

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра аграрної та лісової інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Розроблення заходів з удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва Філії “Карпатський лісовий офіс” ДП “Ліси України” з впровадженням перспективних технологій

Виконав: студент групи ЛІ-61м
спеціальності 205 Лісове господарство,
освітньо-професійної програми
Лісова інженерія
Мицко М. І.

Керівник: Цимбалюк Ю. І.

Рецензент: Стиранівський О. А.
(прізвище та ініціал)

м. Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра аграрної та лісової інженерії


Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Спеціальність 205 Лісове господарство

Освітньо-професійна програма Лісова інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри АЛІ

 доц. Бакай Б. Я.

“01” жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мицку Мирославу Іллічу

1. Тема роботи Розроблення заходів з удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва Філії “Карпатський лісовий офіс” ДП “Ліси України” з впровадженням перспективних технологій.

керівник роботи Цимбалюк Юрій Іванович, канд. техн. наук,
 затверджені наказом університету від “29” липня 2025 року № C-461

2. Термін подання студентом роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи базове підприємство – Львівське надлісництво Філії “Карпатський лісовий офіс” ДП “Ліси України”; об’єкт дослідження – технологічний процес лісосічних робіт; предмет дослідження – основні лісосічні роботи рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісів у Львівському надлісництві.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Природні умови та господарча діяльність Львівського надлісництва Філії «Карпатський лісовий офіс»

2. Розроблення заходів удосконалення технології лісосічних робіт для умов Львівського надлісництва

3. Науково-дослідна частина

4. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

1. Технологічні схеми розробки лісосік.

2. Результати теоретичного дослідження.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Цимбалюк Ю. І., доцент кафедри	 02.10.25	 20.10.25
2	Цимбалюк Ю. І., доцент кафедри	 21.10.25	 17.11.25
3	Цимбалюк Ю. І., доцент кафедри	 18.11.25	 02.12.25

7. Дата видачі завдання 02.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Природні умови та господарча діяльність Львівського надлісництва Філії «Карпатський лісовий офіс»	02.10.2025-20.10.2025 р.	
2	Розроблення заходів удосконалення технології лісосічних робіт для умов Львівського надлісництва	21.10.2025-17.11.2025 р.	
3	Науково-дослідна частина	18.11.2025-08.12.2025 р.	
4	Формування висновків та оформлення кваліфікаційної роботи	09.12.2025-15.12.2025 р.	

Студент


(підпис)

Мицко М. І.

Керівник роботи


(підпис)

Цимбалюк Ю. І.

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота магістра: 71 с., 3 ч., 4 табл., 4 рис., 3 дод., 17 літературних джерел.

Тема: Розроблення заходів з удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва Філії «Карпатський лісовий офіс» ДП «Ліси України» з впровадженням перспективних технологій.

Ключові слова: сортимент, трелювання, сортиментна технологія, лісосіка, підтрелювання, намет лісу, штучно створені лісові насадження.

Об'єкт дослідження: технологічний процес лісосічних робіт

Предмет дослідження: основні лісосічні роботи рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісів у Львівському надлісництві

Мета роботи: – Розроблення заходів з удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт з впровадження перспективних технологій, які забезпечують стале лісокористування на тривалий період.

Методи дослідження – виконання літературного огляду за темою сталого лісокористування в лісах України та Західної Європи і ознайомлення з проблемами, які при цьому вирішуються;

– системне, різностороннє дослідження технологічного процесу лісосічних робіт у Львівському Над лісництві Філії «Карпатський лісовий офіс»;

– розроблення технологічного процесу лісосічних робіт для умов Львівського Надлісництва з використанням передових технологій та машин і порівняльний аналіз його з існуючим процесом;

– використання емпіричних досліджень та математичного апарату вищої математики для математичного моделювання окремих виробничих ситуацій.

Перший розділ роботи стосується загального аналізу території надлісництва, його лісосировинної бази та аналізу виробничих показників роботи за останній звітний період. На основі зазначеної інформації та результатах літературного огляду за темою роботи, було проаналізовано основні недоліки в організації процесу лісосічних робіт, які доцільно усунути, беручи за основу передові практики кращих лісових господарств країни і використовуючи досвід розвинених європейських країн, наукові дослідження спеціалізованих навчальних закладів та дослідних інститутів.

У другому розділі викладені проєктні розрахунки, які стосуються організації лісосічних робіт в господарстві, орієнтуючись на широке впровадження найбільш перспективних технологій, що відповідають лісоексплуатаційним умовам надлісництва. Подані теоретичні розрахунки, що стосуються отримання додаткової деревної сировини у вигляді тріски, внаслідок пробки доступних для збору лісосічних відходів.

Третій розділ роботи присвячений теоретичному дослідженню трелювання деревини в насадженні з використанням для цього малогабаритних механізованих трелювальних засобів. Отримані певні результати, що дозволяють аналізувати ефективність застосування певної техніки та способу трелювання на конкретній лісовій площі.

ABSTRACT

Master's final qualification work: 71 p., 3 h., 4 tables, 4 figures, 3 appendices, 17 references.

Topic: Development of measures to improve the technological process of logging operations in the conditions of the Nadvirna Forestry Department of the Carpathian Forest Office Branch of the SFE Forests of Ukraine with the introduction of promising technologies.

Keywords: assortment, skidding, assortment technology, logging, skidding, forest canopy, artificially created forest plantations.

Object of research: technological process of logging operations

Subject of research: main logging operations of main use felling and felling of formation and rehabilitation of forests in the Lviv Forestry Department

Purpose of work: - Development of measures to improve the technological process of logging operations with the introduction of promising technologies that ensure sustainable forest use for a long period.

Research methods – conducting a literature review on the topic of sustainable forest management in the forests of Ukraine and Western Europe and familiarizing yourself with the problems that are being solved in this process;

– systematic, multifaceted research of the technological process of logging operations in the Lviv Forestry Department of the Carpathian Forest Office Branch;

– development of a technological process of logging operations for the conditions of the Lviv Forestry Department using advanced technologies and machines and comparative analysis of it with the existing process;

– use of empirical research and mathematical apparatus of higher mathematics for mathematical modeling of individual production situations.

The first section of the work concerns a general analysis of the territory of the forestry department, its forest raw material base and analysis of production indicators for the last reporting period. Based on the above information and the results of the literature review on the topic of the work, the main shortcomings in the organization of the logging process were analyzed, which should be eliminated, taking as a basis the best practices of the country's best forestry enterprises and using the experience of developed European countries, scientific research of specialized educational institutions and research institutes.

The second section presents design calculations related to the organization of logging operations in the farm, focusing on the widespread implementation of the most promising technologies that meet the forest exploitation conditions of forestry. Theoretical calculations are presented regarding the production of additional wood raw materials in the form of chips, as a result of the plug of logging waste available for collection.

The third section of the work is devoted to the theoretical study of wood skidding in a stand using small-sized mechanized skidding equipment for this. Certain results were obtained that allow analyzing the effectiveness of using a certain technique and method of skidding on a specific forest area.

ЗМІСТ

Вступ.....	10
1. ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЬВІВСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА ФІЛІЇ «КАПАТСЬКИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС»	12
1.1. Інформація про природні умови та загальна характеристика району розміщення господарства.....	12
1.1.2. Рельєф території та її гідрологічна характеристика.....	12
1.1.3 Кліматична картина зони розміщення господарства.....	14
1.2 Характеристика лісів Львівського надлісництва.....	15
1.3 Організація та реалізація планових лісогосподарських заходів в лісах надлісництва.....	17
1.3.1 Організація та технологія виконання рубок в господарстві	17
1.3.1 Організація та технологія виконання рубок в господарстві.....	17
1.3.2 Заходи пов'язані з відновленням лісових насаджень.....	19
1.3.3 Заходи пов'язані з протипожежною безпекою.....	20
1.3.4. Зведені виробничі показники роботи Львівського надлісництва за звітний 2025рік.....	21
1.4. Формування заходів для удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва.....	22
1.5. Огляд технологій виконання різних рубок.....	24
2. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІСОСІЧНИХ РОБІТ ДЛЯ УМОВ ЛЬВІВСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА.....	28
2.1. Стан та прогнозування річних об'ємів робіт.....	28
2.2. Засади організації виробничого процесу лісосічних робіт.....	29
2.3. Розроблення заходів для покращення виробничого процесу лісосічних робіт у Львівському надлісництві.....	31
2.3.1 Прийнятні системи рубки та раціональні розміри лісосік.....	31
2.3.2 Технологія виконання рубок та розміри лісосік.....	34
2.3.3 Підбір систем машин для основних лісосічних робіт в лісоексплуатаційних умовах Львівського надлісництва.....	35

2.3.4	Організація робочого часу та проектні об'єми виробництва.....	38
2.3.5	Визначення розрахункової продуктивності та формування системи лісосічних машин.....	39
2.4.	Розрахунок загальної об'ємної маси доступних для переробки лісосічних відходів.....	52
2.5	Основні вимоги охорони праці, збереження довкілля та безпека в надзвичайних ситуаціях при виконанні лісосічних робіт.....	54
2.5.1.	Охорона праці та техніка безпеки на лісосічних роботах.....	54
2.5.2.	Заходи протипожежної безпеки.....	55
2.5.3	Заходи зі збереження довкілля.....	56
2.6.	Підсумовуючі результати заходів спрямованих на удосконалення лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва.....	57
3.	НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	59
3.1	Актуальність дослідження.....	59
3.2	Математична модель зміни напрямку руху трелювальної системи в насадженні	60
	Висновки	65
	Література.....	66
	Додатки.....	68

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема відтворення та розширення площі лісових насаджень на сьогодні гостро стоїть перед більшістю країн Європи, яка переросла вже давно у проблему світового масштабу. Незважаючи на значні зусилля для покращення лісистості території, що прикладаються багатьма країнами цей процес рухається дуже повільно, а іноді не приносить будь яких позитивних зрушень. Причиною цього є все більше зростання попиту на деревину та деревні ресурси, що спричиняє вирубування лісів на значних площах, після чого не завжди вдається відновити на них якісне лісове насадження. Не меншою проблемою стає вирубування та поступове зникнення природних лісів, так званих пралісів, які і слугували певним фундаментом для відродження стійких лісових насаджень.

Одним із напрямків вирішення проблеми дефіциту деревини з метою зниження її вартості є вирощування плантаційних насаджень сформованих із швидкоростучих деревних порід. Такий підхід, несе характер міни сповільненої дії, що в майбутньому призведе до повного виснаження ґрунту та вироджування місцевих природних порід дерев. Основою лісових насаджень мають бути багаторічні породи дерев, що генетично відповідають природним умовам певної місцевості. Знищення місцевих пралісів в будь якому регіоні, призведе до втрати генетичного зв'язку дерев із певною місцевістю, який не зможуть відновити аналогічні породи дерев із іншого регіону.

Відповідальність за збереження та відтворення природних лісових багатств, сьогодні лежить на працівниках лісового господарства. Неабияке важливе значення мають в цьому процесі інженерні кадри у функціональні обов'язки яких входить організація та побудова технологічного процесу рубок. Застосування та впровадження на практиці передових науково обґрунтованих підходів до технології виконання рубок, дозволить суттєво зменшити негативні наслідки для насадження та зберегти лісове середовище на площі, що стане запорукою відтворення здорового лісу із місцевих лісових порід дерев.

Лісогосподарські заходи, які реалізуються в лісових господарствах, повинні ґрунтуватися на засадах ведення лісового господарства близького до природного. Саме такі технології виконання рубок, які відповідають ознакам ведення лісового господарства близького до природного повинні широко впроваджуватися на виробництві. Можливість їх реалізації забезпечує широка гама спеціалізованої лісової техніки, яка пропонується відомими і не тільки виробниками.

Побудований технологічний процес лісосічних робіт на сьогодні має ґрунтуватися не на загальних природних умовах певного регіону, а має враховувати локальні умови площі лісосіки. Тільки так, можна закласти тенденцію до стійкого збереження та відтворення лісів, що відповідатиме основним принципам сталого ведення лісового господарства.

1. ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛЬВІВСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА ФІЛІЇ «КАПАТСЬКИЙ ЛІСОВИЙ ОФІС»

1.1. Інформація про природні умови та загальна характеристика району розміщення господарства

Львівське Надлісництво, що відноситься до Філії «Карпатський лісовий офіс» ДП «Ліси України», організоване у 2025 році і прийняло до свого складу території Філії «Львівського лісового господарства», Філії «Жовківського лісового господарства», Філії «Бібрського лісового господарства» та територію Філії «Рава-Руського лісового господарства». Таким чином, на сьогоднішній день, дане господарство є одним із найбільших в складі «Карпатського лісового офісу». На основі інформації про загальну площі філій лісового господарства, що утворили Львівське Над лісництво, можна говорити, що його загальна площа території становить 117932га. Лісові насадження новосформованого Львівського Надлісництва характеризуються великою породною та віковою різноманітністю, а площа території різним рельєфом та гідрологією ґрунтів і відноситься, згідно фізико-географічного районування, до західноукраїнського лісостепового округу.

Головний адміністративний офіс Львівського Над лісництва розміщується за адресою: м. Винники, Львівського району, Львівської області.

1.1.2. Рельєф території та її гідрологічна характеристика

Незважаючи на певні локальні підвищення чи пониження рельєфу, загалом рельєф території Львівського Надлісництва можна характеризувати як рівнинний. В окремих лісництвах є перехідні ділянки між рівнинним та горбистим або навіть з ознаками гірської місцевості, як до прикладу, територія природного заказника Розточчя де схили сягають 15° ... 25° . Найвищі відмітки місцевості можна спостерігати на водорозділі, де висота окремих ділянок над рівнем моря становить 370...380. В цьому місці формуються притоки таких великих річок як Західного Бугу, Сяну та Дністра. Більша частина території

розміщується в басейні річки Дністер, що і повпливало на формування складу ґрунту та гідрологію ґрунтів в цілому. Серед основних типів ґрунтів, які є найбільш розповсюдженими, можна виділити лесовидні ґрунти, леси, а також ґрунти, що характеризуються як пороховидні середні і напівважкі суглинки. До таких ґрунтів можна віднести сірі та темно сірі лісові ґрунти на яких добре зростають твердолистяні лісові насадження.

Характерними місцями концентрації суглинистих ґрунтів є заболочені долини рік та заплави рік або інші пониження заболоченої місцевості. Загалом, територію новоствореного Надлісництва, можна характеризувати, як добре насичену як малими так і середніми річками, які в основному мають відношення до Дністровського басейну. Це головним чином впливає також на рівень вологості ґрунтів на території господарства. В переважній більшості ґрунтові води залягають на глибині 2-х...3-х метрів, хоча на окремих ділянках виходять на поверхню формуючи заболочені ділянки. В деяких лісництвах господарства такі ділянки займають більше 13% площі і в останні роки спостерігається тенденція до їх збільшення. На заболочених ділянках спостерігається формування торф'яного шару потужністю до 2-х метрів.

На понижених ділянках місцевості формуються дернові та дерново-болотні ґрунти. Загалом територія Львівського Надлісництва характеризується свіжими та вологими ґрунтами. До основних типів ґрунту слід віднести світло-сірі лісові легко суглинисті ґрунти, підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти, рідше піщані чи супіщані. Такі типи ґрунтів є місцем зростання найбільш невибагливих лісових порід дерев, якими є береза та сосна звичайна. Із підвищенням родючості ґрунтів, соснові лісові насадження змінюються змішаними сосново-дубовими та сосново-дубово-буковими чи буковими.

На території новоствореного господарства є наявні як природні водні об'єкти у вигляді озер так і велика кількість і загальна площа штучних водних об'єктів у вигляді ставків. Заболочені ділянки, що перетворилися на болота, характеризуються як низові болота.

1.1.3 Кліматична картина зони розміщення господарства

Загальна характеристика кліматичних показників району розміщення території підприємства відповідає температурним показникам помірно-континентального клімату з довгою але досить теплою зимою, порівняно коротким і прохолодним літом, значною кількістю опадів та частими туманами.

Серед негативних кліматичних чинників, що найбільше впливають на розвиток та вегетацію деревної рослинності, слід виділити сильні вітри швидкістю понад 15м/с, що часто спричиняють вітровали, зокрема в чистих соснових насадженнях, які зростають на сирих та вологих ґрунтах. Загальна характеристика кліматичних показників району розміщення території підприємства відповідає температурним показникам помірно-континентального клімату з довгою але досить теплою зимою, порівняно коротким і прохолодним літом, значною кількістю опадів та частими туманами.

Таблиця 1.1 – Річні кліматичні показники району розташування Львівського Надлісництва

Назва показника	Одиниця виміру	Значення	Дата
1	2	3	4
1. Температура повітря:			
– середньорічна	град.	+7,4	–
– абсолютна максимальна	град.	+35,5	–
– абсолютна мінімальна	град.	–32,2	–
2. Кількість опадів за рік	мм	569	–
3. Загальна тривалість вегетаційного періоду	дні	209	–
4. Дата останніх весняних заморозків	–	–	26.05.
5. Дата перших осінніх заморозків	–	–	29.09.
6. Середня дата замерзання річок	–	–	15.12.
7. Середня дата початку повеней на річках	–	–	25.03.
8. Сніговий покрив:	–	–	–
– потужність	см	20	–
– час появи	–	–	16.12.
– час сходу снігу в лісі	–	–	26.03.

продовження таблиці 1.1			
1	2	3	4
9. Глибина промерзання ґрунту	см	25	–
10. Напрямок переважаючих вітрів:	–	–	–
– зимових	румб	ПнЗ	–
– весняних	румб	ПдС	–
– літніх	румб	ПдС	–
– осінніх	румб	Зх	–
11. Середня швидкість переважаючих вітрів:	–	–	–
– зимових	м/с	4,6	–
– весняних	м/с	3,6	–
– літніх	м/с	3,0	–
– осінніх	м/с	5,0	–
12. Середня річна відносна вологість повітря	%	61	–
13. Середня кількість посушливих днів в році	дні	11-33	–
14. Річна кількість днів із зливовими дощами	дні	5-10	–

Різкі не характерні для певної пори року температурні коливання, що негативно впливають на молоді рослини, зокрема це пізні весняні заморозки та ранні осінні. В зимову пору року за умови значних снігопадів та різких коливань температур, виникають сніголами, особливо в хвойних лісових насадженнях. Льодостав на річках розпочинається в другій декаді грудня або на початку січня. Середня криги коливається від 10 до 90 см. Скресують річки наприкінці лютого – початку березня.

Загальні температурні показники є сприятливими для зростання найбільш поширених на цій території деревних порід, таких як сосна звичайна, ялина, ялиця, модрина, дуб, бук, ясен та ін.

1.2 Характеристика лісів Львівського надлісництва

Загальна покрита лісом площа господарства сягає 117932га і характеризується, як компактним розміщенням лісових насаджень так і певним

розосередженням по площі в окремих лісництвах. Також ліси характеризуються дуже нерівномірним розподілом за класами віку в силу певних чинників, що накладає відбиток на розподіл по породах за відповідними групами віку. За віковою структурою, ліси господарства є нерівномірні, значну площу складають пристигаючі насадження, стиглі та перестиглі ліси.

Породний склад лісових насаджень в основному відповідає природним умовам зростання, хоча є породи дерев, які не відповідають місцевим природним умовам, а відповідно не є промисловими породами. Такі насадження розміщуються на площі 276,3га або займають 1,9% площі земель вкритих лісовою рослинністю і представляють потенційний фонд для проведення рубок реконструкції та рубок догляду з метою зміни порід. В складі лісових насаджень підприємства є породи дерев, які не мають промислового значення і займають площу приблизно 1,5% від загальної площі земель вкритих лісовою рослинністю. Ці насадження представлені такими деревними породами як сосна Банка, сосна Веймутова, ялина європейська, дуб червоний, клен польовий, акація біла, липа дрібнолиста, тополя біла, верба біла, бархат амурський та ін..

Згідно таксаційних даних, лісові насадження господарства переважно є штучного походження, в першу чергу це стосується хвойних порід дерев і відносяться до першого лісотаксаційного поясу. В породній структурі переважають хвойні ліси, їх частка становить більше 80%, серед яких найбільше соснових. Серед листяних насаджень переважають деревостани, де головною породою є дуб північний, бук лісовий та ясен. Середній запас покритої лісом площі – 328 м³/га.

У лісовому фонді господарства є також території, що відносяться до заповідних. До таких об'єктів відноситься заказник місцевого значення «Романівський», площею 482га і «Свірзький», який займає площу 451га. Всі ліси господарства відносяться до рівнинних, а за категоріями захисту поділяються на лісопаркові та експлуатаційні.

1.3 Організація та реалізація планових лісогосподарських заходів в лісах надлісництва

Серед найбільш вагомих лісогосподарських заходів, що провадяться в лісах надлісництва протягом року є рубки головного користування та рубки формування та оздоровлення лісів. Згідно планових розрахунків, загальний річний обсяг заготівлі деревини по Львівському Надлісництву на 2025 рік, становить в межах 150тис.м³, де на долю рубок головного користування має приходиться 88,5363тис.м³ деревини, а обсяг деревини від рубок формування та оздоровлення лісових насаджень до кінця року становитиме 61,472тис.м³.

До виконання зазначеного річного об'єму робіт, господарство залучає приватних підприємців, а частину робіт виконує власними виробничими потужностями. Так, лісосіки рубок головного користування освоюються виключно приватними заготівельними бригадами в той час, як на рубках догляду працюють також і залучені господарством сезонні і постійні працівники. Надлісництво своїми силами виконує також роботи пов'язані із доглядом за новоствореними лісовими культурами, аж до часу переведення їх в покриті лісом площі. Догляд за площами з природним відновленням лісу також виконується силами та ресурсами надлісництва.

1.3.1 Організація та технологія виконання рубок в господарстві

Рубки головного користування складають вагому частку в загальному об'ємі обсягів заготовленої деревини протягом року. Цей об'єм складає, як зазначено вище, майже 89,0тис.м³, що формує основне джерело надходження ділової деревини, а відтак і головний фінансовий потік господарства. Виконання зазначених рубок покладене на приватні лісозаготівельні бригади, контроль за роботою яких виконують відповідні працівники надлісництва, як і приймання площі після завершення робіт. Лісозаготівельний процес завершується виконанням передбачених на площі робіт для забезпечення природного чи штучного відновлення лісового насадження.

Рівнинні умови надлісництва, дозволяють застосовувати класичні технології виконання рубок, що ґрунтуються на використанні ручних механізованих інструментів та наземної самохідної техніки для переміщення деревини в межах лісосіки. Під час робіт на лісосіці, приватними бригадами використовується, зокрема, для трелювання деревини як спеціалізована техніка так і техніка загального призначення.

Рубки головного користування в господарстві виконують реалізуючи різні системи, включно із суцільною, хоча така система рубки найчастіше застосовується під час санітарних рубок. Останнім часом господарство переходить на поступову систему рубки або вибірковою в залежності від вікової характеристики насадження.

Розробку лісосік виконують в основному пасіками середньої ширини до 35м із прокладанням в зручних місцях трелювальних шляхів або без прокладання таких, так щоб була можливість охопити всю площу лісосіки із застосуванням наявного трелювального обладнання. Трелювальні шляхи спеціально не прокладають на площах із сухими ґрунтами, які дозволяють вільний рух техніки в усіх місцях.

Для зрізання дерев і виконання наступних операцій з їх механічної обробки, типовими механізмами є бензиномоторні пилки різних виробників. Зазвичай однією бензопилою виконують кілька суміжних операцій, найчастіше зрізання дерева і гілок. Наступна операція зазвичай виконується в іншому місці лісосіки після трелювання стовбура.

Трелювання деревини виконують колісними тракторами, переважно середнього класу тяги, хоча можуть застосовуватися і легкі трактори вітчизняних чи європейських виробників. Найчастіше така техніка не має спеціального обладнання або має найпростіше.

В якості допоміжного виду трелювання, а в окремих випадках головного, широко використовують коні. За допомогою коней виконують підтягування деревини на невелику відстань для подальшого трелювання технікою. Деревину при цьому переміщують волоком.

Під час проведення рубок формування і оздоровлення лісів, основним видом трелювання є кінне за виключенням виконання таких рубок як прорідження та прохідні, де є всі умови для використання колісних тракторів, які можуть переміщуватися між деревами заїжджаючи на певну відстань в лісове насадження. При цьому використовуються трелювальні шляхи, які закладаються ще на етапі виконання рубок догляду в молодих насадженнях або ще на етапі створення лісових культур.

Після зрізування дерев бензопилою наступними операціями, що виконуються цим інструментом є зрізання гілок та кряжування стовбурів. Деревину трелюють майже виключно у вигляді сортиментів на тимчасові проміжні склади чи площадки біля лісовозної дороги чи магістрального волока.

Під час виконання рубки освітлення, зрізані молоді деревця трелюють виключно кіньми або відразу їх укладають вручну в невеликі штабелі для спалювання чи рідше – переробки. Така сировина в господарстві поки, що не має постійних споживачів.

Вся заготовлена деревина, вивозиться з лісосіки виключно у вигляді сортиментів із використанням автомобільного транспорту, що має індивідуальні завантажувальні механізми.

1.3.2 Заходи пов'язані з відновленням лісових насаджень

Заліснення лісових площ пройдених суцільними рубками головного користування або суцільними санітарними рубками, відбувається шляхом висаджування лісових культур. Для вирощування якісного садивного матеріалу, використовуються відкриті лісові розсадники, а збір лісового насіння носить системний характер на площах із плюсовими насінєвими деревами.

Залежно від конкретних локальних умов, в першу чергу від родючості ґрунту та його тренованості, висаджують сіянці хвойних або твердолистяних деревних порід. Серед твердолистяних деревних порід перевага віддається дубу черешчатому, який становить майже 56,6% і буку лісовому (європейському), доля якого на заліснених площах становить понад 40%. Саме ці деревні породи

і є переважаючими серед головних лісоутворюючих порід дерев. Сіянци хвойних деревних порід преставлені переважно, сосною звичайною та ялиною.

Висаджування сіянців під час заліснення площ, відбувається після попередньої підготовки ґрунту, переважно часткової, смугової із застосуванням навісних ґрунтообробних знарядь, таких як культиватори та плуги. Безпосереднє садіння культур є процес частково механізований із застосуванням садильних машин типу МЛУ-1, але переважно вручну із застосуванням «меча Колесова». Висаджування культур вручну, однозначно забезпечує їх кращу приживлюваність на площі. До цього процесу часто залучаються учні старших класів найближчих доколішніх сіл.

1.3.3 Заходи пов'язані з протипожежною безпекою

Організація заходів з попередження та боротьби з лісовими пожежами на підприємстві відпрацьована на високому рівні. Попереджувальні заходи направлені на зменшення ймовірності виникнення лісових пожеж і полягають в першу чергу в постійному інформуванні населення про небезпеку виникнення лісових пожеж. Регулярне поновлення протипожежних мінералізованих смуг в лісових насадженнях також суттєво зменшує ймовірне виникнення лісових пожеж.

Постійне патрулювання лісових насаджень, в першу чергу хвойних, особливо в літньо-осінній період, також дає свої позитивні результати, особливо в місяцях масового літнього відпочинку місцевого населення. Для цього в лісгоспі є штат із 15 осіб інспекторів з охорони лісів та шість патрульних груп, а в лісництвах розроблені оперативні плани гасіння лісових пожеж. Крім того, із жителів навколишніх населених пунктів сформовано 30 добровільних пожежних дружин, в складі яких нараховується більше 300 людей

Відповідно до існуючої шкали розподілу лісових насаджень за класами пожежної небезпеки, переважна більшість лісових насаджень підприємства відносяться до III класу пожежної безпеки. Найвищий коас пожежної небезпеки

зберігається в тих лісництвах, а саме в Свіржському та Старосільському, де переважають хвойні лісові насадження.

Для безпосередньої боротьби з лісовими пожежами на підприємстві організована дозорно-сторожова служба та три опорні протипожежні пункти забезпечені відповідними технічними засобами гасіння лісових пожеж та пожежним інвентарем. Більш простими засобами гасіння забезпеченні всі лісництва підприємства.

1.3.4. Зведені виробничі показники роботи Львівського надлісництва за звітний 2025р.

Узагальнені показники виробничої діяльності господарства протягом певного періоду, необхідні для проведення необхідних проектних розрахунків пов'язаних із вдосконаленням технологічного процесу лісосічних робіт.

Таблиця 1.2 – Основні дані організації виробничого процесу лісосічних робіт у 2025 році

Назва показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
1. Загальний річний об'єм заготівлі деревини	м ³	150000,0
2. Рубки головного користування	м ³	88536,0
3. Рубки формування і оздоровлення лісів	м ³	61472,0
5. Середній запас деревини на 1га:	м ³ /га	
- рубки головного користування	-//-	248,5
- рубки формування і оздоровлення лісів	-//-	36,8
6. Середній об'єм стовбура:	м ³	
- рубки головного користування	-//-	0,98
- рубки формування і оздоровлення лісів	-//-	0,35
7. Середній склад лісових насаджень		
- рубки головного користування	-	6С2Бк2Д
- рубки формування і оздоровлення лісів	-	4С4Бк2Д
8. Спосіб вивезення деревної сировини	-	сортименти.
9. Механізація лісозаготівельних робіт		
- рубки головного користування	%	58,0
...- рубки формування і оздоровлення лісів		32,0
10. Організація проведення рубок	-	малі комплексні бригади на базі МТЗ-82

1.4. Формування заходів для удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва

Заходи удосконалення технологічного процесу лісосічних робіт, виходячи з умови ведення лісового господарства близького до природного, мають бути направлені на забезпечення екологічності робіт та їх високу механізацію, виходячи з конкретних природних умов. Так має виглядати сучасний технологічний процес. Передумовою цьому має бути формування відповідної техніко-матеріальної бази підприємства та розвиток і адаптування передових технологій до природних умов господарства.

Порівняно значні об'єми заготівлі деревини в надлісництві, дозволяють більш широко використовувати сучасну високопродуктивну техніку, в тому числі і багатоопераційну. Разом з тим, це не означає про повну відмову від ручних моторних інструментів та існуючих в господарстві допоміжних засобів трелювання деревини у вигляді малогабаритних тракторів чи коней. При організації робіт на лісосіці, слід за основу брати не загальні лісоексплуатаційні умови, а умови локального характеру.

Аналіз стану технології виконання рубок в господарстві, показує залежність від наявного парку механізованих інструментів і техніки. Такий стан призводить до застосування типових технологій, які можна реалізувати за даних умов наявними технічними засобами мінімально враховуючи локальні лісоексплуатаційні умови. Широке використання ручних механізованих інструментів та техніки, яка має найпростіше трелювальне обладнання, є причиною значних трудовитрат, що приходяться на м³ заготовленої деревини, що також є і причиною низької продуктивності праці.

Переважно рівнинні умови Львівського надлісництва, дозволяють використовувати різну лісову техніку у відповідності до виду рубки та лісоексплуатаційних умов лісосіки. Зокрема, умови виконання рубок головного користування, що зазвичай характеризуються досить значним об'ємом стовбура та значними об'ємами заготівлі деревини, дозволяють ефективно використовувати сучасну техніку, що може забезпечити в певних умовах, повну

механізацію основних робіт. Включно з операціями, які виконуються в господарстві ручними механізмами. Так, впровадження самохідних багатоопераційних машин, дозволить суттєво зменшити відсоток ручної праці на зрізанні дерев, зрізанні гілок та кряжу ванні стовбурів на сортименти.

Подальше формування системи машин для головних рубок, потребує використання трелювальних машин, які забезпечують завантаження, перевезення та розвантаження деревини в межах лісосіки чи на ефективну відстань її вивезення. Очевидно, що перевагу при цьому слід віддавати колісним самохідним багатоопераційним і трелювальним засобам. У випадку можливості обмеженого застосування в певних умовах зазначеної техніки, слід передбачати використання іншої системи машин, зокрема, що включає ручні моторні інструменти та додаткові трелювальні засоби.

На рубках формування і оздоровлення лісових насаджень, застосування багатоопераційної техніки, зазвичай обмежується умовами тому, тут акцент слід робити на системи машин, що містять ручні моторні інструменти та самохідні трелювальні засоби легкої серії. Широко поширеним на цих рубках є організування трелювання деревини в кілька етапів із застосуванням на кожному з них відповідних засобів та способів.

Відповідно до вимог, що ставляться до проведення рубок головного користування, слід повністю відмовитися від суцільної системи рубки, роблячи акцент виключно на поступових та вибіркових системах не залежно від природних чи рельєфних умов. Цього принципу слід дотримуватися під час побудови технологічного процесу лісосічних робіт і у Львівському надлісництві. При цьому слід реалізовувати такі технології, які дозволяють ефективно використовувати вибрані сучасні системи машин. Так, у випадку машинної заготівлі деревини, слід реалізовувати смугово-поступову систему рубки, а у випадку зрізання дерев бензопилою – рівномірно-поступову.

Слід приділити увагу, механізації процесу зачистки площі лісосіки та організації переробки деревних залишків після рубки на сировину для подальшого використання чи переробки.

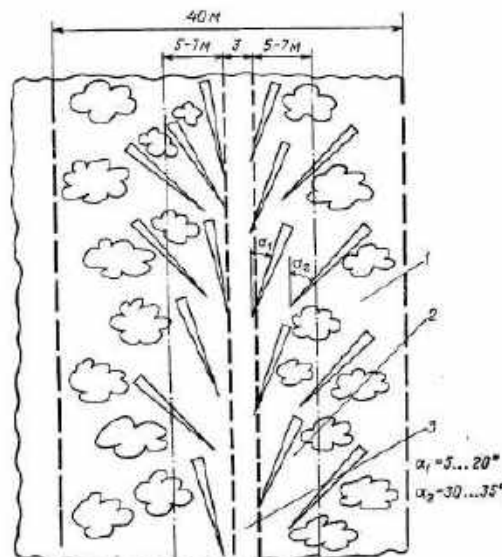
1.5. Огляд технологій виконання різних рубок

Найбільш складними в технологічному плані, є проведення рубок догляду, через те, що предмет праці має невеликі розміри і масу, крім того, зрізування малих деревець виконується серед насадження, при цьому слід забезпечити уникнення пошкодження молодих ростучих дерев, які швидко травмуються.

Щоб уникнути таких негативних наслідків, пропонується перед залісненням площ, відразу влаштовувати необхідні технологічні коридори [3], якими переміщуватиметься техніка під час проведення певного виду доглядових рубок. Це дасть можливість забезпечити комплексну механізацію робіт протягом всього часу вирощування лісового насадження.

В лісових насадженнях як штучного так і природного походження, де попередня технологічна підготовка майбутньої площі молодого лісового насадження не була проведена під час проведення, зокрема рубок формування і оздоровлення лісів, застосовуються різні технології.

Застосування середньо пасічної технології розробки лісосіки (рис.1.1) [3], передбачає розбивання пасіки на п'ять стрічок по обидві сторони від технологічного коридора.



1 – крайні стрічки пасіки; 2 – стрічки, що прилягають до технологічного коридора; 3 – технологічний коридор.

Рисунок 1.1 – Розробка лісосіки за середньо пасічною технологією

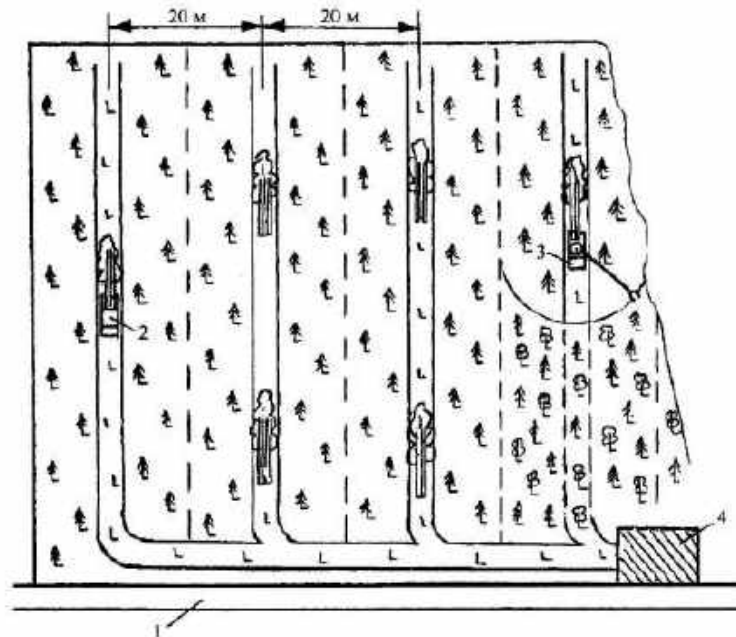
Спочатку звалюють дерева на технологічному коридорі, ширина якого має бути мінімальною, не більше 3м, вершинами або відземками в напрямку трелювання, а потім зрізують і трелюють дерева на стрічках по чергово з однієї та іншої сторони.

Щоб зменшити кількість пошкоджених ростучих дерев під час трелювання потрібно щоб кут примикання технологічних коридорів до магістрального волока та шляхів, становив не більше 30° ... 45° .

З метою зменшення необхідності будівництва великої кількості пасічних і магістральних волоків, пропонується широко пасічна технологія освоєння лісосік, зокрема для проведення рубок формування і оздоровлення лісових насаджень. Зростання ширини пасіки створює проблеми доступності виділених в рубку дерев для великогабаритної техніки. Тому, відбувається ускладнення процесу трелювання через необхідність транспортування лісоматеріалів від місця звалювання дерев до трелювального волока, яким рухається великогабаритна трелювальна техніка. Для цього процесу пропонується застосовувати тракторні лебідки або малогабаритні трелювальні засоби, що можуть переміщуватися в лісовому насадженні. Для можливості підтягування лісоматеріалів за допомогою лебідки, прокладають додаткові технологічні коридори перпендикулярно до трелювального волока або під кутом 30° ... 45° . Однак середня відстань підтягування лісоматеріалів не має перевищувати 80м.

Технологія розробки лісосік вузькими пасіками із застосуванням маніпуляторної трелювальної техніки або звалювально-трелювальної, передбачає поділ лісосіки на пасіки, ширина яких не перевищує подвійного вильоту маніпулятора машини (рис.1.2) [3].

По середині пасіки прокладається пасічний трелювальний волок, яким спочатку рухається звалювально-пакувальна машина, освоєюючи пасіку з однієї і другої сторони і складаючи пакети лісоматеріалів на трелювальний волок. За машиною, після освоєння площі лісосіки переміщується трелювальний трактор із пачковим захопом і трелюватиме пачки лісоматеріалів до верхнього складу.



1 – лісовозний вус; 2 – трелювальний трактор; 3 – звалювально-пакетувальна машина; 4 – навантажувальна площадка.

Рисунок 1.2 – Вузькопасічна технологія освоєння лісосіки

Стосовно схем освоєння лісосік головного користування за поступовою, вибірковою та комбінованою системами, а також під час проведення рубок формування і оздоровлення лісових насаджень, то тут застосовуються способи освоєння вузькими пасіками, пасіками середньої ширини та широкопасічним способом [15], [2], [16].

Найбільш ефективним способом є вузько пасічний, де ширина пасік становить в межах 20.....30м. Цей спосіб забезпечує найбільш сприятливі умови застосування харвестерів з вильотом стріли 10м і більше. Переміщуючись по краях пасіки технологічними коридорами, забезпечується можливість обробки всіх дерев на пасіці, завдяки достатній досяжності маніпулятора. Недоліком є будівництво великої кількості технологічних коридорів.

Середньо пасічний спосіб розробки лісосік передбачає збільшення ширини пасіки до 35...50м (рис.1.2) [2]. Такий спосіб більш придатний для застосування на звалюванні бензиномоторних пил, а для трелювання малогабаритну техніку.

Застосування харвестерів при цьому способі освоєння лісосіки вимагає додаткового маневрування між деревами на пасіці, що перекрити всю ширину пасіки. Для рубок головного користування із застосуванням харвестерів на лісосіках цей спосіб також придатний. Сучасні харвестери відрізняються високими маневровими характеристиками, що дає можливість переміщуватися в зрідженому лісовому насадженні.

З метою повної машинізації процесу основних робіт, доцільно на операції трелювання застосовувати форвардер.

Спосіб розробки лісосіки широкими пасіками, де ширина останніх зростає до 60...100м вважається найбільш досконалим. Максимально зберігається лісове середовище, а продуктивність лісових насаджень не зменшується внаслідок будівництва великої кількості технологічних коридорів і трелювальних волоків. Однак в цьому випадку, погіршується доступ до відмічених в рубку дерев, якщо застосовуються багатоопераційні машини типу харвестер. Але повне освоєння площі пасіки можна забезпечити, шляхом заглиблення харвестера в достатньо зріджене насадження, шляхом маневрування між деревами.

Дерева, які залишилися в зоні недосяжності маніпулятора харвестера, можна зрізувати за допомогою бензномоторних пил і ними виконувати зрізування гілок і кряжування. Трелювання сортиментів можна виконувати за допомогою форвардера. У випадку необхідності можна проводити і підтрелювання іншими засобами.

2. РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІСОСІЧНИХ РОБІТ ДЛЯ УМОВ ЛЬВІВСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА

2.1. Стан та прогнозування річних об'ємів робіт

Під час проведення лісосічних робіт, визначальним показником є об'єми заготівлі деревини протягом року, відповідно до виду рубки. Даний показник є визначальним для планування основних робіт на наступні роки. Разом з тим, відомо, що об'єми заготівлі можуть суттєво змінюватися в силу тих чи інших чинників, що також слід враховувати на найближчу перспективу розвитку господарства. Це дозволяє приймати зважені рішення стосовно створення виробничих потужностей для реалізації поставлених завдань на найближчі роки та їх ефективного використання.

Для більш достовірного прогнозування об'єму основних лісосічних робіт на найближчий період, слід детально проаналізувати таксаційні показники лісосировинної бази господарства, об'єми заготівлі за кілька останніх років та ймовірні чинники, що сприятимуть зміні об'ємів заготівлі.

На даний час, у Львівському надлісництві, виконуються рубки головного користування та рубки формування і оздоровлення лісів в досить значних об'ємах. Їх загальний об'єм перевищує 150 тис. м³ деревини з якого 88 536 м³ приходить на рубки головного користування, а 61 472 м³ становить деревина отримана в результаті виконання рубок формування та оздоровлення лісів. Однак, зазначені об'єми не будуть стабільними принаймні на найближчі 10 років в силу природних закономірностей та явищ.

Аналіз вікової картини лісових насаджень господарства показує перспективне зростання площі стиглих і перестиглих насаджень, що відобразиться на об'ємах виконання рубок головного користування. На об'єм рубок формування та оздоровлення лісів, найбільше впливають санітарні рубки, які спрогнозувати точно неможливо, однак об'єми яких змінюються протягом року в значному діапазоні через всихання лісових насаджень, пошкодження шкідниками та стихійними природними лихами.

Виходячи із зазначеного, під час формування виробничих потужностей на найближчі роки, слід орієнтуватися приблизно на існуючі за останні три роки об'єми заготівлі із певним запасом в сторону їх зростання. Таким чином, для проектних розрахунків доцільно встановити об'єм рубок головного користування в межах $90\,500\text{м}^3$, а рубки формування і оздоровлення складатимуть $63\,000\text{м}^3$. Таким чином, загальний об'єм заготовленої деревини протягом року складе $153\,500\text{м}^3$. Середній об'єм стовбура при цьому, доцільно прийняти $0,85\text{м}^3$ та $0,36\text{м}^3$ відповідно на рубках головного користування і рубках формування і оздоровлення лісів. Запас деревини на 1га становитиме 267м^3 та 38м^3 відповідно. Характерний породний склад лісових насаджень в господарстві, визначається такою породною формулою є приблизно 6С2Бк2Д, 4С4Бк2Д. Тобто, головний акцент слід робити на хвойні лісові насадження.

2.2. Засади організації виробничого процесу лісосічних робіт

Незважаючи на те, що лісозаготівельний процес тісно пов'язаний із загальними лісівничими тенденціями ведення лісового господарства, якість його реалізації суттєво впливає на майбутні лісовідновні процеси зокрема та екологічну картину загалом. Засади сталого ведення лісового господарства мають відобразитися і на підходах до організації лісосічних робіт.

Виконання робіт у відкритому природному середовищі, вимагає забезпечення підвищеного рівня їх екологічності, що передбачає як збереження лісового середовища, так і зменшення негативного тиску на довкілля в цілому. Мінімальне руйнування ґрунту зменшує виникнення ерозійних процесів, знищення рослинного шару та збереження природного біосередовища для проростання насіння лісових дерев. Це саме стосується і збереження природних об'єктів, які відіграють важливу роль у лісовій екосистемі. Сюди також слід віднести зниження опосередкованого негативного впливу на довкілля шляхом обмеження шкідливих викидів в атмосферу, шумового навантаження та забруднення ґрунту і водного середовища синтетичними речовинами.

Всестороннє вивчення та наукове обґрунтування підходів ведення лісового господарства, має реалізовуватися в практичних підходах з організації виробничого процесу лісосічних робіт. Результати наукових напрацювань мають слугувати основою у формуванні технології робіт на різних рубках, зокрема, головним чином у виборі системи лісових машин.

Сучасний розвиток виробництва прагне до повної механізації, автоматизації чи навіть роботизації технологічних операцій. Специфіка виконання лісосічних робіт, дозволяє говорити лише про максимальну механізацію робіт на лісосіці, рівень якої залежить від конкретних лісоексплуатаційних умов. Разом з тим, технічні можливості сучасної лісозаготівельної техніки, дозволяють забезпечити високий рівень механізації робіт навіть з частковою роботизацією виробництва.

Зменшення енергоспоживання на виробництво одиниці продукції відповідає загальносвітовим заходам боротьби із глобальним потеплінням. Одним із шляхів реалізації даної мети має бути обмеження недоцільної потужності лісової техніки. Сприяння широкому застосуванню малогабаритної техніки, прямо пропорційне зниженню енерговитрат і екологічності робіт.

Раціональне використання всієї деревної сировини під час виконання рубок є основою підтримання належного санітарного стану лісових насаджень та одним із шляхів отримання додаткової сировини. Таким чином, комплексна переробка має бути одним із складових елементів лісозаготівельного процесу.

Технологічний процес має ґрунтуватися на принципі наскрізної організації робіт, що є найбільш характерно для лісозаготівельного процесу. Такий підхід дозволяє впорядкувати технологічний процес, забезпечити належний рівень безпеки робіт та краще організувати їх матеріальне забезпечення.

Навіть часткова реалізація зазначених принципів у виробничому процесі лісосічних робіт, дозволить вивести його на сучасний технологічний рівень з високою механізацією та рівнем екологічності, які відповідають загальноприйнятим світовим стандартам.

2.3. Розроблення заходів для покращення виробничого процесу лісосічних робіт у Львівському надлісництві

2.3.1 Прийнятні системи рубки та раціональні розміри лісосік

Лісові насадження Львівського надлісництва характеризуються високою неоднорідністю як породного складу так і віковою. Це є підставою для реалізації різних систем рубок, характерних для рівнинних лісів. Однак, при цьому слід дотримуватися лісівничої доцільності та техніко-технологічної ефективності їх реалізації в конкретних умовах.

Для вибору прийнятної системи рубки, слід врахувати її особливості та умови реалізації, а також рекомендації та обмеження відповідних нормативних документів виданих у ДП «Ліси України». Основним нормативним документом в даному випадку, слугує положення про рубки головного користування в лісах України, а також додаткові обмеження по лісовому господарству, що стосуються суцільної системи рубки.

Відповідно до змісту зазначеного документу, в рівнинних лісах є можливості для реалізації всіх поданих систем рубок. Першочергово слід відмітити про повний відхід від застосування суцільної системи рубки, хоча в окремих випадках ця система є екологічно та лісівничо необхідною. Це стосується санітарних рубок в лісових насадженнях, що потерпають від хвороб та спалахів шкідників, що призводять до всихання дерев на значній площі. В такому випадку суцільна система рубки використовується з метою локалізації подібних негативних явищ.

Аналогічною ситуацією є боротьба із наслідками стихійних природних лих, що призвели до пошкодження насадження на значній площі. В такій ситуації, забирання пошкоджених дерев є критично важливим з екологічної та санітарної точок зору. При цьому, як в першому так і в другому випадках, подібні заходи слід вживати в найкоротші терміни, щоб убезпечити виникнення спалахів хвороб та шкідників лісу.

Ще одним варіантом реалізації суцільної системи рубки є проведення рубок пере форматування та реконструкції лісового насадження. В цьому

випадку вдаються до повного зрізання дерев на площі з наступною заміною та формуванням насадження з більш продуктивних порід дерев, які краще відповідають умовам місцезростання. Такий підхід є раціональним на площах із бідними ґрунтами, де відновлення лісу доцільно лише штучним способом, а повне зрізання дерев та додаткове розчищення площі, забезпечує ширші можливості механізації лісовідновних робіт.

У решта випадків, слід використовувати системи, які не передбачають знеліснення ділянки на період формування молодого лісу. Процес відновлення лісового насадження відбувається паралельно із зрізанням стиглого лісу. Такими системами є поступова, вибіркова та комбінована та їх різновиди, які доцільні для реалізації за певних умов.

Найбільш бажаною системою рубки головного користування для умов Львівського надлісництва, очевидно є поступова, яка передбачає зрідження лісового насадження в кілька прийомів, аж до повного вирубування стиглих дерев на площі. Одночасно із прийомами рубки вживаються господарчі заходи направлені на відтворення молодого лісового насадження. В залежності від того, яка система машин задіюється на основних роюботих для ефективності її роботи може застосовуватися рівномірно-поступова система або смугово-поступова. Перша з них прийнятна коли зрізання дерев виконується бензиномоторними пилами, а трелювання транспортними засобами, що можуть переміщуватися в зріженому лісовому насадженні.

Смугово-поступові рубки бажані у випадку застосування агрегатних, багатоопераційних лісосічних машин, які виконують основні операції окремими смугами, що чергуються із смугами нерозробленого лісового насадження. Ширина смуг нерозробленого лісу має при цьому складати не менше подвійної висоти дерев в насадженні. До наступного прийому рубки на розроблених смугах виконуються роботи з відновлення лісу.

Зважаючи, що основним способом відновлення насаджень в господарстві є штучний, а також з метою повної механізації робіт, будуть використовуватися багатоопераційні агрегатні машини, така різновидність

системи поступових рубок буде бажаною для реалізації в рівнинних лісах господарства на сухих площах.

Ще однією системою рубки, що може впроваджуватися в технологічний процес лісосічних робіт є вибіркова система, яка передбачає вирубування окроємих дерев чи груп дерев на площі. Дана система доцільна в різновікових насадженнях однієї породи, де є наявні стиглі і пристигаючі ділянки лісу. При цьому, одну групу дерев доцільно зрізати і забирати, а інша має залишатися на площі для подальшого росту. Також може застосовуватися в насадженнях де зростають різні породи дерев, як швидкоростучі, так і повільно ростучі. Відповідно одні з них необхідно зрізати швидше за інші.

І зрештою, системою рубки, яка об'єднує особливості описаних вище систем рубок є комбінована система рубки. Така система застосовується на площах де є як чисті, так і змішані насадження або чисті різновікові та чисті одновікові і так далі. Тобто, мають бути умови, що вимагають застосування підходу поступової і вибіркової рубки одночасно. В господарстві є площі лісів, де застосування комбінованої системи рубки є бажаним і раціональним підходом реалізації планової рубки.

2.3.2 Технологія виконання рубок та розміри лісосік

Технологія виконання рубок головного користування, має орієнтуватися на реалізацію в господарстві поступової, вибіркової та комбінованої систем рубок. Суцільна система, використовуватиметься в екстрених випадках, до прикладу, під час санітарних рубок на площах з ознаками сплахів хвороб чи шкідників або подібних площах.

У випадку реалізації системи рівномірно-поступової рубки головного користування, насадження підлягатиме рівномірному зрідженню. Тут необхідно застосовувати такі технічні засоби, які можуть ефективно використовуватися під наметом лісового насадження. Зокрема, зрізання дерев слід виконувати бензиномоторними пилами, як і наступні операції з обробки зрізаного дерева.

Очевидно, що розробляти насадження в даному випадку доцільно смугами. Ширина смуги має складати таку відстань, яка буде оптимальною для первинного переміщення деревини, а саме на етапі витягування деревини з насадження до головного трелювального шляху. Така відстань зазвичай не перевищує 50м, а тому є прийнятною як для кінного трелювання так і трелювання з використанням міні скідерів. Деревину в таких умовах, доцільно буде трелювати сортиментами встановленої довжини.

У випадку використання багатоопераційної техніки, лісове насадження також слід освоювати смугами, де ширина смуги має бути в межах дії технологічного обладнання машини. Для маніпуляторних машин, ефективна відстань роботи маніпулятора складає в середньому 15м. За рахунок певного маневрування, цю відстань можна збільшити до 20...25м. Тобто, можна успішно реалізовувати вузьпасічну технологію освоєння лісосіки.

Під час проведення рубок формування та оздоровлення лісів, доцільно впроваджувати широко пасічну технологію освоєння лісосік, яка прийнятна для рівнинних умов лісоексплуатації. Ширина пасіки в цьому випадку складатиме більше 60м. Зважаючи на сучасні можливості малих механізованих трелювальних засобів, цю відстань слід приймати не менше 80...100м. На цих рубках бажано запроваджувати трелювання деревини в кілька етапів із застосуванням різних технічних засобів та способів трелювання. Очевидно, що зрузування дерев на площі і їх наступну обробку до отримання готової продукції у вигляді сортиментів, доцільно виконувати застосовуючи бензиномоторні пили.

Під час прийняття розмірів лісосік для зазначених вище видів рубок, користуватимемося вимогами офіційного документу, що регламентує зазначені параметри. Для проектування рубок головного користування це є «Положення про рубки головного користування в лісах України». Відповідно до зазначеного документу, на рубках головного користування, площа лісосіки, що освоюється з використанням поступової чи вибіркової систем не повинна перевищувати 5га. Таку площу і приймемо за основу для реалізації зазначених систем рубки.

Відповідно до характеристики лісового насадження, а саме запасу деревини на 1га, встановимо загальний запас на всій площі лісосіки:

$$Q_c^{РГК} = F_C^{РГК} M_c^{РГК} = 5,0 \times 267,0 = 1335,0 \text{ м}^3$$

де M – запас деревини на 1га площі, згідно характеристики лісу, $\text{м}^3/\text{га}$.

Для ефективного використання системи машин, яка передбачає трелювання деревини в кілька етапів, площу лісосіки рубок формування і оздоровлення лісів, доцільно встановити 7,0га. Тоді, загальний розрахунковий запас експлуатаційної деревини на площі, становитиме:

$$Q_p^{РФ} = F_p^{РФ} M_p^{РФ} = 7,0 \times 38,0 = 266,0 \text{ м}^3$$

Отримані дані, дають можливість розрахувати кількість лісосік, які слід освоїти протягом року, під час проведення кожної планової рубки:

$$n = \frac{Q_p}{Q_l}, \text{ лісосік,}$$

де Q_p – проектний об'єм річної заготівлі деревини, під час виконання окремого виду рубки в господарстві, м^3 .

$$n_{РГК} = \frac{90500,0}{1335,0} \approx 68,0 \text{ лісосік}$$

$$n_{РФ} = \frac{63000,0}{266,0} \approx 237,0 \text{ лісосік}$$

2.3.3 Підбір систем машин для основних лісосічних робіт в лісоексплуатаційних умовах Львівського надлісництва

Вибір машин для забезпечення технологічного процесу основних лісосічних робіт ґрунтуватиметься на виробничих об'ємах та лісоексплуатаційних умовах в господарстві. При цьому, в проекті закладено принцип максимальної механізації робіт, шляхом впровадження у виробничих процес сучасної багатоопераційної техніки.

Відповідно до зазначеного можна відмітити, що річні об'єми заготівлі деревини в господарстві на рубках, що виконуються є досить значними, а тому застосування багатоопераційних машин є бажаним. Цьому також сприяють рельєф території господарства, який є переважно рівнинним із незначними пониженнями і підвищеннями, що нагадує слабогорбисту місцевість, а також зволоженість ґрунтів, яка є прийнятна для роботи агрегатних машин. При цьому слід врахувати, що в процесі виконання рубок, будуть такі ділянки де застосування агрегатної техніки з різних причин буде обмежене.

Враховуючи зазначене вище, приходимо до висновку про доцільність впровадження у виробничий процес рубок головного користування багатоопераційної техніки. Зокрема, такі машини повинні повністю механізувати основні роботи на лісосіці. Очевидно, що в такому випадку слід застосувати харвестер для комплексного виконання зрізання дерев, їх обробки та розкрязування на сортименти, а також форвардер для повної механізації трелювання деревини. В процесі вибору, орієнтуватимемося на продукцію відомих виробників спеціалізованої лісозаготівельної техніки, яка має хорошу рекомендацію для застосування лісових господарствах України і Європи. Одним із таких виробників є американська фірма John Deere, продукція якої відрізняється високою надійністю, продуктивністю та наданням виробником якісного гарантійного та після гарантійного технічного обслуговування. З переліку пропонованих моделей харвестерів, виберемо модель John Deere 1270D, що має прийнятні технічні дані для зазначених умов.

Щоб раціоналізувати логістику та обслуговування техніки, використовуватимемо технічну продукцію одного виробника тому, для трелювання деревини виберемо форвардер зазначеної фірми. Враховуючи продуктивність вибраної моделі харвестера, для трелювання деревини можна прийняти форвардер середньої вантажопідємності John Deere 810E на колісному ході, як і вибрана модель харвестера. Дана машина буде використовуватися в кількох режимах роботи, головним з яких буде завантаження та трелювання пачок сортиментів, що утворюються в результаті

роботи харвестера з наступним розвантаженням круглих лісоматеріалів, шляхом їх укладання в штабелі тимчасового зберігання.

Ознайомлення із лісоексплуатаційними умовами в господарстві, свідчить про те, що на певних ділянках робота харвестера може ускладнюватися, а тому слід передбачити інший механізм. Таким механізмом може бути бензиномоторна пила, якою можна виконувати аналогічні операції хоч із меншою продуктивністю. В якості зазначеного інструменту виберемо бензопилу марки «STIHL MS – 362», відомого європейського виробника.

Якщо на початкових операціях лісосічних робіт застосовуватиметься бензопила, то форвардер John Deere 810E працюватиме в режимі збору і завантаження сортиментів, рухаючись по площі лісосіки. У випадку виникнення обмежень роботи форвардера, слід передбачити допоміжні трелювальні засоби у вигляді міні скідерів для трелювання деревини в напівзавантаженому стані або кінне трелювання.

Особливості виконання рубок формування і оздоровлення лісів, потребують технічних засобів для роботи в лісовому насадженні. Таким чином, початкові операції основних лісозаготівельних робіт, виконуватимемо із застосуванням бензиномоторної пилки «STIHL MS – 362». При цьому, цим інструментом слід передбачити виконання комплексу суміжних операцій таких як зрізання дерев, обробка їх шляхом зрізання гілок та розкрязування стовбурів

Провідною технологією трелювання деревини на рубках формування і оздоровлення лісів буде двох етапне трелювання із застосуванням міні скідерів для переміщення сортиментів з насадження та застосування форвардера для забезпечення основної фази трелювання. В якості міні скідера виберемо модель відомого європейського виробника подібної техніки, модель «IRON HORS PRO», що обладнана лебідкою та обладнанням для утримування і трелювання деревини. Додатково на цій операції можна застосовувати і коні.

На головній фазі трелювання деревини використовуватимемо прийняту раніше марку форвардера John Deere 810E, який використовуватиметься в режимі збирання деревини з площі та її трелювання.

2.3.4 Організація робочого часу та проектні об'єми виробництва

Для встановлення змінних об'ємів виробництва деревини, слід відштовхуватися від кількості робочих змін та змінності робочого дня. В цьому питанні за основу приймемо положення трудового законодавства. Однак, для встановлення кількості робочих днів виробничого процесу лісосічних робіт, слід враховувати чинники, що викликатимуть зупинку робіт на лісосіці, через виникнення умов загрози зростання рівня травматизму. Таким чином із загальної тривалості року в 365 днів, слід виключити вихідні дні, офіційні державні свята, а також тривалість несприятливого періоду виконання робіт на лісосіці через об'єктивні фактори. Це можна виразити формулою:

$$N = A - B - C - H, \text{днів}$$

Таким чином, якщо прийняти, що робочий тиждень матиме п'ять робочих днів із двома офіційними вихідними там включити кількість офіційних святкових днів і прийняти кількість днів непередбаченої зупинки робіт на лісосіці, то отримаємо таку кількість робочих днів:

$$N = 365 - 104 - 7 - 4 = 250 \text{днів}$$

Незважаючи на те, що технічні можливості сучасної техніки, дозволяють її експлуатувати в кілька змін, особливо влітку, приймемо режим робочого дня в одну зміну, що і врахуємо під час розрахунку змінного/добового об'єму виробництва круглої деревини.

$$Q_d = \frac{Q_p}{N \cdot Z}, \text{м}^3 / \text{добу},$$

де Q_p – загальний об'єм заготівлі деревини за рік, внаслідок виконання певної рубки в господарстві, м^3 ;

Z – змінність робочого дня на лісосічних роботах, змін.

Враховуючи прийняті дані про виробничий процес господарства та отримані розрахунковим шляхом результати, можна встановити значення проектних об'ємів заготівлі, внаслідок виконання типових рубок в господарстві.

Так, під час проведення рубок головного користування протягом року, змінний об'єм заготівлі деревини буде знаходитися в межах:

$$Q_d = \frac{Q_p^{РГК}}{N} = \frac{90500,0}{250,0} = 362,0 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Аналогічним чином, встановлюємо об'єм виробництва круглих лісоматеріалів за зміну, в результаті виконання рубок формування та оздоровлення лісів у встановленому об'ємі за рік:

$$Q_d = \frac{Q_p^{РФОЛ}}{N} = \frac{63000,0}{250,0} = 252,0 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Отримані результати слугуватимуть в наступних проектних розрахунках формування систем машин для виконання рубок в господарстві.

2.3.5 Визначення розрахункової продуктивності та формування системи лісосічних машин

Хоча розрахункові продуктивності машин не повністю відповідають цьому показнику в реальних умовах, однак є досить близькими, а тому можуть використовуватися для проектування лісосічних робіт. Заявлена вище структура процесу на рубках головного користування та технічна його сторона передбачають використання харвестера **John Deere 1270D** на операціях зрізання дерев і наступних, що дозволяють отримувати продукцію у вигляді сортиментів. Розрахункова продуктивність цієї машини, виражатиметься як:

$$P_{год} = \frac{(T - t_{н.з}) \cdot C_t \cdot K_{см}}{T_{ц}}$$

де T – нормативна тривалість робочої зміни машини, с;

$t_{н.з}$ – нормативний час щоденного перед робочого огляду та обслуговування машини, с;

C_t – коефіцієнт, який виражає корисну роботу машини впродовж робочої зміни;

q_{cm} – середній об'єм стовбура дерева в насадженнях відведених в рубку головного користування на плановий період, м³;

$T_{ц}$ – загальна тривалість машинного циклу від зрізання дерева до отримання круглих лісоматеріалів встановленої довжини, с.

$$T_{ц} = t_{н} + t_{зв} + t_{пр} + t_{р.с} + t'_{пер},$$

де $t_{н}$ – час наведення робочої, багатофункціональної головки машини на дерево та переведення в робоче положення, с;

$t_{зв}$ – час корисної роботи механізму пиляння машини в процесі зрізання дерева аж до його падіння, с;

$t_{пр}$ – час на роботу гілкорізного механізму, багатофункціональної головки машини, що приходиться на середнє дерево, с;

$t_{р.с}$ – час корисної роботи пиляльного апарату машини, необхідний для кряжування стовбура, с;

$t'_{пер}$ – питомий час технологічних переїздів машини, що відноситься на обробку одного дерева, с.

$$t_{зв} = t_{зр} + t_{над},$$

де $t_{зр}$ – час корисної роботи пиляльного апарату машини, під час зрізання дерева з пня, с;

$t_{над}$ – розрахунковий час падіння зрізаного дерева, с

$$t_{зр} = \frac{\rho \times d_{cp}^2}{4 \times I_{ч.р.}},$$

де d_{cp} – середній діаметр відземкової частини стовбура дерева, м;

$I_{ч.р.}$ – дані показника технічно заявленої продуктивності чистого пиляння ріжучого апарату машини з ланцюговою пилою, м²/с.

$$t_{зр} = \frac{3,14 \times 0^2}{4 \times 50} \gg 3 \text{ с}, \quad t_{зв} = 3 + 4 = 7 \text{ с}$$

$$t_{np} = \frac{l_d}{v_{np}}, t_{np} = \frac{20}{4,5} \gg 5 \text{ с}$$

де l_d – середня висота дерев на площах рубок головного користування у відповідності до розряду висот, м;

v_{np} – робоча швидкість протягування стовбура під час зрізання гілок із дерева, м/с.

$$t_{p.c} = \frac{\rho \times d_{cp}^2}{4 \times I_{ч.р.}} \times \frac{l_{cm}}{l_c},$$

де d_{cp} – встановлений, середній діаметр пропилу під час кряжування стовбура на сортименти, см;

l_{cm} – середня довжина стовбура обробленого дерева на рубках головного користування, см;

l_c – прийнята довжина сортиментів, що отримуються в результаті розкряжування стовбурів, см.

$$t_{p.c} = \frac{3,14 \times 4^2}{4 \times 50} \times \frac{2000}{500} \gg 5 \text{ с}$$

$$t'_{nep} = \frac{t_{nep}}{n_d}, t_{nep} = \frac{L}{v}, t_{nep} = \frac{10}{1,4} \gg 8 \text{ с}, t'_{nep} = \frac{8}{5} \gg 2 \text{ с}$$

де t_{nep} – робоча швидкість руху багатоопераційної машини лісосікою для вибору робочої стоянки, с;

n_d – загальна теоретична кількість дерев, які можуть оброблятися машиною з однієї робочої стоянки, шт.;

L – середня ввіддаль знаходження робочих стоянок машини, м;

v – швидкість руху багатоопераційної машини трельовальним шляхом з устаткуванням в транспортному стані, м/с.

Щоб відобразити більш реальні умови роботи машини на лісосіці, доцільно отримані результати затрат часу під корегувати в більшу сторону.

$$T_{\text{ц}} = 10 + 15 + 20 + 15 + 10 = 70 \text{ с},$$

$$П_{\text{год}} = \frac{(28800 - 2400) \times 0,75 \times 0,85}{70,0} = 240,5 \text{ м}^3/\text{зм}$$

Розрахункову продуктивність основної трелювальної машини, маніпуляторного форвардера **John Deere 810E**, що працюватиме в парі із багатоопераційною машиною **John Deere 1270D**, яка є харвестером, визначатимемо згідно виразу продуктивності:

$$П_{\text{год}} = \frac{(T - t_{\text{н.з.}}) \times \xi_t \times Q_n}{T_{\text{ц}}},$$

де Q_n – об'єм круглої деревини, що відповідає рейсовому навантаженню форвардера, відповідно до його технічних даних, м^3 ;

$T_{\text{ц}}$ – загальний час робочого процесу форвардера, що полягає в перевезенні круглих лісоматеріалів з лісосіки на площадку складування, с.

$$T_{\text{ц}} = t_1 \frac{Q}{q_c} + t_2 + t_3 + t_4 \frac{Q}{q_c} + t_5 + t_6,$$

де t_1 – нормативний час захоплення та вкладання одного сортименту за допомогою маніпулятора машини, с;

q_c – розрахунковий середній об'єм лісоматеріалу, виходячи з об'єму стовбура та довжини сортиментів, м^3 ;

t_2 – час робочого руху машини в завантаженому стані з врахуванням рельєфу на площі виконання рубок головного користування, с;

t_3 – тривалість маневрових переміщень машини, необхідних під час розвантаження круглої деревини, с;

t_4 – нормативний час подачі лісоматеріалу маніпулятором машини із платформи в штабель, с;

t_5 – розрахункова тривалість переміщення машини від площадки до місця завантаження деревини з урахуванням умов на лісосіці, с;

t_6 – загальний час робочого маневрування машини лісосікою, під час завантаження деревини на платформу, с.

$$t_2 = \frac{l_{cp}}{u_b}; \quad t_5 = \frac{l_{cp}}{u_x}$$

де l_{cp} – середньозважена технологічна віддаль перевезення деревини, що враховує спосіб набору лісоматеріалів та схему трелювальних волоків, м;

u_x, u_a – рекомендовані швидкості руху форвардера в умовах лісосіки в розвантаженому стані та із завантаженою деревиною, відповідно, м/с.

$$t_2 = \frac{200}{2,0} = 100c; \quad t_5 = \frac{200}{4,0} = 50c$$

$$T_{ц} = 7 \times \frac{10,0}{0,2} + 100 + 50 + 7 \frac{10,0}{0,2} + 50,0 + 50 = 970,0c$$

Отримана розрахункова тривалість робочого процесу форвардера не зовсім відображає час необхідний для виконання одного циклу трелювання тому, результат доцільно збільшити.

$$П_{зм} = \frac{(28800 - 2400) \times 0,75 \times 0,0}{1500,0} = 132,0 \text{ м}^3/\text{зм}$$

Зважаючи на можливість обмеженого використання машинної заготівлі деревини на всіх площах рубок головного користування, було прийнято про використання бензиномоторних пил «STIHL MS 362» в окремих умовах. Їх продуктивність протягом зміни виражатиметься формулою:

$$П = \frac{T \times C_t \times q_{cm}}{t} \text{ Equation.3, м}^3$$

де C_t – коефіцієнт використання інструменту за часом корисної роботи на певній операції за робочу зміну;

t – загальний розрахунковий час зрізування дерева із врахуванням допоміжних технологічних операцій, с;

$Q_{сг}$ – середній об'єм стовбура на площах лісосік головного користування, m^3 .

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

де t_1 – час переміщення робочої ланки між сусідніми деревами відведеними в рубку, с;

t_2 – розрахунковий час для виконання підрізання стовбура ростучого дерева, с.

$$t_2 = \frac{2F_{п}}{П_{п}C_{п}}, c,$$

де $F_{п}$ – площа пропилу підрізаного елемента стовбура у відповідності до його прийнятої форми, cm^2 ;

$П_{п}$ – значення технічної продуктивності чистого пиляння апарату бензопили «STIHL MS 362», m^2/c ;

$C_{п}$ – коефіцієнт використання продуктивності чистого пиляння бензопили «STIHL MS 362» під час підрізання стовбура і зрізання, $C_{п} = 0,55$

$$F_{п} \approx \frac{1}{3} \frac{\rho d_k^2}{4}, m^2, \quad d_k = C_K \cdot d_0, m,$$

де d_k – діаметр комлевої частини стовбура у вибраному місці його зрізання, м;

C_K – середній коефіцієнт, який показує збіг стовбура від основи до вершини, $C_K = 1,1 \dots 1,25$;

d_0 – діаметр стовбура на висоті 1,3м, що є характерним для лісового насадження на площі вирубки, м.

Для виконання зазначених вище розрахунків, доцільно скористатися таксаційними описами насаджень на площах відведених в рубку головного користування на найближчий період. Окремі необхідні параметри, можна отримати розрахунковим шляхом.

$$\text{Equation.3} \quad d_0 = 1,25 \sqrt{\frac{q_{cm}}{L_{cm}}} = 1,25 \sqrt{\frac{0,85}{17,0}} = 0,28 \text{ Equation.3 м}$$

$$d_k = C_k \times d_0 = 1,2 \times 0,28 = 0,34 \text{ м,}$$

$$F_{II} \gg \frac{1}{3} \frac{\rho d_k^2}{4} = \frac{1,8,14 \times 0,34^2}{3 \times 4} = 0,03 \text{ м}^2,$$

$$t_2 = \frac{2F_{II}}{\Pi_{II} C_{II}} = \frac{2 \times 0,03}{0,017 \times 0,55} = 7,0 \text{ с}$$

Розрахунковий час підрізання стовбура, видно що не достовірно відображає весь процес, а показує головним чином, лише час чмстої роботи пиляльного апарату.

t_3 – технологічний час необхідний для переналаштування та переходу від підрізання стовбура до виконання головного пропилю, с;

t_4 – технологічний час на виконання основного різу для направленого зрізання дерева, с.

$$t_4 = \frac{\frac{\rho d_k^2}{4} - F_{II} - F_{II}}{\Pi_{II} C_{II}} = \frac{\frac{3,14 \times 0,34^2}{4} - 0,03 - 0,005}{0,012 \times 0,55} = 9 \text{ с}$$

де F_n – площа недорізаної смуги деревини в площині головного різу, яка називається недорізом, м².

Розрахунковий час на зрізання середнього за об'ємом дерева на площі рубок головного користування бензопилою «STIHL MS 362» буде:

$$t = 60,0 + 7,0 + 10,0 + 9,0 = 86,0 \text{ с}$$

В порівнянні з нормативним часом, отриманим шляхом хронометражу даної операції, даний результат є меншим тому, його доцільно збільшити до нормативного, який становить 120с.

$$\Pi = \frac{T \times C_t \times q_{cm}}{t} = \frac{28800 \times 0,25 \times 0,85}{120,0} = 51,0 \text{ м}^3 / \text{зм Equation.3}$$

Зазначена бензиномоторна пила «STIHL MS -362» використовуватиметься також в умовах виконання рубок формування та оздоровленні лісів тому, слід тримати її розрахункову продуктивність на зрізуванні дерев, використовуючи наведені вище залежності.

$$d_0 = 1,25 \sqrt{\frac{q_{cm}}{L_{cm}}} = 1,25 \sqrt{\frac{0,36}{15,0}} = 0,22 \text{ Equation.3 м}$$

$$d_k = C_k d_0 = 1,2 \times 0,22 = 0,28 \text{ м}$$

$$F_{II} \gg \frac{1}{3} \rho d_k^2 = \frac{18,14 \times 0,28^2}{3 \times 4} = 0,02 \text{ м}^2,$$

$$t_2 = \frac{2F_{II}}{\Pi_{II} \times C_{II}} = \frac{2 \times 0,02}{0,012 \times 0,55} = 7,0 \text{ с}$$

$$t_4 = \frac{\rho d_k^2 - F_{II} - F_{II}}{\Pi_{II} C_{II}} = \frac{3,14 \times 0,28^2}{4} - 0,02 - 0,005}{0,012 \times 0,55} = 6,0 \text{ с}$$

$$t = 60,0 + 7,0 + 10,0 + 6,0 = 83,0 \text{ с}$$

Розрахунковий час, який необхідний для зрізування дерева є меншим за нормативний час виконання цієї операції тому, у формулі продуктивності використаємо значення нормативного часу, який становить 120с.

Тоді розрахункова продуктивність бензопили «STIHL MS – 362» на зрізуванні дерев в умовах лісосіки рубок формування і оздоровлення лісів буде:

$$\Pi = \frac{T \times C_t \times q_{cm}}{t} = \frac{28800 \times 0,25 \times 0,36}{120,0} = 21,6 \text{ м}^3 / \text{зм Equation.3}$$

Розрахункову продуктивність бензиномоторної пили «STIHL MS – 362», якою виконуватиметься зрізання гілок на лісосіці, можна виразити формулою:

$$\Pi = \frac{T \times C_1 \times \Pi_{II} \times q_{cm}}{f}, \text{ м}^3/\text{зм}$$

де f – сумарна площа зрізу гілок при їх основі, яка утворюється після обробки дерева певної породи і об'єму, м².

Використовуючи дані про умови та характеристику лісового насадження відведеного в рубку головного користування та технічні дані інструменту «STIHL MS – 362», отримуємо розрахункову продуктивність на операції зрізання гілок з дерев на лісосіці ці:

$$P = \frac{T \times C_1 \times K_{II} \times q_{cm}}{f} = \frac{28800 \times 0,1 \times 0,01 \times 0,85}{0,16} = 153,0 \text{ Equation.3 } \text{ м}^3/\text{зм}$$

Під час виконання рубок формування і оздоровлення насаджень, розрахункова продуктивність інструменту «STIHL MS – 362» на цій операції складе:

$$P = \frac{T \times C_1 \times K_{II} \times q_{cm}}{f} = \frac{28800 \times 0,15 \times 0,01 \times 0,36}{0,16} = 97,2 \text{ м}^3/\text{зм}$$

Заключною технологічною операцією, яка виконується бензопилою «STIHL MS – 362» на лісосіці, буде кряжування стовбура дерева на сортименти. Розрахункова продуктивність інструменту на кряжуванні стовбурів, виражається так:

$$P_{зм} = \frac{T \times C_1 \times q_{cm}}{T_u} \text{ Equation.3 ,}$$

де T_u Equation.3 – загальна тривалість процесу у відповідності до прийнятих умов його виконання та характеристики стовбура і розміру сортиментів, с.

$$T_u = \frac{0,8 \times n \times p \times d_{cp}^2}{4P_{ч.р}},$$

де n – розрахункова кількість необхідних пропилів на одному стовбурі для його повного розкряжування;

d_{cp} – середнє значення діаметру стовбура у місцях розміщення всіх пропилів, м.

Використовуючи інформацію про характеристику насадження рубки головного користування та технічні дані бензиномоторної пилки «STIHL MS – 362», розрахуємо тривалість циклу кряжування середнього стовбура:

$$T_{\text{ц}} = \frac{0,8 \times 3,14 \times 0,26^2}{4 \times 0,01} = 22 \text{ с},$$

У відповідності з умовами проведення рубок формування і оздоровлення лісів, процес кряжування стовбура бензопилою «STIHL MS – 362», триватиме:

$$T_{\text{ц}} = \frac{0,8 \times 3,14 \times 0,22^2}{4 \times 0,01} = 16,0 \text{ с}.$$

Під час визначення розрахункової продуктивності на цій операції, отримані результати тривалості циклу кряжування стовбура слід наблизити до нормативних. Тоді продуктивність операції кряжування стовбура на лісосіці бензопилою «STIHL MS – 362» в умовах виконання рубки головного користування складе:

$$P_{\text{зм}} = \frac{28800 \times 0,25 \times 0,85}{90,0} = 68,0 \text{ м}^3 / \text{зм} \text{ Equation.3}$$

Під час виконання зазначеної технологічної операції на лісосіці виконання рубок формування і оздоровлення, розрахункова продуктивність бензиномоторної пилки «STIHL MS – 362» матиме таке значення:

$$P_{\text{зм}} = \frac{28800 \times 0,25 \times 0,36}{80,0} = 32,4 \text{ Equation.3 м}^3/\text{зм}.$$

На спрощення технологічного процесу виконання основних лісосічних робіт та підвищення загальної ефективності їх організації в поліні перенасичення робочої зроби інструментами та її захарашення, суттєво впливає показник комплексності виконання суміжних операцій, зокрема ручними інструментами. З цією метою, операції, які виконуються на всіх рубках із використанням бензиномоторної пилки «STIHL MS – 362», доцільно виконувати комплексно, за один захід. Розрахункова комплексна продуктивність тоді виражатиметься так:

$$P_K = \frac{P_{ЗВ} \times I_{ЗР} \times I_{КР}}{P_{ЗВ} \times I_{ЗР} + P_{ЗВ} \times I_{КР} + P_{КР} \times I_{ЗР}}, M^3 / ЗМ$$

На основі результатів розрахунків поопераційної розрахункової продуктивності на рубках головного користування, комплексна продуктивність матиме таке значення:

$$P_K = \frac{51,0 \times 53,0 \times 68}{51,0 \times 53,0 + 51,0 \times 68 + 153,0 \times 68} = 24,5 M^3 / ЗМ$$

Така ж продуктивність використання бензиномоторної пилки «STIHL MS – 362» під час рубок формування і оздоровлення:

$$P_K = \frac{21,6 \times 7,2 \times 2,4}{21,6 \times 7,2 + 21,6 \times 2,4 + 97,2 \times 2,4} = 11,4 M^3 / ЗМ$$

Під час виконання рубок формування і оздоровлення лісів, трелювання деревини планується виконувати у вигляді сортиментів, а в якості головної трелювальної одиниці прийнято колісний форвардер **John Deere 810E**, який є однотипним до форвардера на головних рубках. Загалом можливості даної машини дозволяють її використовувати у більш широкому діапазоні робіт на лісосіці, а також навіть для вивезення деревини. Розрахунок продуктивності зазначеної машини, виконаємо згідно вище показаної методики, внівши окремі дані, що стосуються рубок формування і оздоровлення..

$$t_2 = \frac{250}{2,0} = 125c; \quad t_5 = \frac{250}{4,0} = 63c$$

$$T_u = 7 \times \frac{10,0}{0,1} + 125 + 80 + 7 \times \frac{10,0}{0,1} + 63,0 + 80 = 1748,0c$$

$$P_{ЗМ} = \frac{(28800 - 2400) \times 0,75 \times 0,0}{1750,0} = 113,2 M^3 / ЗМ$$

Щоб забезпечити на важкодоступних лісосіках, повне їх освоєння та трелювання деревини, запропоновано використовувати ручні міні скідери на гусеничному ходу, які обладнанні коником для утримування лісоматеріалів і лебідкою для підтягування лісоматеріалів. Такі засоби використовуватимуться в тих місцях де унеможливлений під'їзд форвардера. Головним місцем

застосування будуть лісосіки рубок формування і оздоровлення насаджень і частково на головних та санітарних рубках.

Продуктивність ручного міні скідера типу Iron Horse Pro, яку можна отримати розрахунковим шляхом для певних умов, виражається:

$$P_{зм} = \frac{(T - t_{n2}) \cdot C_t}{\dot{a} t} \cdot Q, \text{ Equation.3 } m^3,$$

$$\dot{a} t = t_1 + t_2 + t_3 \text{ Equation.3, } c,$$

де Q – об'єм деревини, що відповідає транспортним можливостям міні скідера, m^3 ;

t_{n2} – тривалість підготовчого періоду міні скідера до роботи, c ;

C_t – коефіцієнт використання робочої зміни на корисну роботу під час експлуатації скідера на рубках формування і оздоровлення;

t_1 – час, що відповідає загальній тривалості переміщень міні трелювального засобу впродовж одного рейсуу, c ;

t_2 – необхідний час на завантаження деревини за умови розосередження лісоматеріалів на площі, c ;

t_3 – розрахунковий час розвантаження деревини з міні трелювального засобу, c .

$$t_1 = \frac{l_{ср}}{V_{ср}}, c, \quad t_1 = \frac{50,0}{0,9} \approx 60,0 c$$

$l_{ср}$ – середньозважена відстань трелювання під час освоєння всієї площі лісосіки, m ;

$V_{ср}$ – середня швидкість переміщення міні скідера по території лісосіки за умови пішого руху оператора, m/c ;

$$t_2 = t_0 \cdot n, \quad n = \frac{Q_n}{q_x},$$

де t_0 – питомий час завантаження лісоматеріалу, с.

n – середня кількість лісоматеріалів, які слід завантажити на міні скідер для забезпечення рейсового об'єму деревини, шт..

q_d – розрахунковий об'єм сортименту з урахуванням об'єму стовбура на рубках формування і оздоровлення лісів, м³.

$$n = \frac{1,5}{0,3} = 5_{\text{шт.}} \quad t_2 = 150 \times 5 = 750 \text{ с.}$$

$$P_{\text{зм}} = \frac{(28800 - 2400) \times 0,75}{300 + 800 + 300} \times 1,5 = 12,4 \text{ Equation.3 м}^3/\text{зм}$$

Таблиця 2.1 – Відомість розрахунків основних фондів та чисельності людей для забезпечення лісосічних робіт у Львівському надлісництві

Назва операцій	Марки машин і обладнання	Змін. завдання, м ³	Змін. продуктивність, м ³	К-сть робітників на 1 мех. мол	Розрахункова к-сть		Прийнята к-сть	
					машин	робітників	машин	робітників
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РУБКИ ГОЛОВНОГО КОРИСТУВАННЯ								
Звалювання дерев, зрізування гілок, розкряжування стовбурів	John Deere 1270D	212,0	240,5	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0
Звалювання дерев, зрізування гілок, розкряжування стовбурів	STIHL MS - 362	150,0	51,0	1,0	2,9	2,9	3,0	3,0
Трелювання сортиментів	John Deere 810E	362,0	132,0	1,0	2,8	2,8	3,0	3,0
Разом:	-	-	-	-	-	-	7,0	7,0
РУБКИ ФОРМУВАННЯ І ОЗДОРОВЛЕННЯ ЛІСІВ								
Звалювання дерев, зрізання гілок і кряжування стовбурів	STIHL MS - 362	252,0	21,6	1,0	11,7	11,7	12,0	12,0
Під трелювання сортиментів	Iron Horse Pro	98,0	12,4	1,0	7,9	7,9	8,0	8,0
Трелювання сортиментів	John Deere 810E	252,0	113,2	1,0	2,2	2,2	2,0	2,0
Разом:	-	-	-	-	-	-	22,0	22,0

Всього:	-	-	-	-	-	-	29,0	29,0
---------	---	---	---	---	---	---	------	------

2.4. Розрахунок загальної об'ємної маси доступних для переробки лісосічних відходів

Внаслідок проведення лісосічних робіт утворюються значні об'єми деревних відходів на лісосіках, які на сьогодні можуть скласти запаси корисної сировини для переробки і використання. Можна припустити, що в переробку слід направляти деревні відходи, як рубок головного користування, так і рубок формування насаджень. Однак, за певних умов це практично не можливо тому, в розрахунку припустимо, що переробляти відходи будемо від рубок головного користування та частково від інших рубок, тобто, від загального об'єму деревини 130 тис.м³ із врахуванням складу насадження 6С2Бк2Д.

Першочергово розрахуємо об'єм найбільш поширених відходів, а саме гілок, використовуючи вираз:

$$V_{г/в} = Q_p (a_{хв} D_{хв} + a_{л} D_{л}),$$

де $a_{хв}, a_{л}$ – частка гілкової маси на хвойному чи листяному дереві в загальному об'ємі деревини;

$D_{хв}, D_{л}$ – доля участі хвойних і листяних дерев у змішаному лісовому насадженні.

$$V_{г/в} = 130000 \times (0,14 \times 0,6 + 0,16 \times 0,4) = 19240,0 \text{ м}^3.$$

Крім гілок у відходи на лісосіці потрапляють вершинки, діаметр яких становить менше 8см. Їх доступний об'єм можна розрахувати:

$$V_{в/в} = Q_p (a_{хв1} D_{хв} + a_{л1} D_{л}) \times (1 + b),$$

де $a_{хв1}, a_{л1}$ – доля тонких вершинок в загальній об'ємній масі деревини певної породи: $a_{хв1} = 0,109$, $a_{л1} = 0,161$;

b – нормативні втрати деревних відходів у вигляді вершинок в процесі їх заготівлі $b = 0,24$.

$$V_{в/в} = 130000,0 \times (0,109 \times 0,6 + 0,161 \times 0,4) \times (1 + 0,24) = 12784,7 \text{ м}^3$$

Крім безпосередніх залишків крони дерев та відходів обробки стовбурів, до відходів на лісосіці відносять також і тонкомірні не кондиційні дерева, головним чином, другорядних порід дерев. Їх загальну об'ємну масу можна розрахувати із виразу:

$$V_r = Q_p \times g_r,$$

де g_r – емпірично встановлена доля тонкомірних дерев у складі лісового насадження, $g_r = 0,05$

$$V_m = 130000,0 \times 0,05 = 6500,0 \text{ м}^3;$$

У підсумку можна розрахувати загальний об'єм вторинної деревної сировини, що може бути перероблений на доступну для виробництва деревну сировину шляхом її здрібнення:

$$V = V_{r/b} + V_{b/o} + V_r,$$

$$V = 19240,0 + 12784,7 + 6500,0 = 38524,7 \text{ м}^3$$

Щоб забезпечити необхідні виробничі потужності для переробки вторинної деревної сировини на лісосіці, слід встановити розрахункову продуктивність відповідного технологічного устаткування. В якості такого виберемо причепну русальну машину, змінна продуктивність якої буде:

$$P_{p,m} = T \times n \times Z \times l_{tr} \times F_{cp} \times k_m \times k_p,$$

де n – робоча частота обертання ножового диску машини, об/хв.;

Z – зальне число ріжжучих ножів на робочому диску причіпної рубальної машини;

l_{tr} – стандартна довжина деревинної тріски, яка становить 0,018 м;

F_{cp} – загальна розрахункова площа перерізу деревини завантаженої в приймальний патрон рубальної машини, м²;

k_m – коефіцієнт ефективності роботи устаткування впродовж робочої зміни, що виражає корисну роботу;

k_p – коефіцієнт використання робочого часу зміни, безпосередньо на переробку лісосічних відходів.

$$II_{p.m} = 480 \times 0,65 \times 0,018 \times 0,035 \times 0,35 \times 0,35 = 107,3 \text{ м}^3 / \text{зм.}$$

В якості спеціалізованого технологічного устаткування, виберемо причепну русальну машину українського виробника, марки RM 800.5 та розрахуємо кількість зазначених машин щоб переробити весь річний об'єм лісосічних відходів, які можна зібрати:

$$n_{p.m} = \frac{Q_p^{відх}}{z \times II_{p.m.}}$$

$$n_{p.m} = \frac{38524,7}{250 \times 0,7,3} = 1,5$$

У зв'язку з можливими змінами об'ємів переробки в сторону збільшення, доцільно прийняти дві рубальні машини.

2.5 Основні вимоги охорони праці, збереження довкілля та безпека в надзвичайних ситуаціях при виконанні лісосічних робіт

2.5.1. Охорона праці та техніка безпеки на лісосічних роботах

Завдяки введенню в технологічний процес лісосічних робіт багатоопераційної техніки, що призвело до зростання загального рівня механізації робіт, це також позитивно сприятиме на зростання безпеки праці. Однак, робота зазначених машин також вимагає дотримання вимог техніки безпеки. Передусім, безпечна робота такої техніки значною мірою залежить від погодних умов, а тому під час складних погодних умов, робота навіть такої техніки може бути ускладнена. Тому, коли погодні умови створюють обмежену видимість, небезпечні умови роботи з предметом праці чи складнощі для переміщення машини, роботи слід припинити.

До погодних чинників, які найбільше впливають на безпеку роботи техніки є сильні тумани, мряка, ожеледиця чи слизька ґрунтова поверхня, сильний вітер і т.д.

Іншим аспектом, що впливає на безпечну експлуатацію машин є їх технічна готовність. Лісозаготівельна техніка має проходити планові технічні огляди, ремонти і допускатися до експлуатації лише в справному стані. Експлуатація техніки допускається лише за призначенням з дотриманням робочих технологічних навантажень на робочі органи. Оператори таких машин мають мати відповідну професійну підготовку на практичний досвід керування зазначеною технікою. Крім того, оператори мають проходити періодичні перевірки стану здоров'я.

Загалом роботи на лісосіках аповинні проводитися згідно затвердженої технологічної карти та дотриманням заходів безпеки, якими в першу чергу є встановлення попереджувальних і заборонних знаків та відмежування зони підвищеної небезпеки де виконується зрізання дерев. Між суміжними робочими місцями чи ділянками має встановлюватися безпечна відстань, якої слід всім дотримуватися.

Аналогічно із роботою з ручними інструментами, також слід дотримуватися прописаних вимог техніки безпеки і охорони праці. Звалювання дерев бензопилами також має виконуватися лише за сприятливих погодних умов. Під час цієї операції слід дотримуватися технології зрізання дерева та напрямку зрізання дерев на пасіці. Зона роботи звалювальника має чітко відмежовуватися знаками та стрічками і перебування в ній сторонніх людей суворо заборонене.

Працівники зайняті на лісосічних роботах мають бути забезпечені сезонним робочим одягом, засобами індивідуального захисту та необхідним допоміжним обладнанням і інструментами. На лісосіці мають бути створені умови для відпочинку працівників не залежно від пори року.

2.5.2. Заходи протипожежної безпеки

Вживання заходів запобігання лісовим пожежам під час робіт у лісі є невідомою частиною технологічного процесу. Особливо це питання гостро стоїть в сухий період року за підвищеної температури повітря. Є типові заходи

запобігання лісової пожежі, які вживаються під час робіт в лісі, особливо за участі техніки та інструментів із двигунами внутрішнього згорання.

Першочергово мають облаштовуватися стоянки лісової техніки із відповідними вимогами, які включають розміщення площадки на відстані не менше 50м від стіни лісу та штабелів деревини. Поверхня площадки має мати мінералізований ґрунт, а машини повинні розташовуватися на відстані 10м одна від одної. На площадці має бути наявна ємкість з водою та присутній пожедний щит із відповідним інвентарем. Машини бажано захищати від прямого сонячного проміння в літню пору, під час тривалого перебування на стоянці. Ємкості із паливними і мастильними матеріалами розміщувати на площадці стоянки машин заборонено.

Штабелі деревини слід також розміщувати на спеціально підготовлений площадках із дотриманням протипожежних заходів. Деревину значного об'єму зберігають на відстані від лісового насадження. Поблизу заборонено розміщувати місця відпочинку працівників, роводити багаття чи розміщувати ємкості із легкозаймистими речовинами.

2.5.3 Заходи зі збереження довкілля

Заходи зменшення негативного впливу на довкілля в процесі виконання лісосічних робіт, дещо відрізняються від загальновідомих заходів, хоча включають і їх. При роботах в лісовому середовищі, головна увага приділяється саме збереженню цілісності лісового середовища. Роботи в таких природних умовах слід планувати на таку пору року, коли негативний вплив на лісову флору і фауну буде мінімальним. В основному це може бути осінньо-зимовий період.

Під час складання технологічної карти на розробку лісосіки, слід враховувати найбільш важливі природні об'єкти та ділянки, збереження яких є обов'язковим. Тому, трелювальні шляхи слід проєктувати так, щоб огинати зазначенні місця на лісосіці. Техніка, яка використовується має відповідати вимогам роботи у лісовому природному середовищі. До таких вимог належить

ходова система машин, що має низький питомий тиск на опорну поверхню та хороші зчіпні властивості з поверхнею руху. Машини мають мати понижений шумовий діапазон, а також використовувати в якості пального, пальне на рослинній основі, що призводить до зменшення об'єму негативних викидів.

Категорично заборонено виливати відпрацьовані технічні рідини у лісові водні потоки чи ґрунт, а також засмічувати ґрунт синтетичними відходами та відпрацьованими матеріалами.

На стадії проектування процесу лісосічних робіт, слід за основу приймати екологізберігаючі технології та відповідну техніку, що призведе до кращого збереження лісового середовища.

2.6. Підсумовуючі результати заходів спрямованих на удосконалення лісосічних робіт в умовах Львівського надлісництва

Таблиця 2.2 – Відомість проектних результатів удосконалення виробничого процесу лісосічних робіт у Львівському надлісництві

№ п/п	Назва показника	Одиниці виміру	Величина показника
1	2	3	4
1.	Річний об'єм вивезення деревини: - рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	м ³ -//- -//-	153500,0 90500,0 63000,0
2.	Запас лісу на 1 га: - рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	м ³ /га -//- -//-	267,0 38,0
3.	Середній об'єм стовбура: - рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	м ³ -//- -//-	0,85 0,36
4.	Змінний об'єм заготівлі деревини: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	м ³ /зм -//- -//-	362,0 252,0
5.	Кількість робітників на основних роботах: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	чоловік -//- -//-	7,0 22,0
6.	Комплексний виробіток на одного робітника в зміну: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	м ³ /робітн. -//- -//-	51,7 11,5

продовження таблиці 2.2			
1	2	3	4
7.	Кількість комплексних бригад: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	од. -//- -//-	2,0 2,0
8.	Кількість лісосік - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	од. -//- -//-	68,0 237,0
9.	Склад насадження: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	– –	6С2Бк2Д 4С4Бк2Д
10.	Степінь механізації робіт: - поступові рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	% -//- -//-	74,0 62,0
11.	Енергоозброєність одного робітника: - рубки головного користування - рубки формування і оздоровлення лісів	кВт/робітн. -//- -//-	12,3 9,7

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Актуальність дослідження

Особливості проведення рубок формування і оздоровлення лісів, потребують використання комбінованої системи машин, тобто такої, що включає засоби для трелювання деревини в насадженні та трелювання по магістральних трелювальних волоках. Якщо для трелювання деревини по волоках використовується більш габаритна техніка, зокрема форвардери, які пропонуються в проектній частині роботи, то для трелювання в лісовому насадженні, потрібна техніка, яка в першу чергу може вільно проходити між деревами у завантаженому стані. Таким чином, тут слід використовувати або кінне трелювання, що на даний час практикується в господарстві або трелювальні засоби з аналогічними можливостями.

Для вирішення зазначеної проблеми, в роботі на цих рубках, пропонується застосовувати міні скідери, що не тільки не уступають кінному трелюванню але і мають цілий ряд переваг. Умови роботи та характеристика насадження певною мірою вносять корективи до застосування зазначених технічних засобів. Так, на площах із значним об'ємом стовбура, трелювання зазвичай виконується поштучно, що найчастіше притаманно поступовим рубкам головного користування. Менші об'єми стовбура дозволяють завантажувати на міні скідер кілька одиниць лісоматеріалів, а саме сортиментів.

Найбільші складнощі трелювання в насадженні, виникають під час маневрування трелювальної системи, особливо під час зміни напрямку руху для виходу на необхідну траєкторію. При такому маневрі вдається в знаки першочергово, довжина трелювальної системи, надмірне видовження якої спричиняє до зіткнення з деревами на площі. Це породжує необхідність встановлення зв'язку між довжиною трелювальної системи та середньою відстанню між деревами в насадженні. Щоб отримати певні практичні рекомендації, слід виконати теоретичне дослідження окремих проблемних ситуацій під час трелювання деревини в насадженні, що і визначає практичну цінність та актуальність даного дослідження.

3.2 Математична модель зміни напрямку руху трелювальної системи в насадженні

В даній моделі аналізується рух міні трелювальної системи із трелюванням одиничного лісоматеріалу в напівзавантаженому стані із використанням міні скідера з ручним штанговим керуванням. При цьому, дерева в насадженні розміщуються за певною схемою з відомою відстанню між ними. Міні скідер в завантаженому стані на 80% знаходиться під лісоматеріалом, що буде враховано при встановленні довжини системи.

В якості одного із випадків процесу трелювання, виберемо маневр міні трелювальної системи з метою зміни напрямку руху. Тобто, рухаючись по прямій, виконується поворот на інший напрямок руху на кут повороту близький до 90° . При чому, поворот здійснюється по плавній кривій.

Для математичного опису зазначеної ситуації, складемо розрахункову схему даної ситуації (рисунок 3.1), де позначимо точкою M_1 , початок сортименту, тобто, його кінець, який розміщується на міні скідері. При цьому трелювальна система рухається траєкторією, яка є паралельною до вісі OX , прямокутної системи координат. В подальшому, трелювальна система має змінити напрямок руху, виконавши поворот на довільний кут α . Очевидно, що у випадку плавної траєкторії повороту, початкова точка трелювальної системи, рухатиметься кривою, рівняння якої виразимо функцією

$$y = Ax^2 \quad (3.1)$$

Очевидно, що під час такого маневру, вісь OX розміщуватиметься по дотичній до початку траєкторії руху системи, а відповідно сама трелювальна система в процесі зміни напрямку її руху займе положення, яке можливо визначити використовуючи координати положення крайньої точки M_2 трелювальної системи, згідно з рисунком 3.1.:

$$\begin{aligned} x_0 &= l \cos \alpha_0; \\ h_0 &= l \sin \alpha_0. \end{aligned} \quad (3.2)$$

При цьому слід уточнити, що коли виконуватиметься поворот системи то її т. M_1 займатиме положення, що можна визначити $x=0$, $y=0$. При подальшому руху точки M_1 трелювальної системи кривою, рівняння якої подано вище (рівняння 3.1), можна сказати, що в кожний момент переміщення трелювальної системи, довжина якої позначається як M_1M_2 її положення визначатиметься на площинні змінним кутом α , який визначається рівнянням:

$$l \dot{\alpha} a = (2Ax \dot{x} \cos \alpha - \dot{x} \sin \alpha) dx \quad (3.3)$$

З даного рівняння, координати точки M_2 системи виражатимуться як:

$$\begin{cases} x = x - l \dot{x} \cos \alpha \\ y = y - l \dot{x} \sin \alpha = Ax^2 - l \dot{x} \sin \alpha \end{cases} \quad (3.4)$$

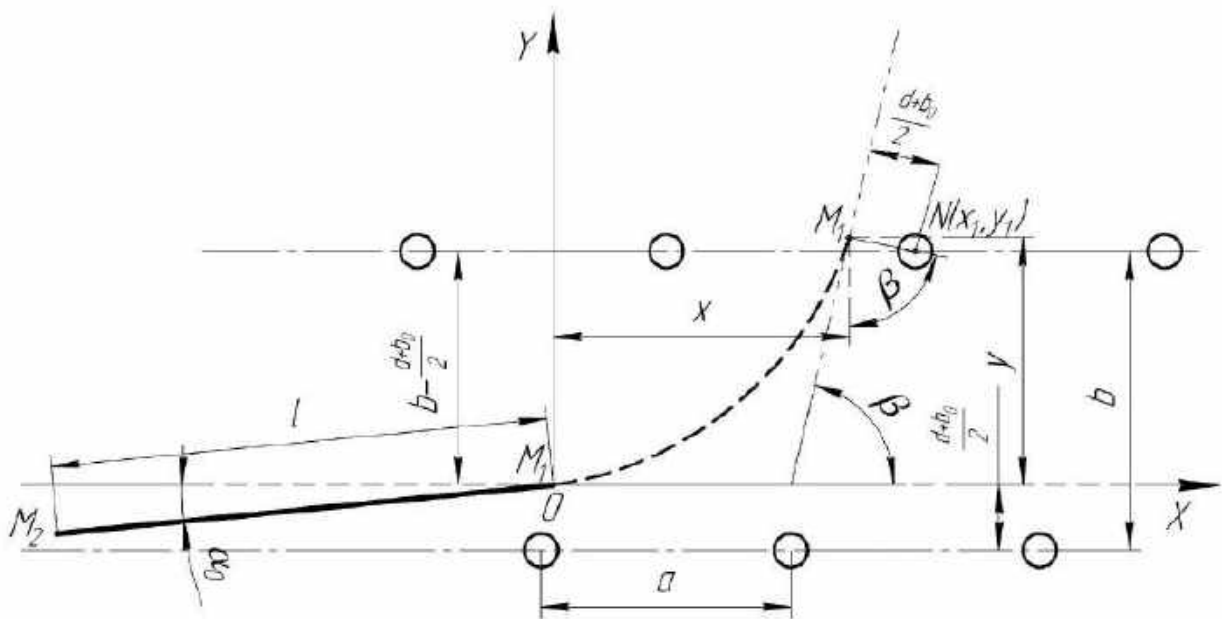


Рисунок 3.1 – Демонстраційна схема повороту трелювальної системи

При цьому слід прийняти умову, що для успішного виконання маневру з метою повороту, точка M_1 трелювальної системи, яка рухається згідно рівняння кривої (3.1), має обминути дерево N (рис.3.1), що розміщується

справа і вийти на іншу траєкторію руху в потрібному напрямку, який співпадатиме із дотичною лінією, до поворотної кривої (3.1), в точці завершення повороту.

Прийнявши координата абсциси розміщення дерева N , позначивши їх x_1 , а ординату $y_1 = b - \frac{d+b_0}{2}$, то відповідні координати т. M_1 в той час, коли міні трелювальна система завершуватиме маневровий поворот і виходитиме з кривої (3.1), виражатимуться як:

$$\begin{cases} x = x_1 - \frac{d+b_0}{2} \times \sin b \\ y = y_1 + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b = (b - \frac{d+b_0}{2}) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b \end{cases} \quad (3.5)$$

Ці координат також визначатимуть і координати точки, що перебуває в даний момент на кривій та на прямій траєкторії, яка відповідає зміненому напрямку руху трелювальної системи. Очевидно, що зазначена прямолінійна траєкторія буде дотичною лінією до кривої з рівнянням (3.1), а отже, можна записати такий вираз:

$$\begin{aligned} (b - \frac{d+b_0}{2}) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b &= A(x_1 - \frac{d+b_0}{2} \times \sin b)^2 \quad \text{Equation.3} \quad (3.1') \\ \operatorname{tg} b &= 2A(x_1 - \frac{d+b_0}{2} \times \sin b) \quad (3.6) \end{aligned}$$

Вираз (3.6) виражає прийняту умову про те, що дотична лінія, яка проведена до зазначеної кривої повороту і описується рівнянням (3.1), утворює деякий змінний кут b до вісі OX в перехідній точці кривої, тобто:

$$2Ax = \operatorname{tg} b \quad \text{при } x, \text{ що є у виразі} \quad (3.5)$$

Аналізуючи систему рівнянь (3.1') та (3.6) і виключаючи з неї множник

$$(x_1 - \frac{d+b_0}{2} \times \sin b), \text{ можливо записати:}$$

$$A = \frac{\operatorname{tg}^2 b}{4\left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b} \quad (3.7)$$

$$x_1 - \frac{d+b_0}{2} \times \sin b = \frac{2\left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b}{\operatorname{tgb}} \quad (3.8)$$

де x_1 – абсциса розміщення точки N , що відповідає центру дерева N , яке слід безпечно обминути під час повороту. Дану абсцису, можна виразити таким рівнянням:

$$x_1 = \frac{d+b_0}{2} \times \sin b + \frac{2\left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b}{\operatorname{tgb}} \quad (3.8')$$

Аналізуючи отримане рівняння, можна сказати, що щоб забезпечити плавний поворот трелювальної системи в необхідному напрямку, слід забезпечити рух її початкової точки M_1 з положення її початкового стану, кривою, рівняння якої буде виражене функцією:

$$y = \frac{\operatorname{tg}^2 b}{4\left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \cos b} x^2 \quad (3.9)$$

Завершення маневру, визначатиметься положенням трелювальної системи, що відповідатиме таким координатам:

$$\begin{cases} x = \frac{2\left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b}{\operatorname{tgb}} \\ y = \left(b - \frac{d+b_0}{2}\right) + \frac{d+b_0}{2} \times \cos b \end{cases} \quad (3.10)$$

Для зручності оперування, рівняння системи (3.10), можна спростити і записати у вигляді:

$$\begin{cases} x = \frac{2b - (d + b_0)(1 - \cos \beta)}{\operatorname{tg} \beta} \\ y = x \operatorname{tg} \beta = 2b - (d + b_0)(1 - \cos \beta) \end{cases} \quad (3.10')$$

На основі виконаних аналітичних розрахунків та отриманих результатах, можна відтворити графічний розв'язок рівняння (3.9) (рисунок 3.2).

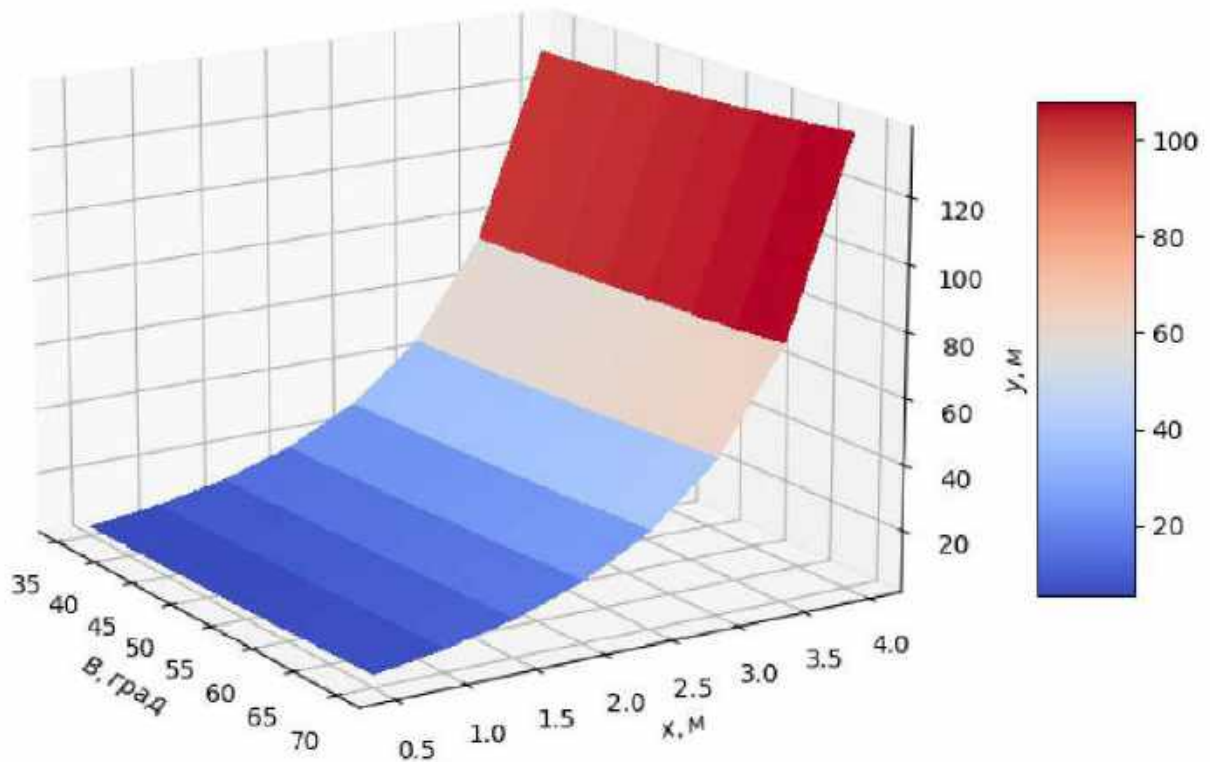


Рисунок 3.2 – Поверхня відгуку дослідження траєкторії переміщення трельовальної системи при змінному куті β повороту та $b=3\text{м}$, $b_0=1,2\text{м}$, $d=0,2\text{м}$.

ВИСНОВКИ

1. Перехід на поступову та вибірккову системи рубок головного користування, дозволяє уникати заростання вирубки травяною рослинністю та чагарниками, зберігаючи лісове середовище, сприятливе для відновлення лісового насадження.

2. Освоєння лісосік методом широких пасік, хоч і потребує кілька етапного трелювання деревини, однак не потребує значних трудовитрат на будівництво великої кількості трелювальних волоків.

3. Сучасна малогабаритна трелювальна техніка, дозволяє повністю відмовитися від трелювання кіньми, забезпечуючи при цьому таку ж саму екологічність процесу, однак із вищим рівнем механізації.

4. Теоретичні розрахунки показують, що надлісництво може отримувати щорічно, додатково 38524,7м³ здрібненої деревної сировини, внаслідок переробляння лісосічних відходів.

5. Результати теоретичного дослідження, дозволяють виконувати аналіз доцільності використання певних трелювальних засобів на площах відведених в рубку формування та оздоровлення лісів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Термена Б. К. Лісознавство з основами лісівництва: навч. посібник / Термена Б.К. – Чернівці: Книги – XXI, 2004. – 160 с.
2. Шкіря Тиберій. Технологія і машини лісосічних робіт: підручник / Т. М. Шкіря. – Львів: Тріада плюс, 2003. – 290 с.
3. Генсірук С. А. Ліси західного регіону України / Генсірук С.А., Нижник М.С., Копій Л.І. – Львів, 1998. – 408 с.
4. Литвинчук М. М. Щодо використання на рубках догляду за лісом коней та мінітракторів / М. М. Литвинчук // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук. – техн. праць. – Львів, 1999. – Вип. 9.6 – С. 58–60.
5. Шкіря Т. М. Перспективи сортиментної лісозаготівлі в умовах України / Т. М. Шкіря, Ю. І. Цимбалюк // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук. – техн. праць. – Львів, 2001. – Вип. 11.4 – С. 97–99.
6. Ковальчук Н. П. Аналіз проблем лісозаготівель в Україні / Н. П. Ковальчук // Сільськогосподарські машини: зб. наук. статей. – Луцьк: ЛНТУ, 2013. – Вип. 25 – С. 61–65.
7. Стиранівський Олег. Природоохоронні засади транспортного освоєння гірських лісових територій: монографія / О. А. Стиранівський, Ю. О. Стиранівський. – Львів: НЛТУ України, Галицька видавнича спілка, 2010. – 208 с.
8. Кудра В. С. Вплив первинного транспорту деревини в горах на лісове середовище / В. С. Кудра, І. Д. Гриджук // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук. – техн. праць. – Львів, 2004. – Вип. 14.3. – С. 285–289.
9. Гром'як Ю. О. Проблеми механізації і машинізації лісозаготівель в умовах ринкової економіки / Ю. О. Гром'як // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук. – техн. праць. – Львів, 1999. – Вип. 9.6 – С. 43–45.
10. Шкіря Т. М. Щодо кінного трельовання деревної сировини в умовах крутосхилих лісосік / Т.М. Шкіря // Науковий вісник УкрДЛТУ: зб. наук. – техн. праць. – Львів, 1999. – Вип. 9.6 – С. 115–118.

11. Шкіря Т. М. Щодо екологічно невиснажливих засобів трелювання лісоматеріалів в гірській місцевості / Т. М. Шкіря, В. В. Кий, І. В. Сойма, Ю. І. Цимбалюк // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – Вип. 26. – С. 58–62.

12. Генсірук С. А. Ліс проблема державна і світова / С. А. Генсірук // Лісівнича академія наук України. Наукові праці. – Львів: «Львівська політехніка», 2002. – Вип. 1. – С. 22–25.

13. Кий В. В., Ю. І. Цимбалюк. Перспективні засоби гужового трелювання деревної сировини в гірській та пагорбистій місцевостях / В. В. Кий, Ю. І. Цимбалюк // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: УкрДЛТУ, 2004. – Вип. 29. – С. 73–77.

14. Marian Suwala . Tree damage and soil disturbances at wood harvesting / Marian Suwala, Krzysztof Jodlowski and Stanislaw Rzadkowski // Proceedings of the International Scientific Conference: forest and wood technology vs. environment, 20 – 22 November. – Brno, Czech Republic, 2000. – P. 357–365.

15. Rudolf ABRAHAM. Coparison of drawbar pull of tractor at three different types of driving wheels / Rudolf ABRAHAM, Radoslav MAJDAN, František VARGA // Mobile energy systems – Hydraulics – Environment – Ergonomics of mobile machines: Peer – reviewed Proceedings. – Zvolen: Technika univerzita vo Zvolene, 2013. – p. 7–17.

16. Tibor Lukač. Technische lösung des maschinensystems für die holzbringung: 20. Forsttechnikertreffen / Tibor Lukač. – Brno, 1994. – 5.-8.4. – 31 s.

17. Пастернак П. С. Хвойні ліси України : Український наук.-досл. ін-т. ліс. госп. ім. Г.М. Висоцького / П. С. Пастернак, П. П. Посохов, І. П. Федеть, І. Б. Шинкаренко. – К.: Урожай, 1976 – 112 с.

ДОДАТКИ

