

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

УДК 630*5 :582.632.2"46"

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ лісового і садово-паркового господарства
Лакіда П.І.
(підпис) (ПІБ)
20 __ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри таксації лісу та лісового менеджменту
Білоус А.М.
(підпис) (ПІБ)
20 __ р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Таксація лісоматеріалів способом оптичної зйомки»

Спеціальність 205 – Лісове господарство
(код і назва)
Спеціалізація Лісове господарство
(назва)
Магістерська програма Менеджмент лісових ресурсів та лісовпорядкування
(назва)

Програма підготовки освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник магістерської роботи
д-р с.-г. наук, с.н.с.
(науковий ступінь та вчене звання)
Білоус А.М.
(підпис) (ПІБ)

Виконав Чугай Є.О.
(підпис) (ПІБ)

КИЇВ 2021

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри таксації лісу
та лісового менеджменту,
д-р е. г. наук, с. н. с.

Білоус А.М.
(ПІБ)

2019 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Чугай Євгеній Олегович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 205 – Лісове господарство

(код і назва)

Освітня програма _____

(назва)

Магістерська програма Менеджмент лісових ресурсів та лісовпорядкування

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи «Таксація лісоматеріалів способом оптичної зйомки» затверджена
наказом ректора НУБіП України від _____

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 15.11.2021 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи: методи таксації лісопродукції, способи обліку
деревини, дослідні навали та насипи деревини.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Встановити особливості таксації деревини в Україні.
2. Проаналізувати методи таксації деревини.
3. Здійснити дослідну таксацію деревини, яка зберігається навалом і насипом.
4. Визначити обсяги деревини.

Дата видачі завдання: 11.09.2020 р.

Керівник магістерської роботи _____

(підпис)

Білоус А.М.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Чугай Є.О.

(ПІБ)

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота: 58 с., 28 рис., 6 табл., 50 джерел.

Проведене дослідження надає точну інформацію, стосовно обсягу деревини на досліджуваних ділянках підприємства, шляхом визначення обсягу деревини як традиційними методами таксації, так і сучасними методами, безпосередньо за допомогою оптичної зйомки, дана інформація дозволяє порівняти точність методів та довести, що сучасні методи мають ряд переваг перед традиційними способами.

У першому розділі роботи був проведений аналіз традиційних методів таксації за допомогою, яких проводять облік лісопродукції заготовленої на лісосіках. Також був проведений аналіз системи електронного обліку деревини, яка існує в Україні. Все це було зроблено з метою визначення позитивних та негативних моментів при використанні їх в промисловості для подальшого порівняння з більш сучасними інноваційними методами.

У другому розділі проведено аналіз та характеристику безпілотного літального апарату за допомогою, якого виконували дослід та методику обліку лісопродукції, яка зберігалась навалом чи насипом.

У третьому розділі було проведено детальний опис досвіду під час якого був проведений облік лісопродукції за допомогою безпілотного літального апарату, яка зберігалась на чотирьох майданчиках. Також були проведені контрольні заміри стосів деревини та проведено порівняння результатів.

Відповідно до яких були зроблені відповідні висновки.

ЛІСОПРОДУКЦІЯ, БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ,
СТЕРЕОФОТОГРАММЕТВІЯ, ДОСЛІДНИЙ ОБ'ЄКТ, ОБЛІК,
АЕРОФОТОГРАФУВАННЯ.

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1 5

ТРАДИЦІЙНІ МЕТОДИ ТАКСАЦІЇ ДЕРЕВНОЇ ЛІСОПРОДУКЦІЇ 5

НУБІП України

1.1 Основні традиційні методи таксації лісопродукції 5

1.2 Основні методи таксації на виробництві 8

РОЗДІЛ 2 16

ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ PHANTOM4

НУБІП України

PRO 16

РОЗДІЛ 3 24

ОБЛІК ЛІСОПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ АЕРОФОТОЗЙОМКИ 24

3.1 Облік лісопродукції, що зберігається навалом та насипом 24

НУБІП України

3.2 Характеристика дослідних об'єктів 28

3.3 Характеристика даних аерофотозйомки 36

3.4. Опис контрольних навалів 44

3.5. Дані вимірювання об'ємів паливної деревини та порівняння з

НУБІП України

контрольними даними 50

ВИСНОВКИ 52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 53

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасному світі виникла гостра проблема, стосовно забезпечення людства природними ресурсами. Така проблема постала і в лісовій галузі. Природний потенціал лісів у світі, не може повністю забезпечити людство бажаними обсягами деревини та продукції з лісів. Саме тому сучасне ведення лісового господарства в високорозвинених країнах спрямоване на безвідходне виробництво. Суть даного безвідходного виробництва полягає в найповнішому використанні та переробленню лісових ресурсів, для збереження площ лісів та збільшення часу для їх відновлення.

Саме тому господарська діяльність підприємств спрямована на перероблення не тільки ділової деревини та дров, а і перероблення ліквіду з крони, щепи, тирси, залишків від переробки ділової деревини та інших можливих відходів. Зберігається дана продукція загалом насипом чи навалом на спеціальних майданчиках.

Проблема виникла в тому що, господарська діяльність підприємств, які виробляють або закуповують лісопродукцію у великих обсягах, зокрема за зберігання насипом чи навалом потребують оперативного обліку чи контролю обсягу деревини для прийняття рішень. У таких умовах традиційні способи обліку лісопродукції не можуть бути застосовані оскільки вони не можуть забезпечити максимальну точність обсягу такої продукції та загалом не призначені для вимірів великої кількості продукції, яка зберігається в таких умовах. Саме тому необхідно використовувати та впроваджувати сучасні методи для встановлення об'ємів. Один з успішних прикладів таксація лісоматеріалів способом оптичної зйомки.

Мета роботи – аналіз чинних методів обліку лісоматеріалів та створення нових способів обліку лісопродукції, яка може зберігатися насипом чи навалом.

Об'єкт дослідження – лісопродукції, яка може зберігатися насипом чи навалом.

Предмет дослідження – облік лісоматеріалів традиційними методами таксації та за допомогою методів фотограмметрії та порівняння отриманих результатів.

Методи та матеріали дослідження.

Виконання дослідження передбачало використання методів фотограмметрії для обробки та аналізу даних оптичної зйомки з використанням безпілотного літального апарату для обліку лісоматеріалів, що зберігаються навалом та насипом (дослідних об'єктів).

Для обліку лісоматеріалів на контрольних об'єктах використано традиційні (наземні) способи та правила обліку лісоматеріалів, зокрема методичні рішення для таксації лісоматеріалів, правила вимірювання параметрів круглих лісоматеріалів, формули й таблиці для обчислення об'єму круглих лісоматеріалів, правила обліку пиломатеріалів та обліку дров'яної деревини, способи таксації неліквідної лісопродукції.

Теоретична та практична значущість.

Проведене дослідження надає точну інформацію, стосовно обсягу деревини на досліджуваних ділянках підприємства, шляхом визначення обсягу деревини як традиційними методами таксації, так і сучасними методами, безпосередньо за допомогою оптичної зйомки, дана інформація дозволяє порівняти точність методів та довести, що сучасні методи мають ряд переваг перед традиційними способами.

Апробація результатів.

За результатами роботи підготовлені тези доповіді на «Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції».

За результатами роботи підготовлена наукова робота та представлена на «Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт».

Положення, винесені на захист.

Переваги таксації лісоматеріалів, які зберігаються насипом чи навалом, способом оптичної зйомки.

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ТРАДИЦІЙНІ МЕТОДИ ТАКСАЦІЇ ДЕРЕВНОЇ ЛІСОПРОДУКЦІЇ.

1.1 Основні традиційні методи таксації лісопродукції.

Деревина є основним продуктом, який заготовляють в лісі на спеціально відведених ділянках [32]. З деревини виробляють різні види продукції, яка знаходить своє використання в різних галузях народного господарства. У зв'язку з цим лісопродукція потребує стандартизації та чіткого визначення об'єму [14].

В результаті поперечного поділу стовбура одержують круглі лісоматеріали. Лісоматеріал відповідного цільового призначення називається сортиментом. Частина лісоматеріалів, отриманих шляхом поздовжнього пиляння крупномірного сортименту називається пиломатеріал. Залежно від технології отримання та призначення окремих сортиментів деревна продукція розподіляється на такі види [15]:

- круглі ділові лісоматеріали (пиловник, будівельний ліс, кряжі різного призначення тощо);
- сортименти, призначені для виробництва струганого шпону;
- сортименти, призначені для виробництва лущеного шпону;
- дрова паливні, технологічні;
- колоті лісоматеріали;
- пиляні лісоматеріали.

Відповідно для встановлення точного об'єму деревних стовбурів були розроблені фізичні або стереометричні методи.

Фізичні методи ґрунтуються на використанні законів фізики визначення об'єму деревини, засноване на використанні загальнофізичних законів Архімеда, використовують звичайно для визначення об'ємів деревини нестандартної форми (сучків, гілля, коренів тощо), рідше застосовують для таксації частин дерев нормальної форми.

Основні фізичні методи таксації деревини:

- Ксилометричний метод заснований на відомому законі фізики, що тіло, занурене у рідину, витискає її в об'ємі, що дорівнює об'єму зануреного тіла[44].

- Ваговий метод заснований на другому законі: тіло, занурене в рідину, втрачає у своїй вазі стільки, скільки важить витиснута ним рідина.

- Ксилометричний метод для визначення об'єму деревини застосовує прилади - ксилметри, у які занурюють деревину, об'єм якої треба визначити[44].

Стереометричні методи ґрунтуються на тому, що стовбур розглядають як правильне стереометричне тіло і його об'єм визначають шляхом обмірів і обчислень. Загалом стереометричні методи є найбільш точними і за основу взято їх, визначення обсягу деревини за допомогою фізичних методів мають великі похибки та використовувались на ранніх етапах лісової таксації.

Для визначення об'єму круглих ділових лісоматеріалів за допомогою стереометричних методів загалом використовують загальновідомі в лісовій таксації методи, що застосовуються для оцінки об'єму стовбура зрубаного дерева, зокрема, різноманітні стереометричні формули (Губера, Шиффеля, Смаліана тощо).

Основні стереометричні методи таксації деревини.

1. Визначення об'єму стовбура за простою формулою серединного перерізу.

Для визначення об'єму стовбура зрубаного дерева його форму прирівнюють до форми параболоїда. Але дерево має при основі прикореневі напливи (потовщення) і, як наслідок, відрізняється від форми параболоїда.

Тобто формулу параболоїда неможливо застосувати в такому вигляді для визначення об'єму стовбура тому, що обчислення за нею будуть давати значну систематичну похибку зі знаком плюс[16].

Використовуючи відому властивість параболоїда про те, що площа його перерізу прямо пропорційна висотам, і зробивши переріз на середині висоти параболоїда, можна записати наступне(1.1):

$$g_0:\gamma = L:\frac{L}{2} = 2:1, \quad (1.1)$$

де γ - площа перерізу параболоїда на середині його висоти.
Звідси випливає, що $g_0 = 2\gamma$ і замінивши у формулі об'єму параболоїда площу основи g_0 цим виразом, отримаємо(1.2):

$$V = \gamma L, \quad (1.2)$$

де γ - площа перерізу параболоїда на середині його висоти,
 L - довжина стовбура, м.
Таким чином, об'єм параболоїда рівний об'єму циліндра, висота якого дорівнює висоті параболоїда, а площа перерізу дорівнює площі перерізу параболоїда на середині його висоти[17].

Щоб визначити об'єм стовбура за цією формулою, необхідно площу перерізу посередині стовбура помножити на довжину стовбура.

У лісовій таксації ця формула дістала широке розповсюдження і відома під назвою проста формула серединного перерізу. Вперше вона була застосована німецьким лісівником Губером, тому її називають простою формулою Губера[47].

Формула серединного перерізу застосовується також для визначення об'ємів без вершинних стовбурів і круглих лісоматеріалів. Вона дає точніші результати тоді, коли форма стовбура дерева наближається до форми параболоїда. Дослідження показали, що використання цієї формули для визначення об'єму цілого стовбура дає систематичну помилку в межах 5-25%, середня помилка сягає $\pm 10-12\%$, переважно вона занижує дійсні об'єми[45].

2. Проста формула середнього перерізу (Смаліана).

Для таксації цілих стовбурів дерев спрощена формула Смаліана має такий вигляд(1.3):

$$V = \frac{g_0}{2} * L \quad (1.3)$$
 де g_0 - площа поперечного перерізу основи стовбура дерева, m^2 ;
 L - довжина стовбура, м.

Помилка визначення об'єму цілого стовбура за цією формулою становить 7-10%. Вона в основному завищує дійсні об'єми внаслідок прикореневих напливів [46].

Для підвищення точності знаходження об'єму стовбура дерева пропонується відокремлювати від стовбура вершину і для визначення об'єму цього хлиста використовувати перерізи у товстому і тонкому кінцях. Об'єм цілого стовбура дерева вже буде складатися з об'єму хлиста й об'єму вершинки.

$$V = \frac{g_0 + g_n}{2} * L_1 + V_{\text{верш.}} \quad (1.4)$$

де g_0 - площа поперечного перерізу основи хлиста (у товстому кінці), m^2 ;

g_n - площа поперечного перерізу в кінці хлиста (в тонкому кінці), m^2 ;

L_1 - довжина хлиста, м;

$V_{\text{верш.}}$ - об'єм вершинки, m^3 .

Це найбільш вживані формули на які оснований стереометричні методи.

Також були проведені ще численні дослідження, стосовно визначення об'ємів стовбура дерева з мінімальною кількістю обмірів таксаційних показників, отримані показники були досить точними й багато простих формул, які науковці протягом тривалого часу розробили, були виведені в основу теорії лісової таксації.

1.2 Основні методи таксації на виробництві.

У виробничих умовах, коли кількість таксованих колод досить велика, способи таксації деревини, які були наведені раніше не можуть забезпечити точність обсягів деревини. У цьому випадку єдиним чинним стандартом в Україні, узгодженим з європейськими методичними прийомами обліку заготовленої лісопродукції, є ДСТУ 4020-2:2001 (рт EN 1309-2:1998). Указаний норматив передбачає вимірювання довжини колоди й середнього діаметра з корою, тобто, вимагає поштучного обліку лісоматеріалів.

На підприємствах лісогосподарського виробництва від 4 грудня 2019 року запроваджено електронний облік деревини[48].

Основними завданнями електронного обліку деревини є:

- своєчасне та перевірене подання інформації про рух деревини;
- моніторинг використання лісових ресурсів;
- підтвердження походження, заготівлі та реалізації лісоматеріалів необроблених, запобігання їх нелегальному обігу.

Джерелом надходження деревини являються лісогосподарські заходи в лісі на спеціально відведених ділянках, загалом обліковують деревину, яка заготовлена в ході рубок головного користування, рубок формування та оздоровлення лісів та інші заходів, пов'язаних з веденням лісового господарства[49].

Деревна продукція, що підлягає електронному обліку поділяється на такі

види:

- круглі лісоматеріали - отримані поперечним поділом стовбура поваленого дерева[50];

- довгомірні лісоматеріали - деревний хлист, довгомірний сортимент, комбіноване довгоття;

- деревина дров'яна промислового використання – лісоматеріали круглі хвойних та листяних порід деревини у вигляді колод, очищених від сучків, як правило, з корою, призначені для промислового використання у виробництві теплової та електроенергії, трісок, стружок, піролізу, гідролізу тощо. Також можуть бути використані, за умовами контракту, у якості сировини для деревних плит. На вимогу споживача можуть поставлятись як у круглому, так і у розколотому виді.

- деревина дров'яна непромислового використання – лісоматеріали хвойних та листяних порід деревини, розрізані вздовж і поперек та/або колоді, що використовуються у якості палива в таких

побутових пристроях для спалювання деревини, як печі, каміни та системи центрального опалення;

- ялинки новорічні – хвойні деревні рослини у зрубаному вигляді або такі, що зростають у контейнерах, і призначені для прикрашення до свята Нового року або Різдва[31].

Відповідно встановлюється наступний породний поділ, який підлягає електронному обліку :

- сосна, ялина, ялиця, модрина та інші хвойні породи;
- дуб, бук, ясен, клен, граб, акація та інші твердолистяні породи;
- береза, вільха, осика, тополя та інші м'яко-листяні породи.

Електронний облік дров'яної деревини непромислового використання відрізняється і здійснюється за іншими породними групами, а саме:

- перша група – береза, дуб, бук, ясен, граб, клен, модрина;
- друга група – сосна, вільха;
- третя група – ялина, кедр, ялиця, осика, липа, тополя, верба.

Існує чимало способів електронного обліку деревини.

Облік проводять за партіями та вносять інформацію про круглі лісоматеріали за породами, їх розмірами та якісними характеристиками з прив'язкою кожної колоди, що належить до цієї партії, до однієї бирки, яку

Облік проводять за штабелями та вносять інформацію про круглі лісоматеріали за породами, їх розмірами та якісними характеристиками з прив'язкою всіх колод у штабелі до однієї бирки.

Найпоширеніший по колодний облік, який полягає у внесенні інформації про круглі лісоматеріали за породами, їх розмірами та якісними характеристиками з прив'язкою однієї колоди до однієї бирки.

Також можливий поштучний облік, він полягає у внесенні інформації про новорічні ялинки за породами, їх розмірами та якісними характеристиками з прив'язкою однієї ялинки новорічної до однієї бирки.

Електронний облік деревини функціонує в єдиній державній системі та діє в такій послідовності: (далі – система обліку деревини) адміністратор системи обліку деревини (далі – адміністратор) формує довідники про:

лісокористувачів; користувачів системи обліку деревини (далі – користувачі); види деревини; породи деревини; групи діаметрів; класи якості; види рубок; умови постачання; назву валют, контрагентів; діапазони номерів бирок (самоклейних етикеток).

Забезпечують ведення електронного обліку деревини лісокористувачі, які вводять до системи обліку деревини данні про: підрозділи підприємств, спеціальні дозволи на використання лісових ресурсів; договори підряду, наряд-акти на виконання робіт; посади та прізвища відповідальних осіб для роботи на кишеньковому персональному комп'ютері (далі – КПК); номери бирок, закріплені за відповідальними особами; договори щодо реалізації деревини.

Загалом електронний облік розпочинається з приймання деревини на місцях проведення робіт із заготівлі деревини. Перед початком приймання деревини від заготівлі відповідальна особа лісокористувача на КПК здійснює обмін даними із системою обліку деревини.

В час заготівлі деревини особа, яка уповноважена проводити приймання деревини заміряє та маркує кожен деревний хлист і сортимент відповідно до розділу 4 ТУ У 16.1-00994207-004:2018 «Лісоматеріали круглі. Маркування, сортування, транспортування, приймання, облік та зберігання».

Кожну колоду маркують шляхом набиття бирки спеціальним молотком на торець відповідно за номером якої до КПК вноситься інформація щодо якісних та кількісних характеристик сортименту.

Партія лісоматеріалів маркується методом набиття на видимий торець колоди одну бирку, за номером якої до КПК вноситься інформація щодо якісних та кількісних показників кожної колоди, що належить до партії лісоматеріалів.

Лісоматеріали, які обліковують штабелями маркують методом набиття у видимий торець колоди цього штабеля однієї бирки, за номером якої до КПК

вноситься інформація щодо породи (групи порід), розмірів, об'єгу та якісних характеристик штабеля. Інформація щодо ширини, висоти, довжини штабеля заноситься в метраж з точністю до однієї соті. При цьому, ширина штабеля дорівнює довжині лісоматеріалу в штабелі.

Маркування ялинок новорічних відбувається поштучно шляхом закріплення самоклеїної етикетки до кожної ялинки по центру стовбура у видимій частині. Кожна наклеєна етикетка має індивідуальний номер та відповідний йому штрих код[28].

Загалом в якості бирок використовують гнучкі плівкові синтетичні або інші матеріали. Бирка має бути розміром не менше 25 мм в ширину і 40 мм в довжину та мати штриховий і цифровий коди[42]. Бирка закріплюють у видимий торець колоди, на відстані не менше 50 мм (без врахування кори) від його краю[29].

В цілому електронний облік круглих лісоматеріалів здійснюється на основі вимірювань та визначення об'ємів за ДСТУ 4020-2-2001 (prEN 1309-2:1998) Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі (далі – ДСТУ 4020-2-2001).

Круглі лісоматеріали товщиною від 15 см і більше за середнім діаметром підлягають по колодному обліку в лунках їх виготовлення згідно з ДСТУ EN 1315-1-2001 Класифікація за розмірами. Частина 1. Лісоматеріали круглі листяні та ДСТУ EN 1315-2-2001 Класифікація за розмірами. Частина 2.

Круглі лісоматеріали хвойних порід (далі – ДСТУ EN 1315-1-2001 та ДСТУ EN 1315-2-2001).

Облік лісової продукції партіями круглими лісоматеріалами класів якості C і D товщиною 15 см – 24 см за середнім діаметром відбувається згідно з ДСТУ EN 1315-1-2001 та ДСТУ EN 1315-2-2001.

Облік за партіями круглих лісоматеріалів класів якості C, окрім цінних порід деревини, та класу якості D довжиною до 2,0 м і товщиною від 15 см і більше за середнім діаметром згідно з ДСТУ EN 1315-1-2001, ДСТУ EN 1315-2-2001.

Деревина дров'яна промислового та непромислового використання обліковується за штабельним методом обміру згідно з вимогами ДСТУ 4020-2-2001.

Лісоматеріали класів якості А і В, а також лісоматеріали з цінних порід деревини (горіхові, букові, дубові, ясеневі, берестові, кленові, каштанові, платанові, вишневі, яблуневі, грушеві та акація) класів якості А, В та С, придатні для стругання, лушіння та пиляння, обліковуються по колодно, не залежно від їх довжини.

Облік деревини дров'яної для промислового і непромислового використання та хмизу проводиться штабелями в складочних кубічних метрах з автоматичним переведенням в щільні, що необхідно при складанні первинних документів, обліку та звітності[43].

Для переведення складочних кубічних метрів в щільні використовуються таблиці коефіцієнтів згідно з ДСТУ 2034-92 Відходи деревинні. Загальні технічні умови, ДСТУ 4020-2-2001 та ТУ У 16.1-00994207-005:2018 «Деревина дров'яна. Класифікація, облік, технічні вимоги» [30].

Приймання деревини від заготівлі здійснюється за допомогою КПК шляхом створення специфікації приймання деревини від заготівлі.

Для цього відповідальна особа лісокористувача виконує наступні дії.

1. вибирає в КПК інформацію щодо місця приймання деревини із зазначенням кварталу, виділу, ділянки (її площі), номеру лісорубного квитка, за яким здійснювалася заготівля, виду рубки, договору підряду[42];
2. сканує (вводить) за допомогою КПК бирку і вибирає інформацію стосовно породи, сортименту, класу якості;
3. вводить до КПК інформацію щодо довжини і діаметру (висоти, ширини та коефіцієнта повнодеревності для штабеля) і зберігає її[13].

При цьому автоматично розраховується об'єм кожної колоди та формується специфікація приймання деревини від заготівлі, яка містить повний перелік колод, їх об'єм та номери бирок, якими вони марковані;

4. перевіряє специфікацію приймання деревини від заготівлі та роздруковує її за допомогою мобільного принтера у двох примірниках, які засвідчує підписом;

5. здійснює в кінці дня заготівлі обмін даними між КПК та системою обліку деревини.

На підставі специфікацій приймання деревини від заготівлі, створених за день роботи на одній ділянці (виду рубки) та від одного виконавця робіт, автоматично формується щоденник приймання деревини від заготівлі.

Відповідальна особа роздруковує і підписує щоденник у трьох примірниках, один з яких видається представнику підприємця, другий залишається у відповідальній особі, яка прийняла деревину, третій передається в бухгалтерію лісокористувача при складанні звітності.

На підставі даних щоденника приймання деревини від заготівлі здійснюється оприбуткування деревини.

Якщо на складах підприємства утворились залишки деревини, що до моменту введення електронного обліку заносяться в систему обліку деревини відповідно до порядку, визначеному цим розділом.

Відповідальна особа лісокористувача у разі виявлення помилок щодо зміни ділянки, дати, ціни, складу отримувача деревини та зміни контрагента, допущених при заповненні документів в програмі КПК після їх друку, протягом чотирьох днів самостійно їх виправляє.

Виправлення помилок, виявлених на більш пізніх етапах та які стосуються виправлення всього ланцюжка документів, а також щодо зміни назви деревини, породи, класу якості, діаметру, довжини, ширини, висоти, коефіцієнту, групи діаметрів здійснюється адміністратором.

Адміністратор забезпечує виправлення помилково внесених даних до системи обліку деревини у відповідно до електронних заявок лісокористувача.

Загалом такий принцип обліку деревної лісопродукції в лісгосподарських підприємствах України. Всі лісокористувачі зобов'язані

чітко виконувати установлені правила обліку деревини та реалізовувати продукцію виключно обліковану за допомогою електронного обліку та занесену до єдиної бази, що дає змогу перевірити законність заготовлення того чи іншого виду лісопродукції.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2.

ХАРАКТЕРИСТИКА БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО

АПАРАТУ PHANTOM4 PRO

НУБІП України Використання безпілотних літальних апаратів набирає чималу популярність в сучасному світі. БПЛА активно почали використовувати в різних сферах людської діяльності. Область використання безпілотників досить широка, використовують дані апарати військові, науковці, будівельники,

активно використовують дрони в сільському та лісовому господарстві та ще в багатьох сферах [27].

НУБІП України Застосовують безпілотні літальні апарати з різною метою для моніторингу ситуації, для проведення картографії, для обліку та фіксації будь-

чого, що може помітити камера апарату [34]. Несучи службу, безпілотники передають відзнятий матеріал на ноутбук чи смартфон, й надалі вся інформація зберігається на карту пам'яті та підлягає подальшому перегляду та обробці [37].

НУБІП України Використання БПЛА дуже полегшує та здешевлює роботу в різних сферах застосування даного апарату. Причиною цьому є відносно низька

вартість застосування апаратів в порівнянні зі звичайною авіацією та потребує мінімальну кількість операторів та часу для проведення польоту [36].

НУБІП України Також в небезпечних ділянках, де є загроза людському життю безпілотники виконують чи не головну роль, адже ніхто не піддає своє життя

небезпеці. Отже, безпілотники в сучасному світі роблять вагомий вклад в життя сучасного світу. В Україні також спостерігається щорічний приріст в розвитку

безпіотної галузі.

Проведення дослідів з обліку лісопродукції, яка зберігається насипом чи навалом також було здійснено з використанням безпілотного літального

апарату Phantom 4 Pro

НУБІП України

Загальна характеристика моделі безпілотного літального апарату Phantom 4 Pro (рис 1.1), який був залучений для проведення практичного досвіду з визначення об'єму лісопродукції на місцях її зберігання.



Рис 1.1. Phantom 4 Pro

DJI Phantom 4 Pro - це інтелектуальна політна камера, здатна виявляти перешкоди в 5 напрямках і уникати їх за допомогою оптичних і інфрачервоних датчиків. Абсолютно нова камера забезпечує кращу якість, неперевершену чіткість, знижений рівень шуму і надає більше можливостей. Підтримка роботи на двох частотах забезпечує підвищену надійність HD – трансляції. Оновлені функції TapFly™ і ActiveTrack™ в додатку DJI GO 4 дозволяють одним натисканням на екран відправити модель у політ і легко відстежувати [2].

Phantom 4 Pro може записувати відео з роздільною здатністю 4K з частотою 60 кадрів/с і створювати чіткі знімки з роздільною здатністю 20 Мп завдяки дюймовому CMOS – датчику. Механічний затвор і автоматичне фокусування покращують процес зйомки.

Пультний контролер був вдосконалений, щоб забезпечити більш безпечний і надійний політ. Новий пристрій запису польотних даних зберігає важливу інформацію з кожного польоту, а система оптичних датчиків підвищує точність утримання положення при польоті в приміщенні або в місцевості зі слабким сигналом GPS. Додаткові модулі компаса та IMU забезпечують підвищений рівень надійності. Відеотрансляція з підтримкою HD: DJI LIGHTBRIDGE™ має велику дальність дії (7 км) і низький рівень затримки.

Підтримка частот 2,4 ГГц і 5,8 ГГц забезпечує більш надійний зв'язок [2]. Пульт управління Phantom 4 Pro оснащений яскравим екраном 5,5 з вбудованим додатком DJI GO 4.

У польотному контролері Phantom 4 Pro представлено кілька важливих оновлень. Розроблений безпечний режим польоту та режим повернення в точку зльоту, які забезпечують безпечне повернення моделі в разі втрати сигналу. Польотний контролер може зберігати важливу інформацію з кожного польоту за допомогою пристрою запису даних. Він також забезпечує поліпшену стабілізацію і володіє новою функцією повітряного гальмування.

Доступно три польотних режиму: *P – режим* (режим позиціонування): найкраще працює при сильному сигналі GPS. Модель використовує GPS, систему стереоспостереження й інфрачервону систему виявлення для утримання положення, польоту між перешкодами та відстеження об'єктів.

Розширені функції, такі як TapFly та ActiveTrack, можуть бути включені в даному режимі. *S – режим* (спортивний): значення посилення відкориговані, щоб збільшити маневровість моделі. Максимальна швидкість збільшена до 72 км / ч. Зверніть увагу, що системи виявлення перешкод відключені в даному режимі.

A – режим (режим стабілізації): GPS і оптична система не використовуються. Квадрокоптер використовує тільки барометр для утримання висоти[38].

Максимальна швидкість і шлях гальмування значно збільшені в спортивному режимі. Мінімальний необхідний шлях гальмування становить 50 м в безвітряну погоду. У спортивному режимі збільшена чутливість відгуку квадрокоптера на переміщення ручок управління. Швидкість спуску значно збільшена в спортивному режимі. мінімальний необхідний шлях гальмування становить 50 м в безвітряну погоду[2]. Phantom 4 Pro оснащений передніми світлодіодами та індикаторами стану квадрокоптера. Розташування світлодіодів зображено на рис 2.2.



Рис. 2.2 Розташування світлодіодів

Передні світлодіоди горять червоним, коли квадрокоптер включений, вказуючи на розташування передньої частини літального апарату. Індикатори

стану зображають системний статус польотного контролера. Існує три типи функцій:

- **«Безпечне повернення».** Передня оптична система дозволяє створювати карту маршруту в режимі реального часу. Якщо точка з місця розташування була успішно записана і компас функціонує, то повернення

автоматично активується при втраті сигналу з пульта дистанційного керування на більш ніж 3 секунди. Квадрокоптер спланує зворотний шлях і повторить

початковий маршрут. Квадрокоптер зависне на 10 секунд. При відновленні сигналу, літальний апарат чекатиме команд пілота. Повернення перерветься й

управління відновиться, якщо з'явиться сигнал з пульта управління.

- **«Розумне повернення».** Квадрокоптер автоматично повернеться в останню записану точку зльоту. Ви можете використовувати пульт управління,

щоб регулювати швидкість і висоту. Під час повернення квадрокоптер використовує передню камеру для виявлення перешкод на відстані до 300 м,

дозволяючи планувати безпечний маршрут.

- **«Повернення при низькому заряді батареї».** Режим включається, коли заряду батареї недостатньо для зворотного польоту. В цьому випадку рекомендується повернутися в точку зльоту або виконати негайну посадку.

Попередження про низький заряд з'являється в додатку DJI GO 4. Квадрокоптер автоматично повертається в точку місце розташування, якщо протягом 10

секунд не буде зроблено дій.

Квадрокоптер також має функції:

- *Функція TapFly.* Дозволяє одним натисканням на екран мобільного пристрою відправити модель у зазначеному напрямку. Модель може автоматично облітати перешкоди або зависати на місці за умови достатнього освітлення (не менше 300 лк. і не більше 10000 лк.)[40].

- *Функція ActiveTrack.* Дозволяє відзначити об'єкт і відстежувати його на екрані мобільного пристрою. Під час польоту модель буде автоматично уникати перешкоди. Зовнішні відстежують пристрої не потрібні. Phantom 4 Pro може автоматично розпізнавати і відстежувати велосипеди та інший транспорт, людей та тварин, а також використовувати різні стратегії відстеження[40].

- *Функція Draw.* За допомогою цієї функції ви можете намалювати маршрут польоту на екрані. При виявленні перешкоди модель автоматично зупиниться і зависне за умови достатнього освітлення (не менше 300 лк і не більше 10000 лк)[41].

- *Функція зупинки.* Завдяки функції виявлення перешкод квадрокоптер може гальмувати при виявленні перешкоди. Зверніть увагу, що дана функція краще працює в умовах повного освітлення і за умови, що перешкода має чітку текстуру. Швидкість квадрокоптера не повинна перевищувати 50 км / год.

Phantom 4 Pro має такі режими:

- *Режим жесту.* В даному режимі оптична система розпізнає жести. Модель може включити стеження або робити селфі.

- *Режим штатива.* В даному режимі максимальна швидкість складає 9 км / год, шлях гальмування скорочений до 2 м. Чутливість відгуку на переміщення ручок управління також знижена, що забезпечує більш плавне переміщення коптера.

- *Режим врахування рельєфу.* В даному режимі використовується нижня оптична система для утримання висоти над землею в діапазоні від 1 до 10 м. Даний режим призначений для польоту над трав'янистою місцевістю, має нахил не більше 20. Ввімкнувши режим обліку рельєфу, натиснувши значок

інтелектуального польоту в додатку DJI GO 4 буде записана поточна висота моделі. Квадрокоптер буде утримувати записану висоту під час польоту і набере висоту при підйомі рельєфу. Зверніть увагу, що модель не почне спуск при зниженні рельєфу [2].

Головні компоненти оптичної системи розташовані на передній, задній і нижній панелях Phantom 4 Pro. До них відносяться три датчики стереобачення і два ультразвукових датчиків. Система використовує ультразвук і відеодані, щоб допомогти моделі утримувати положення, точно зависати в приміщенні та на місцевості, де відсутній сигнал GPS. Система постійно сканує об'єкти, що дозволяє уникати перешкоди, облітати їх або зависати на місці. Інфрачервона система складається з двох датчиків інфрачервоного 3D-сканування, розташованих з боків корпусу. Датчики сканують об'єкти збоку від моделі і працюють в певних режимах.

Польотні дані автоматично записуються на внутрішню пам'ять квадрокоптера. До них відносяться дані телеметрії, статус моделі та інші параметри, щоб отримати доступ до даних, підключіть квадрокоптер до ПК через роз'єм micro-USB і запусіть DJI Assistant 2. Батарея коптера становить 5870 мА/год, напруга 15,2 В, є функція контролю заряду. Батарею заряджається оригінальним зарядним пристроєм DJI [2].

Пульт ДУ Phantom 4 Pro – це багатофункціональний бездротовий пристрій з вбудованою системою відеотрансляції на двох частотах і системою дистанційного керування. Частота 5,8 ГГц рекомендується в міських умовах для зниження рівня перешкод, 2,4 ГГц підходить для передачі на велику відстань на відкритій місцевості. Пульт дистанційного керування має кілька функцій управління камерою, наприклад фільмування і перегляд фото і відео, а також управління підвісом. Світлодіодні індикатори на передній частині пульта дистанційного керування зображають рівень заряду. Пульт дистанційного керування працює від батареї, що перезаряджається 2S (місткість 6000 мА / год). Світлодіодні індикатори на передній панелі пульта показують рівень заряду.

Камера використовує дюймовий сенсор CMOS для відео знімання (до 4096×2160 р, 60 кадрів / с) і фотографування в доволі 20 Мп. Відеозапис доступний в форматі MOV і MP4. Можна налаштувати режим фотографування:

серійний, безперервного знімання і таймлапс. Попередній перегляд доступний в додатку DJI GO 4 на підключеному мобільному пристрої. Phantom 4 Pro

підтримує відео знімання 4K зі швидкістю 60 кадрів / с, а також H.264 і H.265 з бітрейтом 400 Мбіт / с. Покращена система обробки зображень дозволяє робити

неймовірні знімки з роздільною здатністю 20 Мп. Кілька режимів відкривають абсолютно нові можливості фільмування. Максимальна швидкість механічного

затвора в 1/2000 секунди виключає ймовірність спотворення кадру, що виникає при зніманні швидко рухомих об'єктів[35].

Максимальна висота і дальність. Налаштувати чітко встановлені

параметри висоти та дальності можливо за допомогою програми DJI GO 4,

проте максимальна висота не може перевищувати 500 м. Після налаштувань коптер літатиме в обмеженій зоні [2].

Облік лісопродукції на дослідних майданчиках підприємства був проведений за допомогою БПЛА та методів фотограмметрії.

Фотограмметрія це наука, що вивчає властивості фотозображення,

визначає методи його отримання і вимірювання, розробки приладів для вимірювання і перетворення фотознімків[21]. Застосування фотограмметрії

найбільше поширені в топографії. В основному більшість карт і планів створені за допомогою аерофотографування[25].

У прикладній фотограмметрії вивчаються методи використання фотограмметричних матеріалів при проектуванні, будівництві й експлуатації інженерних споруд, а також в розвідувальних роботах, земельнорядкуванні,

земельному кадастрі, лісовій таксації, дорожній справі та міських населених пунктах, освоєння шельфу[24]. Знімання поверхні землі в фотограмметрії

отримують за допомогою аерофотоапаратів. Існують також аерокосмічні знімання, які широко застосовується в геології. Топокарти широко використовуються у військовій справі[18].

Нині темпи науково-технічного розвитку доволі стрімко розвиваються й складно уявити якими будуть техніка та технології отримання інформації про наземні об'єкти фотограмметричними методами у найближчому майбутньому[19].

Сьогодні використання відносно доступних БПЛА та програмних засобів оперативно забезпечує інформацією про стан рослини, дозволяє швидко провести аерофотографування необхідного об'єкта, отримати знімки високої роздільної здатності, фактично в автоматичному режимі отримати якісний планово-картографічний матеріал маючи БПЛА, «гаджет», ноутбук та базові навички роботи зі спеціалізованими програмними засобами[22].

Застосування фотограмметричних методів в сучасному світі є доволі популярним у різних сферах суспільного розвитку. В тому числі завдяки стрімкому науково-технічному прогресу та здешевленню процесу отримання матеріалів аерофотографування[18]. Наприклад, широкого використання БПЛА отримали у будівництві, геодезії та землеустрою, маркетингу, лісівництві, ліквідації надзвичайних ситуацій, природокористування, туризмі та інших сферах[23].

Найголовніше при цьому є те що спектр фотограмметричних методів широкий й він залежить від багатьох чинників, насамперед: завдання на проектування; особливості об'єкту дослідження; оперативність отримання кінцевого продукту; доступність програмних засобів для обробки інформації; погодних умов; бази даних про дослідження аналогічних об'єктів; способи дослідження тощо[20].

Насамкінець, варто зазначити, про неминучий й надалі стрімкий розвиток техніки та технологій, й про все більшу популярність застосування фотограмметричних методів у всіх сферах суспільного розвитку.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

ОБЛІК ЛІСОПРОДУКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ АЕРОФОТОЗЙОМКИ

3.1 Облік лісопродукції, що зберігається навалом та насипом

Використання БПЛА та методів стереофотограмметрії на сьогоднішній день набуває все ширшого використання в різних напрямках господарської діяльності людини. Значні напрацювання по використанні даних ДЗЗ, які отримані за допомогою БПЛА стосуються вимірювання таксаційних показників для оцінювання послуг та функцій лісових екосистем. Одним з результатів такого оцінювання є встановлення запасів накопиченого вуглецю деревостаном[4].

Виробничий процес використання лісових ресурсів у значних масштабах зазвичай супроводжується нагромадженням заготовленої деревини на відкритих складах підприємства[33]. Значною мірою, на це впливає спеціалізація в межах якої відбувається підприємницька діяльність, наприклад: лісозаготівельна, деревообробна чи теплоенергетична. Якщо перші дві мають справу з круглим лісом та з сортами відповідних класів якості, то теплоенергетична є кінцевим споживачем та має значно менші вимоги до деревини, яка використовується як паливо. Таким чином, в активах теплоенергетичних компаній відбувається потік не лише паливної деревини різних розмірів від лісозаготівельних підприємств, а й відходів меблевої та деревопереробної промисловості, що значною мірою ускладнює проводити інвентаризацію залишків на складах (рис 3.1.).

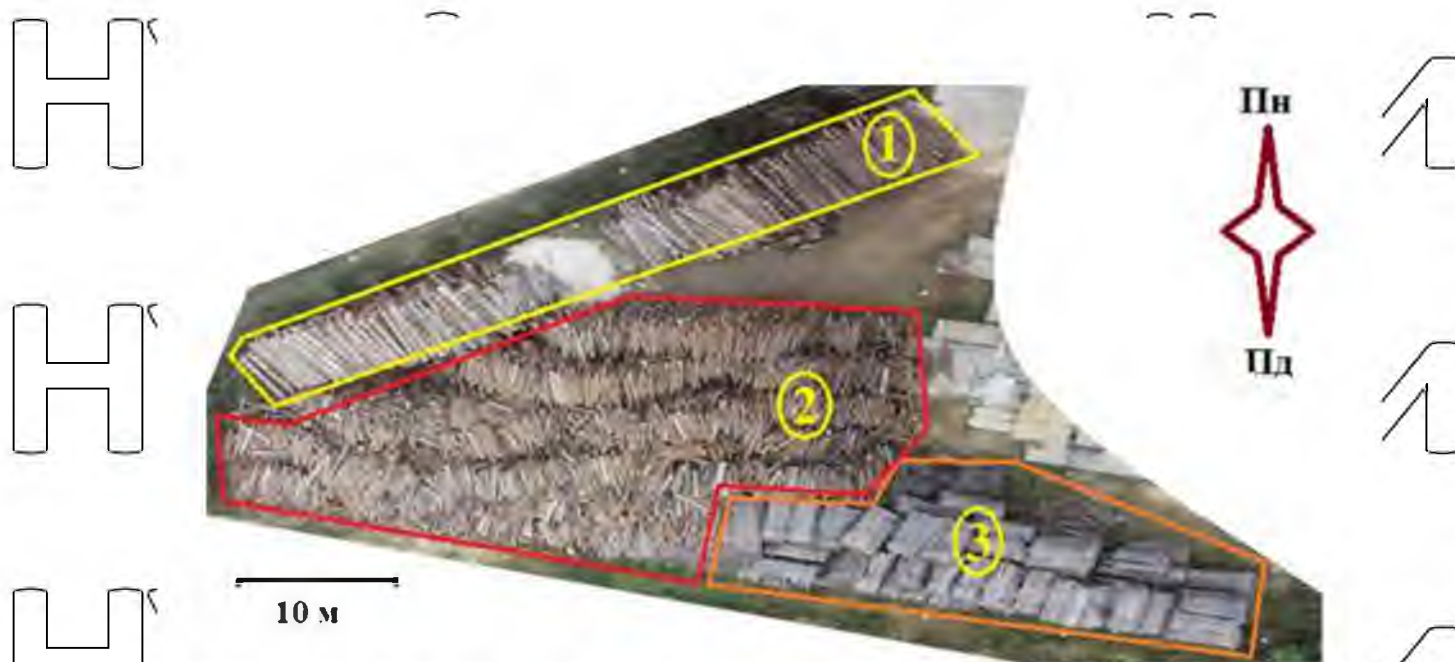


Рис. 3.1. Ортофотоплан складу наливної деревини теплоенергетичної компанії. 1 – колоди завдовжки 4-4,5 м; 2 – колоди завдовжки 2 м; 3 – відходи деревообробної промисловості в «пачках» по 4 м довжиною.

Додатково на рис. 3.1. спостерігається нагромадження та хаотичність складської продукції, що також спричиняє значні труднощі для проведення інвентаризації та може становити загрозу життю та здоров'ю співробітників, які проводитимуть вимірювальні роботи при інвентаризації.

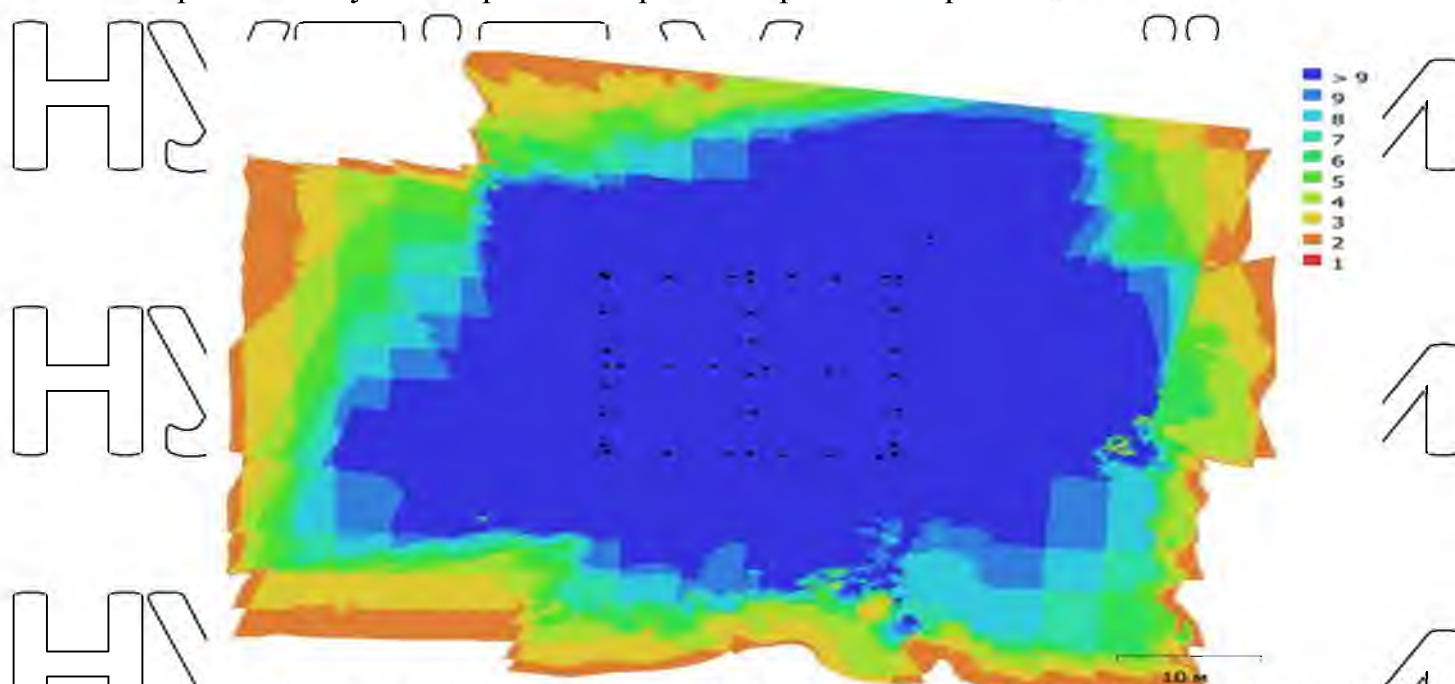


Рис. 3.2. Позиції камер та перекриття знімків

НУБІП України

Одним з варіантів визначення запасів деревини на складських об'єктах, де представлені значні труднощі та великі об'єми робіт, може бути виконано за допомогою БПЛА з оптичною камерою та методів стереофотограмметрії для

обробки зібраних даних.

НУБІП України

Фотограмметрична обробка включає методи багатьох дисциплін, зокрема оптику та перспективну геометрію. Комп'ютерне стереобачення (Computer stereo vision) – це вилучення тривимірної інформації з цифрових зображень за допомогою CCD (Charge-couple device – пристрій із зарядовим зв'язком).

НУБІП України

Порівнюючи інформацію про картину з двох точок зору, отримати 3D – інформацію можна досліджуючи взаємне розташування об'єктів на двох знімках [11]

Обробка даних зібраних за допомогою БПЛА виконується в кілька етапів,

НУБІП України

ключовими з них є – вирівнювання фотографій та створення щільної хмари точок. При вирівнюванні фотографій уточнюються позиції камер, перекриття знімків (рис. 3.2), розширення зйомки, кількість сполучних точок та інші (табл. 3.1).

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.1

Зведена інформація про вихідні дані та результати вирівнювання аерофотознімків

Всього знімків	39	Позицій зйомки	39
Висота польоту	28,6 м	Сподручних точок	353 815
Розширення зйомки	7,11 мм/пікс	Проекцій	1 001 697
Площа перекриття	4,31e+03 м ²	Помилка репроекткування	0,638 пікс

Щільна хмара складається з масиву точок, кожна з яких має просторові координати у тривимірній системі (рис.3.3). Також щільна хмара точок є основою для створення 3D моделей, цифрових моделей рельєфу/місцевості (англ. Digital Elevation Model, DEM, інколи – англ. Digital Terrain Model, DTM) та цифрових моделей поверхні (англ. Digital Surface Model – DSM). В геоінформатиці DEM чи DTM – цифрове представлення рельєфу земної поверхні, створене на основі даних про рельєф та топологію місцевості [12]



Рис. 3.3. Щільна хмара точок дослідного об'єкту №1.

Цифрова модель поверхні (рис. 3.4) відображає рельєф об'єктів які знаходяться над рівнем землі, тобто: дерева, кущі, споруди, насипи, зі збереженням просторової інформації про них. Програмне забезпечення дозволяє проводити заміри площі та об'єму об'єкта інтересу з такої моделі. Для проведення замірів достатньо створити полігон який буде окреслювати межі об'єкта інтересу. При цьому можна задавати від якого рівня проводити заміри, наприклад – апроксимуюча плоскість та середній рівень розраховується від положення створених вершин полігону [8].

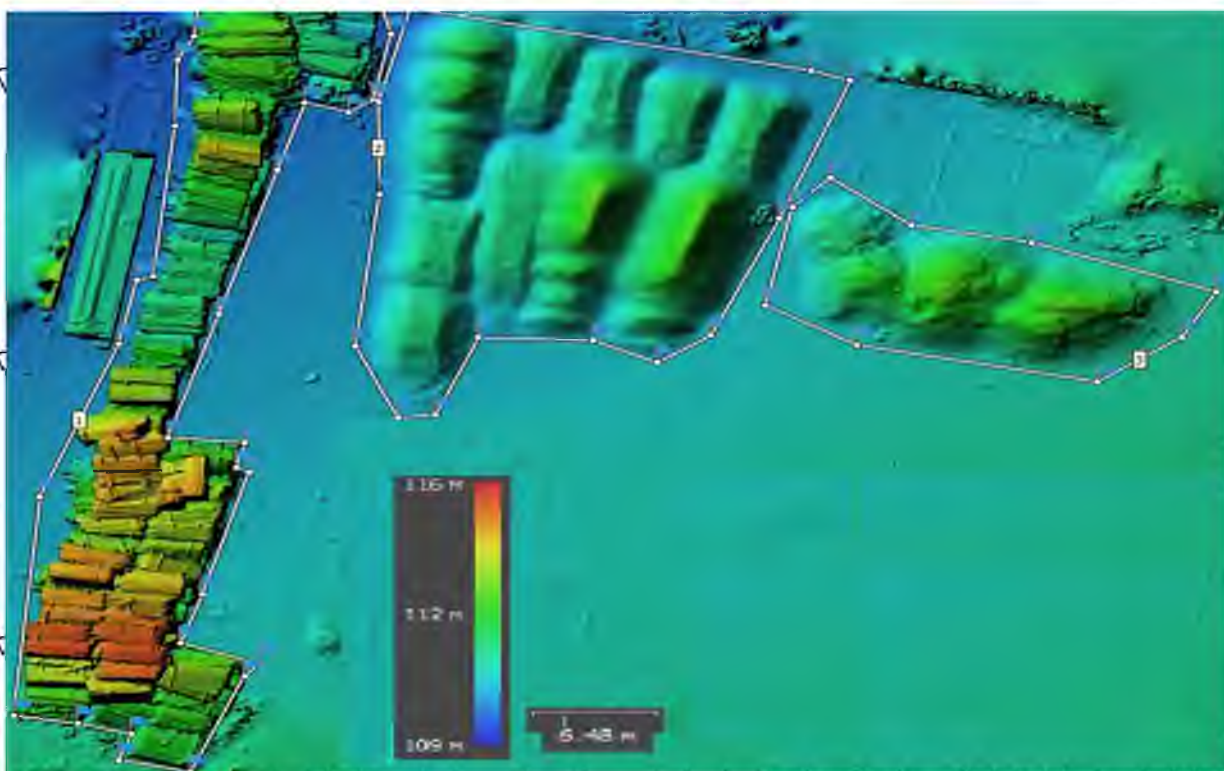


Рис. 3.4. Цифрова модель поверхні з нанесеними полігонами в середині яких проводиться вимірювання об'єму.

Програмне забезпечення дозволяє перемикатися між вихідними даними розрахунків та контролювати розташування вершин полігону

3.2. Характеристика дослідних об'єктів.

Дослідний об'єкт № 1.

Відкрита складська площадка теплоенергетичної компанії обгороджена сіткою (типом). Паливні матеріали тут представлені лісомагериалами різних розмірів та мають частичність в укладанні (рис. 3.1.1, рис. 3.5, 3.6). Загальний

вигляд укладеної паливної сировини має вигляд асиметричного наконечника стріли (див. рис. 3.3). Вдвож лівої, довшої грані складені залишки деревопереробної промисловості в упаковках по 3 м завдовжки із різним ступенем наповненості та різною цілісністю самої упаковки (див. рис. 3.6).

Права грань (див. рис. 3.3) значною мірою відрізняється від основної маси лісоматеріалів представлених на даному об'єкті, тут представлені 4-х метрові сортименти розділені на два штабелі. Центральна частина представлена нагромадженням лісоматеріалів 2 метрових сортиментів (див. рис. 3.4), які не

мають проміжків між штабелями. Таким чином, не можливо використати класичні методи визначення об'єму штабеля. В яких потрібно встановити довжину, ширину, висоту, а для переводу у щільні метри – коефіцієнт повнодеревинності. Також потрібно зауважити, що для штабелів довжиною до

10 м висота вимірюється кожний метр, якщо довші – не менше 3 разів на кожні

10 м довжини штабеля.



Рис. 3.5. Круглі лісоматеріали на дослідному об'єкті №1.



Рис. 3.6. Залишки деревообробної промисловості на дослідному об'єкті №1

Дослідний об'єкт №2

Відкрита складська площадка з бетонним покриттям. Паливні матеріали тут представлені залишками деревообробної промисловості, тріскою та тирсою (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Ортофотоплан дослідного об'єкту №2 (1 – упаковані обрізки залишки, 2 – тріска, 3 – тирса).

Відповідно тріска та тирса на об'єкті знаходиться розсипами в купах на бетонному покритті див. рис. 3.6 та рис. 3.7 (1). Обрізні залишки в пакуванні різних розмірів та складені окремо в штабелі від краю в край на площадці, див. рис. 3.7 (1) та рис. 3.8 (2, 3), здебільшого у два ряди висотою але, кількість рядів змінюється по мірі протяжності, як по ширині так і по висоті.



Рис. 3.8. Дослідний об'єкт № 2 (1 – тирса, 2 – 3 – залишки деревообробної промисловості).

Дослідний об'єкт № 3

Дослідна територія має значні складності у проведенні вимірювальних робіт, що обумовлено наявністю значної кількості дерев та приляганням до будівлі, що перешкоджало аерофотозйомці. А також мікрорельєфом, оскільки лісоматеріали складуються безпосередньо на ґрунті.

У зв'язку з вище перерахованими причинами та просторовим розміщенням об'єктів дослідження, вирішено провести аерофотозйомку у два заходи. Відповідно дослідний об'єкт № 3 поділяється на дві сублокації: 3.1 та 3.2 (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Загальний ортофотоплан дослідного об'єкту №3 (1, 2 – обабіч та обрізки у купах та в пачках, 3 – ліквід з кроїн)

Сублокація 3.1 представлена обрізками та обабіччями хаотичного складування в упаковках так і без упакування (рис. 3.10). В деяких місцях матеріали розвернуті по площі, це спричинено перевезенням.

Тут ліноматеріали з лівого боку прикриті будівлею автоколони, з правого – деревами та чагарниками.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 3.10. Лісоматеріали на сублокації № 3.1

Сублокація 3.2 аналогічно до 3.1 представлена обрізками та обполами хаотичного складування в упаковках так і без упакування, але тут ще також є купи дрібного та товстого гілля. Лісоматеріали в навалах в правому нижньому краю ортофотоплану (рис. 3.11) прикриті деревами. Основна маса обполів та гілля розміщується на відкритому просторі де відсутні перешкоди для проведення аерофотозйомки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 3.11. Сублокації № 3.2. 1 – гілля в купах, 2,3 – обрізки деревообробної промисловості в упаковках та насипом.

Дослідний об'єкт № 4

Унікальність цього об'єкта полягає в тому, що значні кількості лісоматеріалів, які зберігалися на даній території, були знищені внаслідок пожежі. В залишку тут представлені купи тріски та тирси, залишки деревообробної промисловості (обапони) розсипом та круглі лісоматеріали різної довжини, як такі що пошкоджені вогнем та без явних ушкоджень ним

(рис.3.12). Матеріали які не зазнали впливу вогню розміщуються по периметру

дослідного об'єкту, центральна частина представлена купами золи та деревного вугілля. Значна увага на цьому дослідному об'єкті приділяється до цих залишків золи та деревного вугілля після пожежі, оскільки деревина

складувалася тут у значній кількості, відповідно є можливість визначити об'єми цих залишків(рис 3.13).



Рис.3.12. Фото лісоматеріалів на дослідному об'єкті № 4 (1 – обгорілі залишки круглих лісоматеріалів, 2, 3 – вцілілі від пожежі купи обполів).



Рис. 3.13. Фото лісоматеріалів на дослідному об'єкті № 4 (1 – тріска з відображенням на аерофото, 2 – залишки лісоматеріал після пожежі на аерофото (наземне фото рис. 3.12 – 1), 3 – обгорілі залишки та вцілілі лісоматеріали (наземне фото рис. 3.12 – 2,3).

НУБІП України

3.3 Характеристика даних аерофотозйомки

Аерофотозйомка дослідного об'єкта №1.

Аерофотозйомка виконувалася на висоті польоту 25,6 м з перекриттям аерофотознімків 90 % під кутом 80° до землі. В процесі польоту об'єкта довелося виконувати три польоти в ручному режимі див (рис. 3.8) це пов'язано близьким розташуванням високосвоєтної лінії електромереж, основна частина обстеження виконувалася в автоматичному режимі, згідно поставленого завдання. Загалом було зроблено 402 знімки з розширенням 6,25 мм/пікс, площа перекриття складала $2,29 \times 10^3 \text{ м}^2$. Модель камери FC6310, яка має розширення 5472 x 3648 пікселів та фокусну відстань 8,8 мм розмір пікселя 2,41 x 2,41 мкм.

Вирівнювання позицій зйомки та оцінка помилок (рис. 3.14) накладається на ортофотоплан де помилки розташування відносно горизонтальних осей (X, Y) відображаються формою конуса, а кольором відображається помилка по висоті (вісь Z). Чорні крапки відмічають розраховані позиції зйомки.

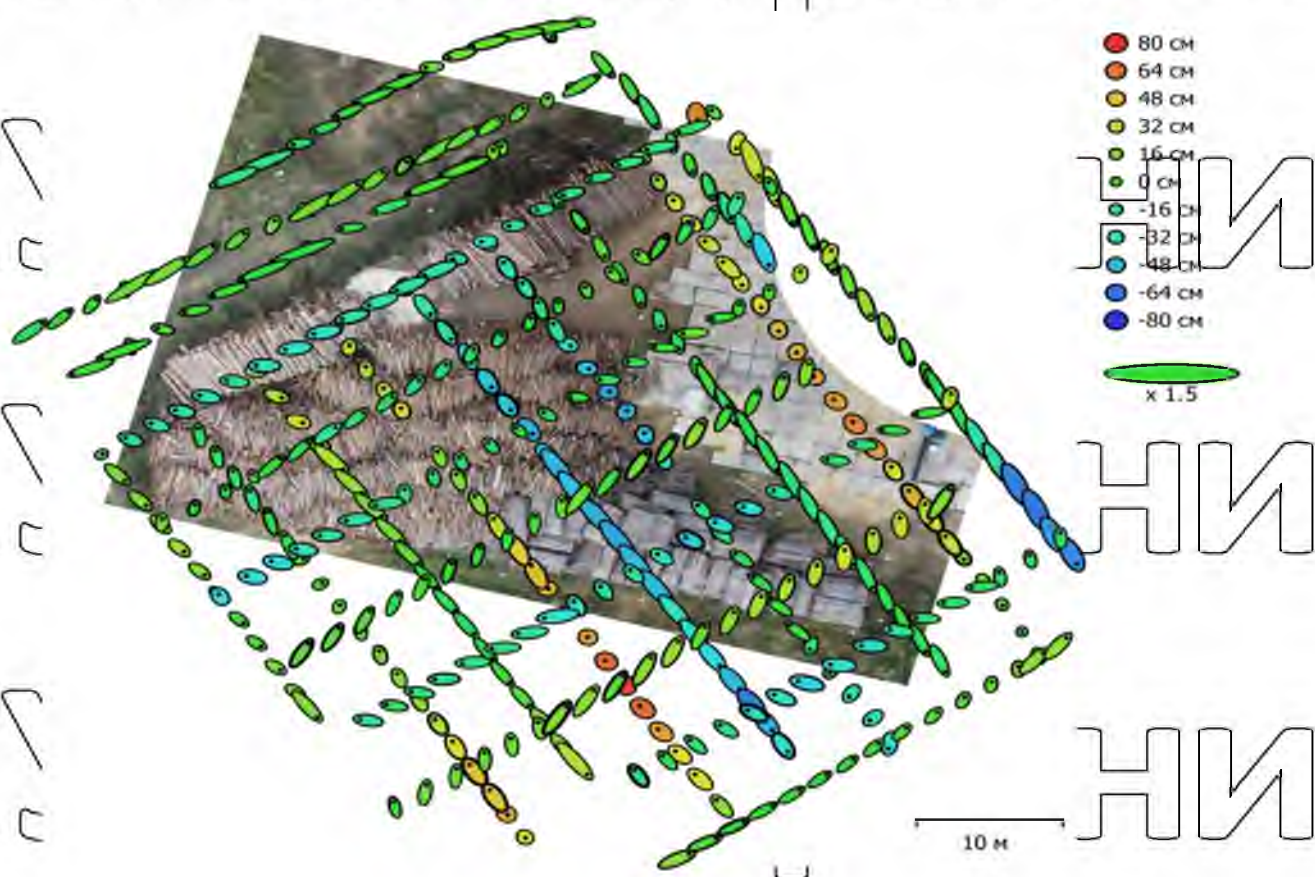


Рис. 3.14. Позиції камери та оцінка помилок

Середні помилки позицій камер дослідного об'єкта №1 склали: довгота вісь X – 0,653009 м, ширина вісь Y – 0,725372 м, висота вісь Z – 0,25382 м.

Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 0,977344 м. Загальна помилка по трьох осях – 1,00976.

Щільна хмара (рис.3.15), що складається з 3 355 267 точок, була основою для створення цифрової моделі місцевості дослідного об'єкта №1 (рис. 3.5).

Безпосередньо на моделі наносились полігони в межах яких проводилось вимірювання об'ємів лісоматеріалів, які зберігаються на складському майданчику теплоенергетичної компанії

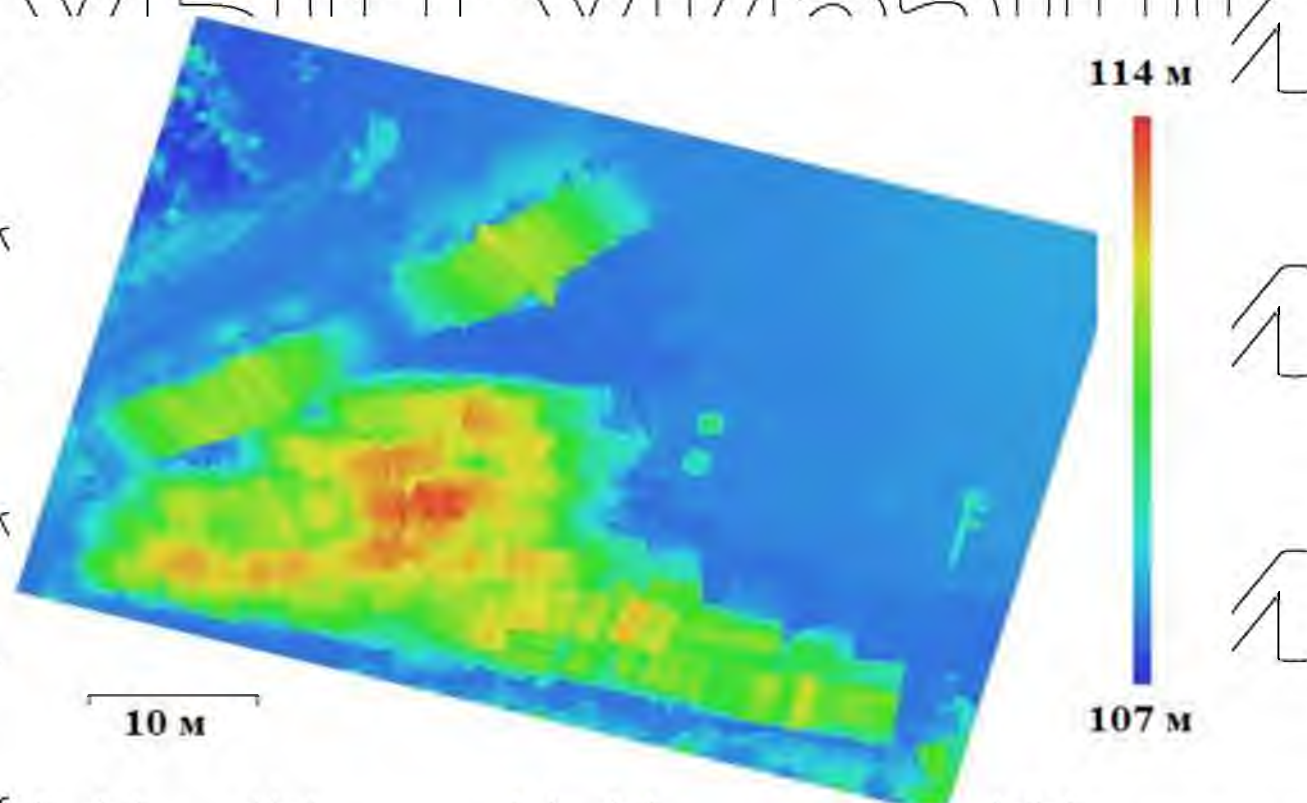


Рис. 3.15. Цифрова модель місцевості дослідного об'єкта №1.

Аерофотозйомка дослідного об'єкта №2.

Аерофотозйомка виконувалася на висоті польоту 25,4 м з перекриттям аерофотознімків 90 % під кутом 80° до землі. Основна частина обстеження виконувалася в автоматичному режимі, згідно поставленого завдання, лиш над купами гірски та тирси було прийнято рішення виконати політ в ручному режимі для зменшення затрат часу на обстеження. Загалом було зроблено 354

знімки з розширенням $6,29$ мм/пікс, площа перекриття складала $5,36e+03$ м². Модель камери FC6310, яка має розширення 5472×3648 пікселів та фокусну відстань $8,8$ мм, розмір пікселя $2,41 \times 2,41$ мкм.

Вирівнювання позицій зйомки та оцінка помилок (рис. 3.16), що накладені на ортофотоплан дослідного об'єкта № 2 характеризуються такими значеннями середньої помилки: довгота вісь X – $0,695547$ м, ширина вісь Y – $0,57923$ м, висота вісь Z – $0,338709$ м. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – $0,905148$ м. Загальна помилка по трьом осях – $0,966445$.

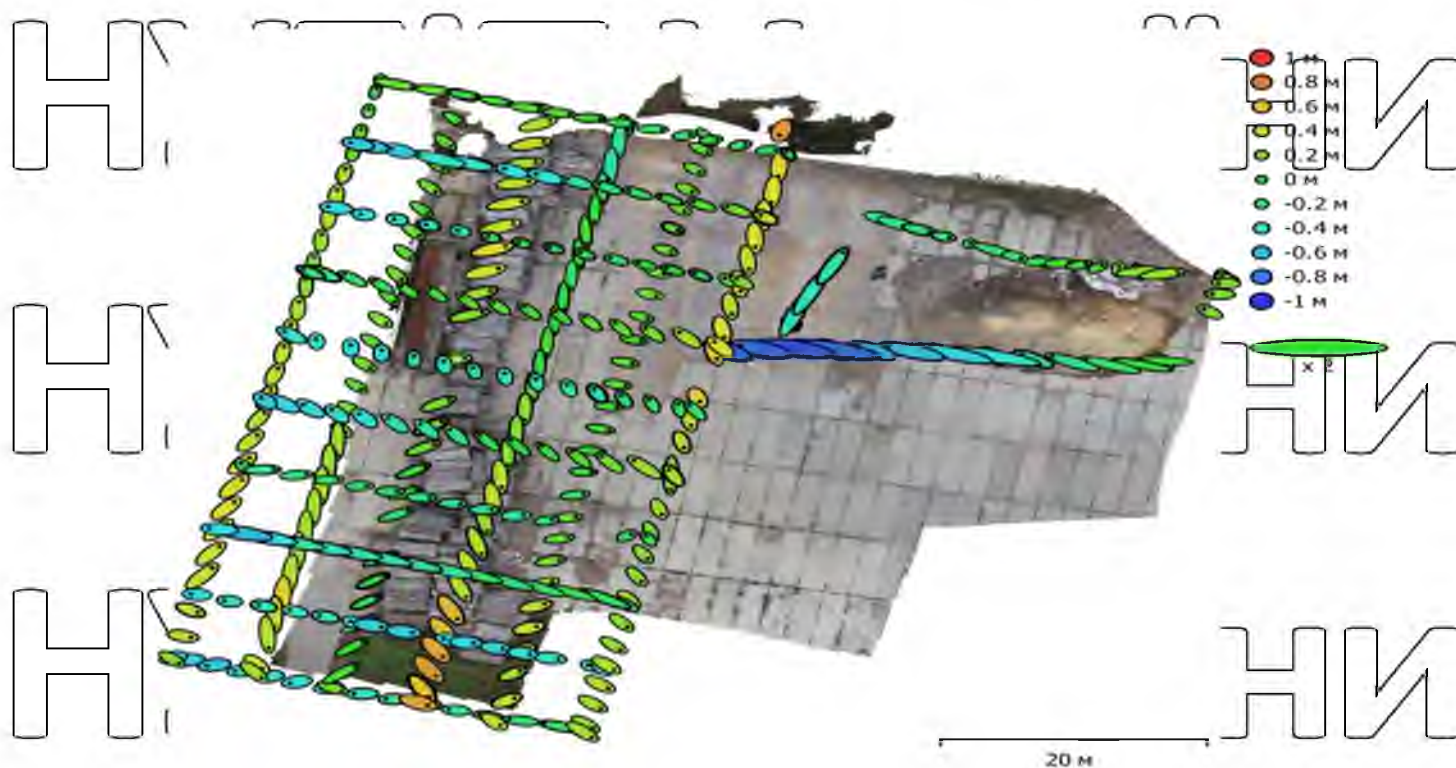


Рис. 3.16. Позиції камери та оцінка помилок аерофотозйомки дослідного

об'єкта № 2

Щільна хмара (рис.3.17) складається з $2\,142\,751$ точок, була основою для створення цифрової моделі місцевості дослідного об'єкта № 2. Безпосередньо на моделі наносились полігони в межах яких проводилось вимірювання об'ємів лісоматеріалів, зокрема: залишків деревообробної промисловості, тріски та тирси, які зберігаються на відкритому майданчику

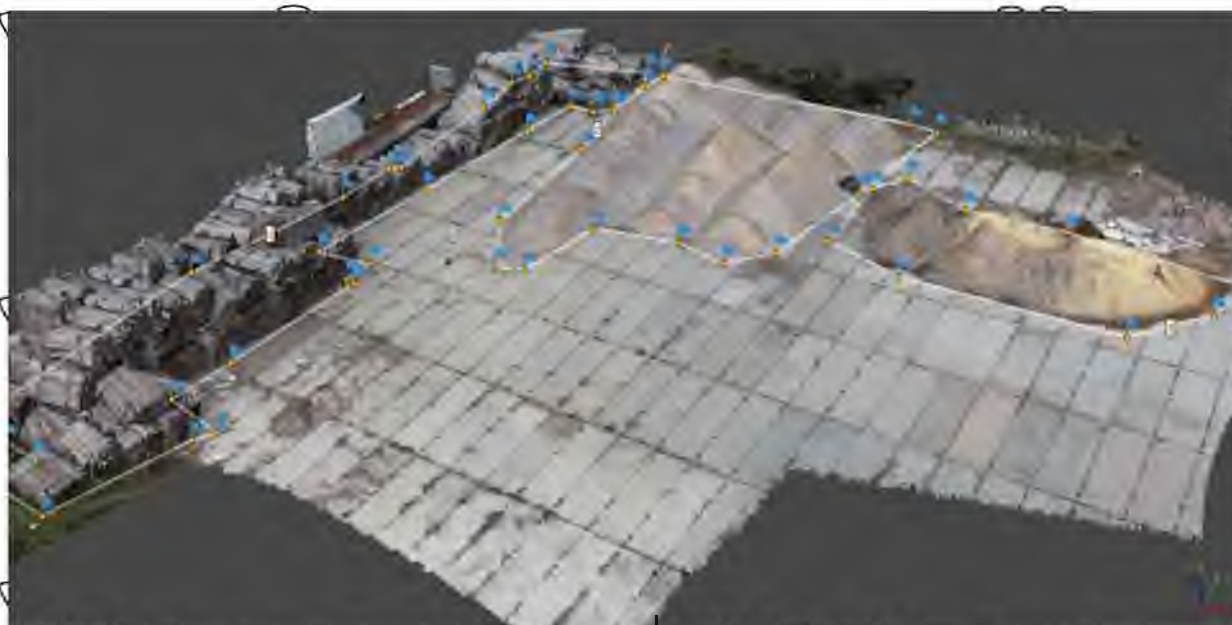


Рис. 3.17. Щільна хмара точок дослідного об'єкта № 2.
Аерофотозіомка дослідного об'єкта № 3

Аерофотозіомка виконувалася у дві польотні місії над сублоціями 3.1 та 3.2. Середня висота польоту над сублокацією 3.1 склала 30,7 м, над 3.2 – 27,1 м з перекриття аерофотознімків в обох дослідях встановлювалося 90 % під кутом 80° до землі.

В процесі обльоту об'єкта довелося виконувати прольоти в ручному режимі з боків або по центру з іншим кутом камери для доповнення просторової інформації про об'єкт, це пов'язано з перекриттям об'єктів вимірювання деревами та будівлею, основна частина обстеження виконувалася в автоматичному режимі, згідно поставлених завдань.

Для сублокації 3.1 зроблено 419 знімків з розширенням 7,45 мм/пікс, площа перекриття склала $9,22e+08$ м². Сублокації 3.2 333 знімка з розширенням 6,67 мм/пікс, площа перекриття склала $3,97e+08$ м². Модель камери FC6310, яка має розширення 5472 x 3648 пікселів та фокусну відстань 8.8 мм, розмір пікселя 2,41 x 2,41 мкм.

Вирівнювання позицій зйомки та оцінка помилок (рис. 3.18), що накладені на ортофотоплани дослідного об'єкта № 3, характеризуються такими значеннями середньої помилки:

• сублокації 3.1, довгота вісь X – 0,547618 м, ширина вісь Y – 0,845063 м, висота вісь Z – 0,314952 м. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 1,00698 м. Загальна помилка по трьох осях – 1,05509,

• сублокації 3.2, довгота вісь X – 0,720459 м, ширина вісь Y – 0,647795 м, висота вісь Z – 0,355404 м. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 0,968865 м. Загальна помилка по трьох осях – 1,03199 м.

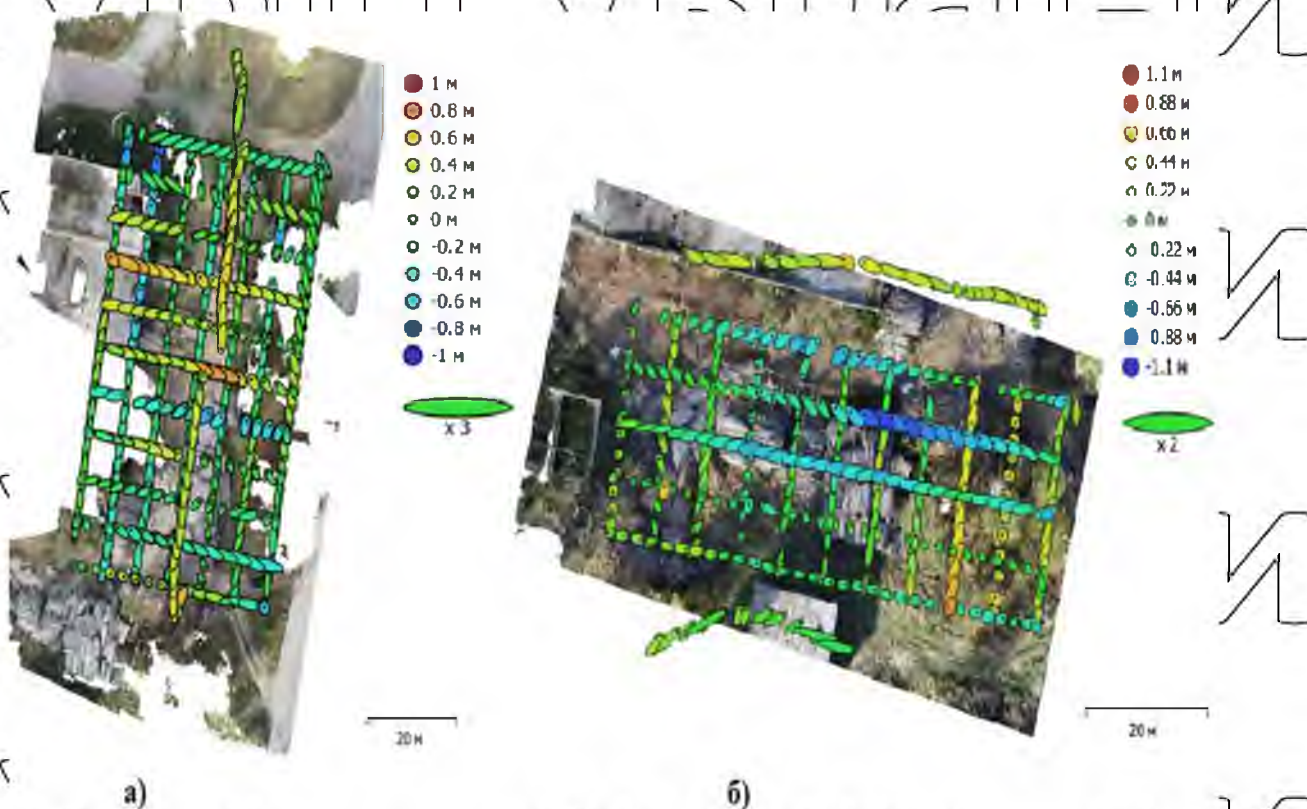


Рис. 3.18. Позиції камери та оцінка помилок аерофотозйомки дослідного об'єкта № 3. а) – сублокація № 3.1, б) – сублокація № 3.2.

Створення щільної хмари точок дослідного об'єкта ускладнено деревами на території інтересу, які у свою чергу були розпізнані методами фотограмметрії та займають відповідний простір та об'єм (рис. 3.18). Для уникнення похибок у вимірюванні об'ємів лісоматеріалів проводилось редагування хмари точок в ручному режимі, зокрема видалялися крони дерев на лісоматеріалами. В результаті щільна хмара точок складається з 2 857 385 сполучених точок для сублокації 3.1 та 3 360 593 – для сублокації 3.2.



Рис. 3.19. Щільна хмара точок дослідного об'єкта № 3, сублокація № 3.2

Аерофотозйомка дослідного об'єкта № 4.

Аерофотозйомка виконувалася у три польотні місії над сублокаціями 4.1 – 4.3. Середня висота польоту 28,6 м з перекриття аерофотознімків 90 % під кутом 80° до землі.

Відкритість території та відсутність перешкод для польоту дозволили проводити польотні місії в автоматичному режимі з мінімальною участю оператора.

Загалом над дослідним об'єктом № 4 відзнято 429 аерофотознімків, відповідно: 4.1 – 29, 4.2 – 252, 4.3 – 148. На основі даних аерофотозйомки сформовано ортофотоплан всього дослідного об'єкта № 4 (рис.3.20), розширенням кодується в межах від 6,94 до 7,16 мм/пкс. Модель камери FC6310, яка має розширення 5472 x 3648 пікселів та фокусну відстань 8,8 мм, розмір пікселя 2,41 x 2,41 мкм.



Рис. 3.20 Ортофотоплан дослідного об'єкта №4. (1 – залишки деревообробної промисловості, 2 – обгорілі круглі лісоматеріали; 3 – купи тирси; 4 – круглі лісоматеріали)

Вирівнювання позицій зйомки та оцінка помилок накладені на ортофотоплани (рис. 3.21) де помилки розташування відносно горизонтальних осей (X,Y) відображаються формою конуса, а кольором відображається помилка по висоті (вісь Z). Чорні крапки відмічають розраховані позиції зйомки. Середні значення похибок характеризуються такими значеннями:

- сублокації 4.1, довгота вісь X – 52,8544 см, ширина вісь Y – 28,4751 см, висота вісь Z – 20,5528 см. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 60,0368 см. Загальна помилка по трьом осям – 63,4573 см;

- сублокації 4.2, довгота вісь X – 0,987961 м, ширина вісь Y – 1,36151 м, висота вісь Z – 0,455074 м. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 1,68219 м. Загальна помилка по трьом осям – 1,74266 см;

- сублокації 4.3, довгота вісь X – 52,2074 см, ширина вісь Y – 53,9987 см, висота вісь Z – 45,1354 см. Середня помилка по горизонтальних осях X Y – 75,11 см. Загальна помилка по трьом осям – 87,6253 см;

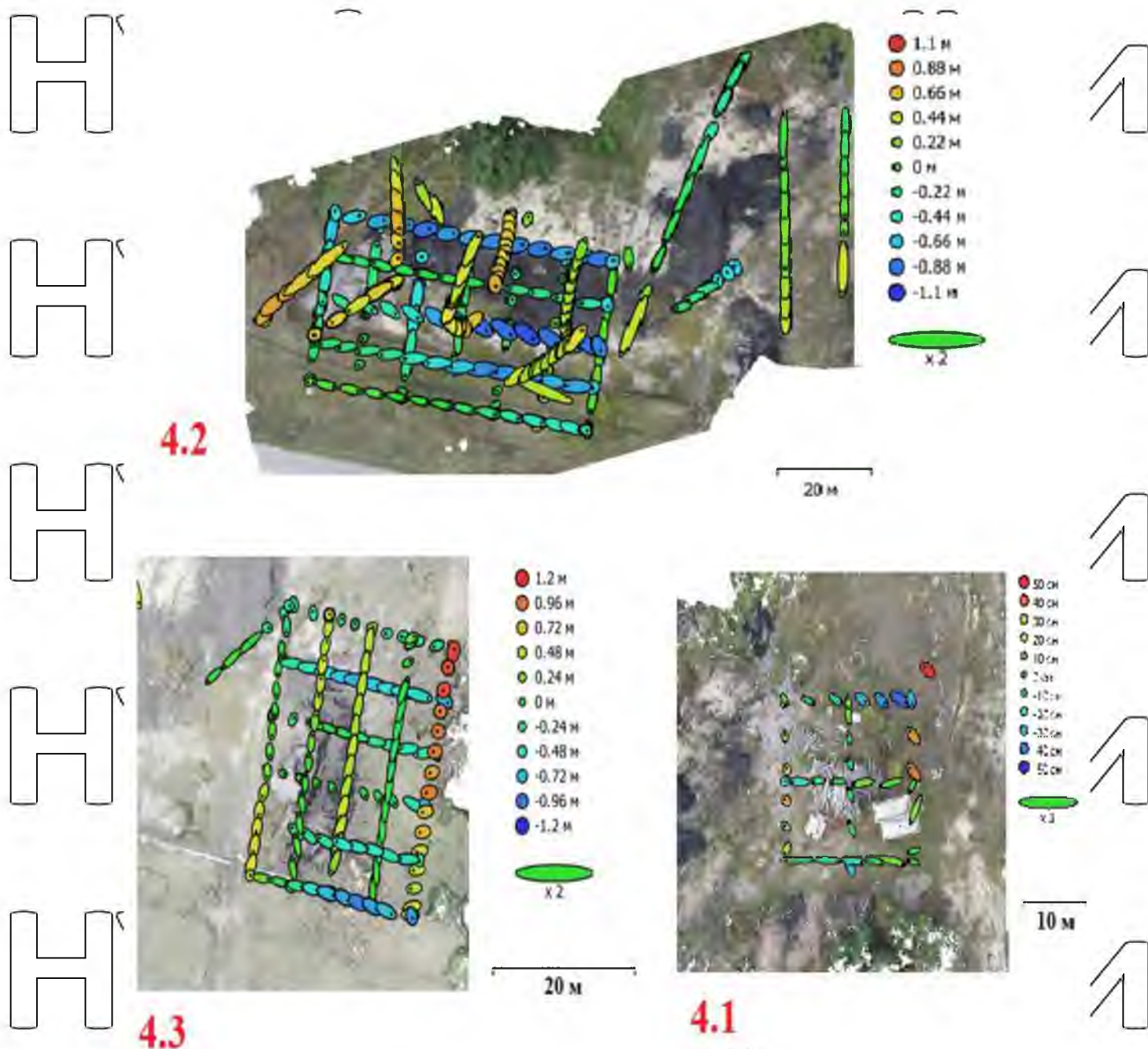


Рис. 3.21. Позиції камери та оцінка помилок аерофотозйомки дослідного об'єкта № 4 по субблоках.

Розраховані щільні хмари точок для субблоків налічують сублокація 4.1 – 353 815, сублокація 4.2 – 2 389 855 (рис. 3.22), сублокація 4.3 – 172 445.

Сублокація 4.2 містить обуглені залишки біомаси та золу після пожежі, що виникла у наслідок порушення.

НУБІП України

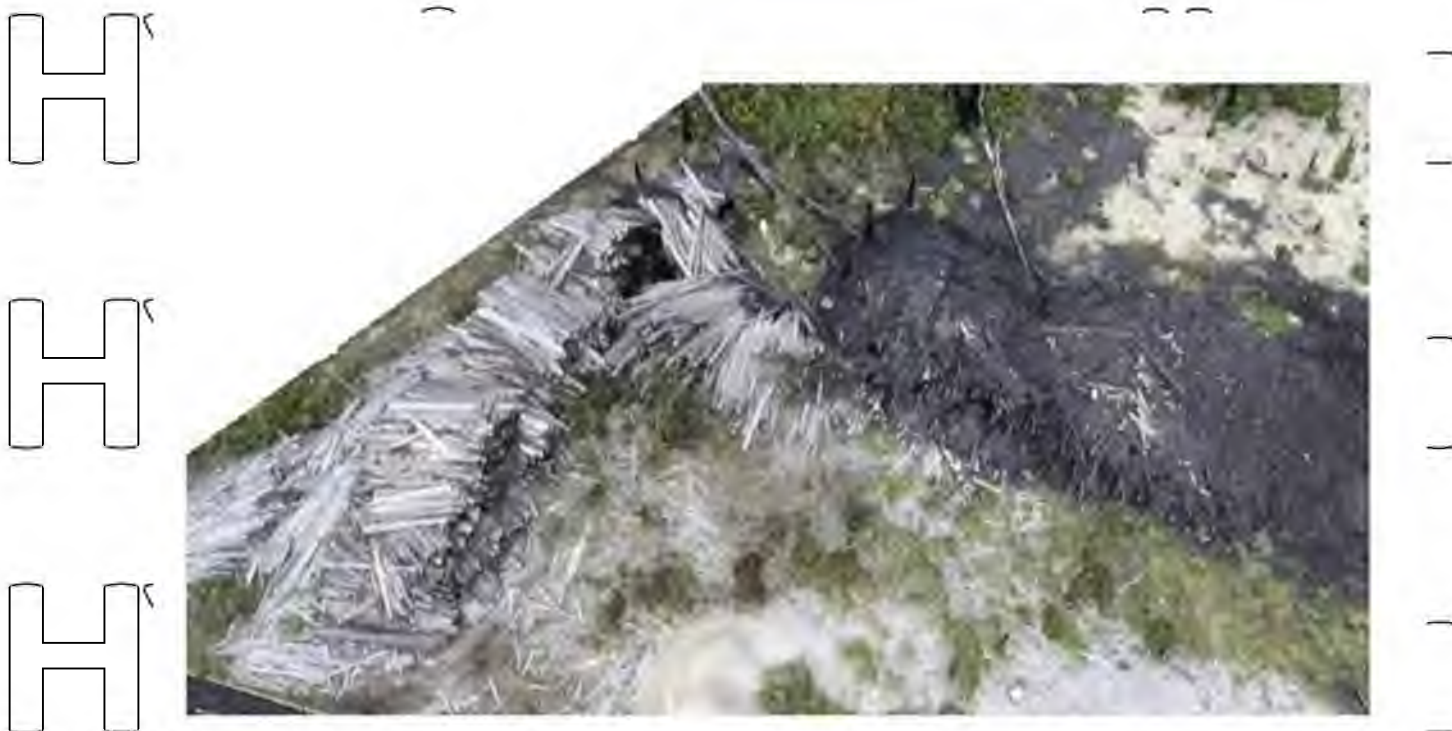


Рис. 3.22. Щільна хмара точок сублокації 4.2 дослідного полігону № 4

3.4. Опис контрольних навалів.

Для контролю отриманих значень об'ємів лісоматеріалів на дослідних об'єктах було виділено чотири контрольні навали (штабель, купа, розсип лісоматеріалів) для яких проведено ручне наземне вимірювання з використанням класичних методів лісової таксації. Кожний з контрольних навалів характеризує відповідну фракцію лісоматеріалів, що представлена в дослідженні, зокрема – це круглі лісоматеріали які складені у рівній штабель колод, штабель упакованих об'єктів, розсип залишків деревообробної промисловості (об'єктів) та розсип круглих лісоматеріалів різних розмірів.

Першим контрольним навалом є штабель 4 метрових круглих колод (рис. 3.23). Він розташований в межах дослідного об'єкту № 1. Його просторове розміщення та характер складування дозволив провести контрольні наземні вимірювання. Вони включають по колодний перелік з вимірюванням діаметрів колод для визначення об'єму в щільних метрах кубічних та визначення об'єму штабеля колод у складометрах через вимірювання висоти штабеля на кожний метр його довжини (табл. 3.2).



Рис. 3.23. Контрольний навал круглих лісоматеріалів.

Табл. 3.2

Об'єм лісопродукції за категоріями

Дослідний об'єкт	Сублокація	Об'єм лісопродукції у складових м ³	Контрольний облік. Об'єм лісопродукції у складових м ³	Відхилення, %
№1	1.1. Основна купа	2010		
	лісоматеріалів			
	1.2. Окремий	142	133	+6,7
	штатбель колод			
	Разом	2152	-	-

Наступним, контрольним навалом №2 є відокремлений стос обapolів та обрізків на дослідному об'єкті №3 (рис. 3.24).



Рис. 3.24. Контрольний навал залишків деревообробної промисловості. Лісоматеріали тут складені окремо зі збереженням пакування з деревообробного цеху. Вимірювання проводилось за методикою описаною вище для визначення об'єму штабелю лісоматеріалів, довжина обapolів в упакуванні складає 3 м (табл. 3.3)

НУБІП України

Табл. 3.3

Об'єм лісопродукції за категоріями

Дослідний об'єкт №2	Сублокація	Категорія	Об'єм лісопродукції у складових м ³	Контрольний облік. Об'єм лісопродукції у складових м ³	Відхилення, %
	2.1.	Деревина (обрізки і обаполи у стосах)	968	-	-
	2.2.	Гріска	444	-	-
	2.3.	Гирса	140	-	-
	Разом		1552	-	-
	Разом		3221	-	-
	Разом		2300	-	-

Контрольним навалом №3 є розкидані залишки деревообробної промисловості (обаполи) на дослідному об'єкті №4 (рис.3.25). Обаполи завдовжки 3 м на цьому дослідному об'єкті лежать не рівномірною купою, що спричиняє додаткові труднощі по вимірюванні їх об'єму. Тому тут використовувалися класичні методи геометрії для визначення об'єму тіл, тобто вимірювалась довжина, ширина, висота з врахуванням просторових особливостей вимірюваного об'єкта (табл. 3.4).



Рис. 3.25. Контрольний навал №3.

Табл. 3.4

Дослідний об'єкт	Сублокація	Об'єм лісопродукції за категоріями		Контрольний облік. Об'єм лісопродукції у складових м ³	Відхилення, %
		Об'єм лісопродукції у складових м ³	Об'єм лісопродукції у складових м ³		
№3	3.1. Деревина (обрізки та обалоги у стосах і купах)	60	1360	58	+6,8
	3.2. Деревина (обрізки, обалоги у стосах і купах та гілля)	1081	92		
	3.3. Тирса	393			
	Разом	3221			

Контрольний навал №4 є купа круглих лісоматеріалів різної довжини, форми та діаметрів (рис. 3.26). Як і в попередньому випадку відсутність порядку у складуванні спричиняє значні труднощі для визначення об'єму деревини в даному стосі. Вимірювання проводились відповідно до попереднього контрольного навалу (табл. 3.5).



Рис. 3.26. Контрольний навал лісопродукції №4.

Табл. 3.5

Дослідний об'єкт	Сублокація	Об'єм лісопродукції за категоріями		
		Об'єм лісопродукції у складових м ³	Контрольний облік. Об'єм лісопродукції у складових м ³	Відхилення, %
№4	4.1. Деревина	218	197	+10,6
	4.2. Окремий штабель колод	92	84	+9,5
	4.3. Деревина	195		
	4.4. Гріска	19		

4.5. Тирса	28		
Разом	552	-	-

Контрольний навал №5 є купа круглих та пиляних лісоматеріалів різної довжини, форми та діаметрів (табл.3.6)			
---	--	--	--

Табл. 3.6

Об'єм лісопродукції за категоріями

Дослідний об'єкт	Сублокація	Об'єм лісопродукції у складових м ³	Контрольний облік. Об'єм лісопродукції у складових м ³	Відхилення, %
№5	5.1.	1780	-	-
	5.2.	520	-	-
	Разом	2300	-	-

Вище наведені контрольні навали репрезентують всі форми зберігання круглих лісоматеріалів та об'єктів в даному досліді. Оскільки насипні матеріали (триска та тирса) мали різну щільність у насипах, то контрольного навалу для них не закладали. З цього природу потрібно зауважити, що практикою використання методів фотограмметрії по визначенню об'ємів насипних матеріалів, доведено переваги по точності та затратам часу.

3.5. Дані вимірювання об'ємів паливної деревини та порівняння з контрольними даними

Вимірювання проводилось по цифровим моделям місцевості, шляхом створення полігонів, які окреслюють об'єкт інтересу по периметру у відповідності до інструкції користувача [3].

Вимірювання на дослідних локаціях проводились для різних категорій,

зокрема деревина круглих лісоматеріалів різної довжини і діаметрів у купах та штабелях, обрізки деревини, тріска та тирса. Окремо здійснювався обмір продуктів горіння деревини, – золи, деревного вугілля.

Розходження по результатам вимірювання для першого контрольного навалу, штабелю 4 м колод на першому дослідному об'єкті, склала +6,7 % (сублокація 1,2 табл. 3.2) по відношенню до результатів одержаних наземними замірами.

Перевірка точності визначених об'ємів лісоматеріалів на інших контрольних навалах (сублокація: 3,1; 4,1; 4,2. табл. 3.2) в значній мірі була ускладнена нагромадженням та хаотичністю зберігання. Тим не менш, на всіх чотирьох контрольних сублокаціях було виявлено перевищення об'ємів, зокрема на останніх трьох, ці значення становили: +6,8 %, +10,6 %, +9,5 %, що з врахуванням даних по першому контрольному навалі, говорить про системність виникаючих помилок до завищення в межах 10 %.

За результатами обстежень по п'яти основним локаціям було встановлено наявність 9777 складових м³ деревини у вигляді круглих лісоматеріалів різної довжини і діаметрів у купах та штабелях, обрізків деревини, трісок та тирси.

Загальні висновки по використанню даного підходу до вимірювань об'ємів лісоматеріалів за допомогою БПНА та методів стереофотограмметрії на складських площадках характеризується достатньою точністю та високою оперативністю отримання інформації про об'єми деревної продукції. Додатково потрібно зазначити, що точність результатів вимірювання залежить від категорії деревини (колоди, обаполи, тирса) та характеру їх складування.

ВІСНОВКИ

1. Використання чинних стандартів та правил за якими ведеться таксація лісопродукції є неефективними при таксації продукції, яка зберігається на насипом чи навалом в дуже великих обсягах.

2. Великі обсяги продукції на підприємстві унеможливають проведення таксації лісопродукції за короткий проміжок часу та надання оперативної інформації власникам підприємства.

3. Проведення таксації лісопродукції традиційними методами економічно не вигідно, адже потребує залучення оптимальної кількості фахівців та сповільнення роботи виробництва.

4. Використання даних дистанційної оптичної зйомки та застосування стереограмметричних методів обробки даних дозволяє здійснювати оперативний господарський облік лісопродукції, яка зберігається навалом або на насипом.

5. Застосування безпілотних літальних апаратів для збору даних та методів фотограмметрії для їх обробки може бути ефективним та економічно вигідним способом для таксації біомаси для енергетичних цілей, яка зберігається навалом та на насипом.

6. Використання такого прикладного рішення може призводити до завищення показників об'єму лісопродукції до 10 % у випадках мінімальної повнодеревності навалів.

7. Застосування даних оптичної зйомки, зібраних за допомогою безпілотного літального апарату має перспективи ефективного використання для аналізу наслідків пожеж та втрати біомаси в наслідок таких антропогенних порушень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глобальні проблеми міжнародних економічних відносин : веб сайт. URL: <https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/pdf>
2. PHANTOM 4 V1.2 Інструкція по експлуатації : веб сайт. URL: https://dl.djiicdn.com/downloads/phantom_4/en/Phantom_4_User_Manual_v1.2.pdf
3. Лісова таксація : веб сайт. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/95312659.pdf>
4. Стереоскопическая съёмка : веб сайт URL: <https://studfile.net/preview/5050319/page:20/>
5. Нові національні стандарти якості деревини, гармонізовані з європейськими : веб сайт. URL: http://dklg.kmugov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=197384&cat_id=32888
6. В. В. Миронюк, В. А. Свинчук, А. М. Білоус, Р. Д. Василюшин. Лісова таксація : навч. посіб. К.: НУБіП України, 2019. – 220 с.
7. Світовий досвід правового регулювання безпілотників : веб сайт. URL: <http://eninfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/28939.pdf>
8. Застосування стереофотограмметричного методу для створення картматеріалів при проектуванні генеральних планів сільських населених пунктів : веб сайт. URL: <http://science.lpnu.ua/uk/istcgcap/vsi-vypusky/vypusk-74-2011/zastosuvannya-stereofotogrammetrychnogo-metodu-dlya-stvorennya>
9. Що таке ліквідна та неліквідна деревина? : веб сайт. URL: <https://xn--7sbca9bi5am6pg.xn--j1amh/novini/shho-take-likvidna-ta-nelikvidna-derevina.html>
10. Застосування лазерного сканування для виконання геодезичних робіт : веб сайт. URL: <https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/18/>
11. Класифікація хмарі точок і створення цифрової моделі місцевості в новій версії програми : веб сайт. URL: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/55718/2/http_ena_lp_edu_ua_8080_handle_ntb_55715_2020v1_39_Hrakholski_D-Classification_of_point_53-56.pdf
12. Основи геоінформатики: веб сайт. URL: <https://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Svitlichnij-O.O.-Plotnitskij-S.V.-Osnovi-geoinformatiki.pdf>

13. Про затвердження Правил відпуску деревини на пні в лісах України : веб сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-99-%D0%BF#Text>

14. Використання лісових ресурсів : веб сайт. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php>

15. Гром М.М. Лісова таксація Підручник. - 2-е вид., випр. і доп. - Львів: РВВ/НЛТУ України, 2007. - 416 с.

16. Пастернак В.П. П19 Лісова таксація: навч. метод. посіб. / В.П. Пастернак, В.В. Назаренко. – Харків: ХНАУ, 2019. – 111 с.

17. Лісова таксація конспект лекцій : веб сайт. URL: <https://studfile.net/preview/14799248/>

18. Пеньков В. О. Фотограмметрія : конспект лекцій для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / В. О. Пеньков; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. –

100 с.
19. Фотограмметрія – Photogrammetry : веб сайт. URL: <https://uk.hrvwiki.net/wiki/Photogrammetry>

20. Фотограмметрія – це сучасно України : веб сайт. URL: <http://kizman-tehn.com.ua>

21. Дорожинський О.Л., Тукай Р. Фотограмметрія Підручник Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. - 332 с.

22. Дорожинський О. Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія: Навч. посібник. — Львів: видавництво НУ «Львівська політехніка», 2002. — 164 с.

23. Дорожинський О. Л. Основи фотограмметрії: Підручник.-Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2003. — 214 с.

24. Лобанов А. Н. Фотограмметрия. — М.: Недра, 1984. — 372 с.

25. Аерофототопографічні та космічні зйомки. Види зйомок України : веб сайт. URL: <https://textbooks.com.ua/11-klas/geografiya11/1183-aerofototopografchn-ta-kosmchn-zyomki-vidi-zyomok.html>

26. Дрон, БПЛА и Квадрокоптер: сходства и отличия Украины : веб сайт.
URL:<http://www.rcteam.ru/dron-bpla-i-kvadrokopter-shodstva-i-razlichiya.html>

27. Глотов В., Гунина А. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для аэрономальных процессов. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. 2014. Вип. 2. С. 65-70.

28. Электронный облік деревини : веб сайт. URL:
<https://mukachevolis.com.ua/informatsiya/elektronyj-oblik-derevyny/>

29. ІНСТРУКЦІЯ з електронного обліку : веб сайт. URL:
<https://elobderev.blogspot.com/2013/03/1.html>

30. ДСТУ 2034-92 Відходи деревинні. Загальні технічні умови : веб сайт.
URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64556

31. Постанова, Порядок від 04.12.2019 № 1142 : веб сайт. URL:
<https://ips.ligazakon.net/document/kp191142?an=11>

32. Хилько М. І. Х45 Екологічна безпека України: Навчальний посібник / М. І. Хилько. – К., 2017. – арк.

33. Кушпіт А. С., Чопенко Н. Ф., Попович В. Д., довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва: довідник, 2019. – 132с.

34. ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ : веб сайт. URL:
<https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/monographs/article/view/8531>

35. Камеры для беспилотников : веб сайт. URL:
<https://terrardrones.ru/catalog/cameras/>

36. Лесное хозяйство : веб сайт. URL: <https://www.ab-aero/use/lesnoe-khozyaystvo/>

37. Беспилотный летательный аппарат : веб сайт. URL:
БПЛА (дрон) <https://www.tadviser.ru/index.php>

38. УСТРОЙСТВО БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <https://skvot.2035.university/ustrojstvo-bpla>

39 «DJI Phantom.» : веб сайт. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/DJI_Phantom

40. Что такое Active Track и чем он отличается от Follow Me : веб сайт.
URL: <https://drongeek.ru/novichkam/chto-takoe-active-track-i-chem-on-otlichaetsya-ot-follow-me>

41. Draw – рисование изображений : веб сайт. URL:
<https://cubook.pro/manual-c/methods/draw>

42. ЕЛЕКТРОННИЙ ОБЛІК ДЕРЕВИНИ : веб сайт. URL:
<https://www.latschbacher.com.ua>.

43. 43. Електронний облік деревини. : веб сайт. URL:
<https://sheplis.com.ua/naprjami/elektronnii-oblik-derevini.html>

44. ПРИЛАДИ ДЛЯ ФІЗИЧНИХ СПОСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ДЕРЕВИНИ. : веб сайт. URL: <https://sdamzavas.net/1-16232.html>

45. Кичилок О. В. Лісова таксація. Методичні рекомендації до лабораторних та розрахункових робіт для студентів спеціальності 205 «Лісове

господарство»/О. В. Кичилок, В. В. Миронюк, А. І. Сольманчук, В. П. Войтюк, В. В. Андреева, М. О. Шепелюк. Луцьк, 2021. 80 с.

46. Стереометричні способи таксації : веб сайт. URL:
http://ni.biz.ua/13/13_17/13_171439_stereometricheskie-sposobi-taksatsii.html

47. Визначення площі поперечних перерізів : веб сайт. URL:
<https://lektsii.org/5-2432.html>

48. Как работает электронный учет древесины: пример Закарпаття: веб сайт. URL:<https://lisderevmash.ua/ru/kak-rabotaet-yelektronnyy-uchet-dreves/>

49. Система електронного обліку деревини в Україні Концепція . : веб сайт.
URL: <https://www.golovbukh.ua/article/8336-elektronniy-oblk-derevini-v-ukran>

50. Круглі лісоматеріали класифікуватимуть за новими правилами : веб сайт. URL: <https://sts.sumy.ua/society/krugli-lisomateriali-klasi-fikuivatimut-za-novimi-pravilami.html>