забезпечення підвищеного догляду, включаючи внесення добрив, обробку фунгіцидами та регулярний полив, сприятиме зростанню здорової деревини.

Метод усунення бруньок може бути виправданим для вирощування високоякісної деревини, що використовується у меблевому виробництві, інструментальних заготовках або будівельних матеріалах. Економічну ефективність варто оцінювати через прогнозовану ринкову вартість продукції.

Використання деревини з поліпшеними властивостями дозволить зайняти нішу на ринку, орієнтовану на продукцію преміум-класу. Це особливо актуально для меблевого виробництва, яке висуває високі вимоги до матеріалу.

Вирощування дерев із покращеними характеристиками забезпечить ефективніше використання ресурсів і зменшить потребу в заготівлі дикорослої деревини.

Безсучкова деревина має високий попит у країнах із розвинутою деревообробною промисловістю, таких як Німеччина, Швеція та Японія. Впровадження методу дозволить збільшити експортний потенціал лісової продукції.

Використання однорідної за властивостями деревини дозволить розробляти нові види продукції, наприклад, меблі з цільної деревини з підвищеною міцністю або декоративні панелі з мінімальною обробкою.

Інтеграція роботизованих систем у процес вирощування дерев може зменшити трудомісткість методу та підвищити його економічну ефективність.

Вивчення поведінки деревини в різних регіонах дозволить адаптувати метод до умов з різним рівнем вологості, температури та ґрунтових характеристик.

Поліпшення методів сушіння деревини з високою щільністю зменшить ризик утворення тріщин і внутрішніх дефектів, що підвищить якість кінцевого продукту.

Метод усунення бруньок демонструє значні переваги в отриманні деревини з рівномірною структурою, високою якістю та передбачуваними властивостями. Однак його застосування потребує додаткових витрат і трудових ресурсів, що може обмежувати його масштабне впровадження. У той же час, стандартний метод вирощування є більш економічно доцільним, але не завжди забезпечує потрібний рівень якості деревини для спеціалізованих застосувань.

Метод усунення бруньок дає можливість отримати деревину сосни з покращеними фізико-механічними властивостями, такими як щільність та міцність, що робить її придатною для виготовлення продукції з підвищеними вимогами до якості. Хоча традиційний метод вирощування є менш затратним, застосування нових технологій вирощування може значно підвищити конкурентоспроможність лісопромислової продукції на ринку.

Метод усунення бруньок є перспективним інструментом для вирощування деревини сосни з покращеними характеристиками. Його використання сприяє створенню продукції високої доданої вартості та розвитку лісової промисловості. Проте впровадження цієї технології вимагає подальших інвестицій у дослідження, розробку механізації процесів і оцінку довгострокових ефектів на екосистему.

ВИСНОВКИ

Сучасна практика лісового господарства пропонує різні методи вирощування деревини, такі як природне лісовідновлення, плантаційне вирощування, застосування добрив і регуляторів росту, а також інтегровані підходи. Кожен із цих методів впливає на якість деревини, включаючи її фізико-механічні, технологічні та естетичні властивості.

Сосна звичайна і ліси, які вона утворює, охоплюють величезний ареал з широким діапазоном зростання. Вони є джерелом отримання деревини з високими фізико-хімічними властивостями і водночас виконують важливу водоохоронну, санітарно-гігієнічну, ґрунтову та полезахисну роль.

У ході виконання магістерської роботи було проведено докладний аналіз впливу різних методів вирощування сосни на основні фізико-механічні властивості, такі як міцність, щільність, стійкість до впливу вологого середовища та тривалість експлуатації. Враховано варіанти вирощування деревини в умовах природного лісорозведення та інтенсифікованих технологій, що включають системи із застосуванням спеціальних агротехнічних заходів та підвищення рівня догляду за лісом.

Методика експериментальних досліджень складається, в першу чергу, з відбору модельних дерев, їх розкрязуванні та підготовці зразків по всій висоті стовбура. Для порівняння основних властивостей деревини, наведено методики експериментальних досліджень в лабораторних умовах з визначення щільності, межі міцності на статичний згин та визначення розмірів основних елементів мікробудови деревини сосни – трахеїд.

Досліджені ділянки з насадженнями деревини сосни розміщено в Боярському лісництві – кв. 153, виділ 8, площа 0,4 га; кв.153, виділ 1, площа 0,2 га. Вони були закладені доцентом кафедри загального лісівництва Київського лісогосподарського інституту П.Г. Кроткевичем у культурах сосни звичайної 1938 року для дослідження перспектив вирощування безсучкової деревини.

Виконані в роботі дослідження дозволили визначити щільність сосни у свіжозрубаному стані, яка варіює в умовах досліджених площ Боярської ЛДС в

діапазоні від 440 до 640 кг/м³. Крім того, встановлено, що розміри трахеїд ранньої та пізньої зони деревини сосни змінюються в широкому діапазоні, їх відмінність становить 58-231% у ядрі та 76-255% у заболоні, в той же час відмінність середніх розмірів трахеїд у ядрі та заболоні не перевищує 5,46 %. Середній розмір порожнини трахеїд у ранній зоні деревини сосни становить 30,8 мкм, при товщині клітинних стінок 3,85 мкм. Середній розмір порожнини трахеїд у пізній зоні суттєво менше – 16,15 мкм, а товщина клітинної стінки більше – 4,85 мкм, при цьому спостерігається висока варіативність даних у стовбурі дерева.

В результаті обробки отриманих результатів досліджень, встановлено залежність межі міцності на статичний згин для деревини сосни від її щільності.

Порівняння властивостей деревини сосни вирощеної в звичайних умовах та із використанням видалення бруньок в процесі росту показало, що метод усунення бруньок демонструє значні переваги в отриманні деревини з рівномірною структурою, високою якістю та передбачуваними властивостями. Однак його застосування потребує додаткових витрат і трудових ресурсів, що може обмежувати його масштабне впровадження. У той же час, стандартний метод вирощування є більш економічно доцільним, але не завжди забезпечує потрібний рівень якості деревини для спеціалізованих застосувань.

Для більш детального вивчення ефекту видалення бруньок та розроблення рекомендацій щодо вибору методу вирощування деревини сосни, необхідно провести експериментальні дослідження фізичних та механічних властивостей деревини, вирощеної таким методом вже у стиглому віці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоус В. І. Екотипи сосни звичайної в лісах України. Відтворення та покращення лісових ресурсів. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2002. Вип. 1. С. 93–95.
2. Генсірук С. А. Ліси України. Київ : Наук. думка, 1992. 408 с.
3. Генсірук С.А. Регіональне природокористування : навч. посіб. Львів : Світ, 1992. 336с.
4. Гордієнко М. І., Шлапак В. П., Гойчук А. Ф. Культури сосни звичайної в Україні. К. : ІАЕ УААН. 2002. 872 с.
5. Гордієнко М. І., Гордієнко Н. М. Лісівничі властивості деревних рослин. К.: Вістка, 2005. 819 с.
6. Свириденко В. Є., Швиденко А. Й., Лісівництво. К: Сільгоспосвіта, 1995. 360 с.
7. СОУ 02.02-37-476. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. Чинний від 01.05. 2007. Київ: Мінагрополітики України [SOU 02.02.-37-476 (2006)].
8. Токарева О.В., Пузріна Н.В., Сошенський О.М., Грушанський О.А., Брайко В.Б., Виговський А.Ю., Бойко Г.О. Рекреаційне лісівництво. Київ: ФОП Ямчинський О.В. 2021. 465 с.
9. Шовган А. Д. Голонасінні. Практикум з дендрології. Львів: УкрДЛТУ, 2002. 122 с.
10. Шовган А. Д. Дендрологія. Львів : УкрДЛТУ, 2001. 151 с.
11. Яворовський П. П., Сендонін С. Є., Токарева О. В. Рекреаційне лісівництво : підручник. Київ : Наукова столиця, 2019. 299 с.
12. Яворовський П.П, Сендонін С.Є., Левченко В.В., Токарева О.В., Пузріна Н.В. Лісівництво. К. : Видавничий центр НУБіП України, 2021. 654 с.
13. Critchfield W. B. Geographic Distribution of the Pines of the World. *USDA Forest Service*. 1966, Miscellaneous Publication 991. 97.
14. Гордієнко М. І., Гузь М. М., Дебринюк Ю. М., Маурер В. М. Лісові культури. Львів : Вид-во "Камула", 2005. 608 с.

15. Гордієнко М. І., Корецький Г. С., Маурер М. В. Лісові культури. К.: Сільгоспосвіта. 1995. 328 с.
16. Гордієнко М.І., Бондар А. О., Рибак В. О., Гордієнко Н. М. Лісові культури рівнинної частини України. К.: Урожай, 2007. 680 с.
17. Краснов В. П., Бузун В. О. Лісова дослідна справа на Поліссі України : підруч. Житомир : Полісся, 2005. 200 с.
18. Криницький Г.Т., Крамарець В. О., Мацяк І. П . Лісівничо - екологічні засади збереження соснових лісів: Матеріали міжнародної науково - практичної конференції «Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення». *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. К., 2019. С. 42-54.
19. Солдатов А. Г., Тюков С. Ю., Туркевич М. В. Ліси України. Київ: Вид-во УАСГН, 1960. 464 с.
20. Чернявський М. В., Криницький Г. Т., Парпан В. І. Наближене до природи ведення лісового господарства в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2011. Вип. 9. С. 29–35.
21. Puzrina, N., Karpuk, A., Vasylyshyn, R., Melnyk, O., Tokarieva, O. (2022). Thirty-Year Dynamics of the Pine Stand Sanitary Conditions of Boyarka Forestry Research Station. *Scientific Horizons*. 25 (10), pp. 43–52. doi [https://doi.org/10.48077/scihor.25\(10\).2022.43-52](https://doi.org/10.48077/scihor.25(10).2022.43-52).
22. Bucur V. Nondestructive Characterization and Imaging of Wood. Berlin, 2003.
23. Ericson B. Effects of thinning on the basic density and content of late- wood and heartwood in Scots pine and Norway Spruce. Dep.Forest Yield Re- search, Royal College of Ferestry, Stockholm. Research Notes. 1966. N 41. 291 p.
24. Food and agriculture organization of the United Nations statistics divi- sion. Веб-сайт. URL: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E> (дата звернення 16.08.2024)

25. Forintek (2006): Dynalyse AB Precigrader Machine Stress Grading, Initial Qualification – Prepared for Canadian Lumbermen’s Association, Canada. Report 550-5492. Québec, Canada.
26. Kollmann F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe: in III Bd. – Berlin, 1951. – Bd. I. – 1050 s.
27. Новицький С.В. Деревинознавчі аспекти сухостійної деревини сосни звичайної. Науковий вісник НЛТУ України, 2018, т. 28, №6, С. 109–112. DOI: 10.15421/40280621110
28. Соколов В.А. Вплив вологості на модуль пружності деревини сосни звичайної. Збірник науково-технічних праць Національного лісотехнічного університету України, 2021, №22, С. 76–80.
29. Кравченко А.М. Дослідження щільності деревини різних екотипів сосни звичайної. Науковий журнал “Наука та ліс”, 2020, №4, С. 14–20.
30. Бондаренко С.М. Фізико-механічні властивості деревини сосни у різних кліматичних умовах. Forest Science and Technology, 2021, т. 17, №3, С. 215–220.
31. Smith J. et al. Mechanical properties of pine wood: a comparative analysis. Journal of Forestry Research, 2019, vol. 30, no. 5, pp. 1021–1030.
32. Новикова І.В. Особливості термічної обробки деревини сосни та її вплив на механічні властивості. Лісове господарство та деревинознавство, 2018, №6, С. 45–52.
33. Peterson R. et al. Effect of moisture content on static bending strength of *Pinus sylvestris*. Wood Science and Technology, 2020, vol. 54, no. 2, pp. 321–333.
34. Іванченко Ю.М. Визначення механічної міцності деревини сосни в умовах України. Наукові праці НЛТУ України, 2019, №27, С. 154–160.
35. Brown P., Miller K. The influence of fiber orientation on the mechanical properties of pine wood. Materials Science Forum, 2019, vol. 947, pp. 123–129.
36. Костенко В.С. Густина та об’ємне всихання деревини сосни в залежності від вологості. Збірник НТУУ “КПІ”, Лісотехнічний факультет, 2017, №9, С. 89–94.

37. Макаренко П.О., Гаврилюк В.В. Аналіз фізико-механічних властивостей деревини сосни після гідротермічної обробки. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість, 2018, №3, С. 98–104.
38. Johnson R., Stevens A. Density and compressive strength of pine wood under different conditions. *International Journal of Wood Science*, 2020, vol. 15, no. 4, pp. 203–210.
39. Леонт'єв І.В. Вплив температури сушіння на міцність деревини сосни. Науковий вісник Полісся, 2019, №2, С. 142–147.
40. Мельник О.Г. Визначення основних механічних показників деревини сосни звичайної. Праці Українського науково-дослідного інституту лісового господарства, 2021, №5, С. 32–39.
41. White D. et al. Mechanical behavior of scotch pine under high humidity conditions. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2019, vol. 77, no. 1, pp. 57–65.
42. Михайлов В.І., Савчук Н.М. Дослідження гігроскопічності деревини сосни звичайної. Журнал екології та лісознавства, 2020, №4, С. 22–29.
43. Campbell J., Harris S. Structural properties of pine lumber: regional variations. *Journal of Structural Engineering*, 2021, vol. 147, no. 9, pp. 1243–1251.
44. Новак М.В. Механічна міцність соснової деревини залежно від напрямку волокон. Наукові записки НЛТУ України, 2021, №11, С. 58–65.
45. Hansen K., Brown T. Load-bearing capacity of pine wood under dynamic conditions. *Construction and Building Materials*, 2020, vol. 252, pp. 118962.
46. Гавриш Н.О. Особливості термообробленої деревини сосни в конструкційних матеріалах. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2021, №3, С. 48–53.
47. Smith M., Johnson P. Moisture absorption and mechanical performance of pine wood. *Forest Products Journal*, 2020, vol. 70, no. 6, pp. 463–471.
48. Волошин О.М. Аналіз вологості деревини сосни різних кліматичних зон. Праці Лісової академії наук України, 2020, №9, С. 102–110.

49. Ivanov S., Petrov A. Microstructural analysis of pine wood fibers. *Wood Material Science and Engineering*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 149–156.
50. Коваленко І.С. Дослідження пружності деревини сосни під навантаженням. *Журнал технологій деревообробки*, 2021, №2, С. 33–40.
51. Rogers H., Lee T. Impact of drying processes on the elasticity of pine wood. *Applied Sciences*, 2021, vol. 11, no. 8, pp. 3445–3454.
52. Степаненко Л.П. Особливості об'ємної усадки деревини сосни. *Наукові розробки в деревообробці*, 2019, №7, С. 21–26.
53. Walker D., Evans J. Shear and tensile strength properties of pine timber. *Journal of Civil Engineering Materials*, 2020, vol. 12, no. 7, pp. 591–599.
54. Петренко І.В. Порівняння фізико-механічних властивостей різних сортів деревини сосни. *Вісник Карпатського лісотехнічного університету*, 2021, №5, С. 39–46.
55. Hughes C., Murphy D. Analysis of water vapor transmission in pine woods. *Wood Research Journal*, 2020, vol. 65, no. 3, pp. 267–274.
56. Шевченко Р.А. Дослідження впливу швидкості росту сосни на механічні показники деревини. *Праці Полтавського лісотехнічного інституту*, 2021, №10, С. 88–95.