

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

Підвищення ефективності лісогосподарських заходів в умовах Хмельницького надлісництва Філії “Подільський лісовий офіс” ДП “Ліси України”

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

Керівник: Бакай Б. Я.

Рецензент: Степанишин В. М.
(прізвище та ініціали)

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.

"02" жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Василишину Миколі Станіславовичу

1. Тема роботи Підвищення ефективності лісогосподарських заходів в умовах Хмельницького надлісництва Філії "Подільський лісовий офіс" ДП "Ліси України",

керівник роботи Бакай Борис Ярославович, канд. техн. наук,
затверджені наказом університету від "29" липня 2025 року № С-461

2. Термін подання студентом роботи 16 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи базове підприємство – Хмельницького надлісництва Філії "Подільський лісовий офіс" ДП "Ліси України"; об'єкт дослідження – виробничі процеси виконання лісогосподарських заходів у сучасних умовах ведення лісового господарства, зокрема лісосічні роботи; запропонувати та обґрунтувати шляхи підвищення ефективності лісогосподарських заходів; врахувати особливості проєкту Плану ведення господарства на 2026 р. та стан природно-виробничих умов надлісництва.

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

1. Теоретичні та нормативно-організаційні засади підвищення ефективності лісогосподарських заходів







2. Методичні засади дослідження ефективності лісогосподарських заходів

3. Обґрунтування напрямів підвищення ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницькому надлісництві

4. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
1. Схеми технології розроблення лісосік; графи алгоритмів. _____
2. Проект заходів для підвищення ефективності лісогосподарських робіт. _____
3. Результати обґрунтування технології для підвищення ефективності лісогосподарських заходів (порівняльні таблиці). _____

6. Консультанти розділів роботи

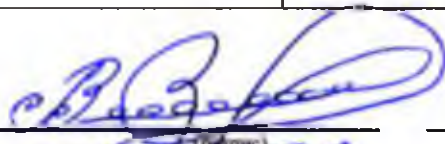
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|--|--|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Бакай Б. Я., в. о. зав. кафедри |  02.10.2025р. |  02.10.2025р. |
| 2 | Бакай Б. Я., в. о. зав. кафедри |  21.10.2025р. |  17.11.2025р. |
| 3 | Бакай Б. Я., в. о. зав. кафедри |  18.11.2025р. |  02.12.2025р. |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____ 02.10.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Ч. ч. | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Теоретичні та нормативно-організаційні засади підвищення ефективності лісогосподарських заходів | 02.10.2025-20.10.2025 р. | |
| 2 | Методичні засади дослідження ефективності лісогосподарських заходів | 21.10.2025-17.11.2025 р. | |
| 3 | Обґрунтування напрямів підвищення ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницькому надлісництві | 18.11.2025-08.12.2025 р. | |
| 4 | Формування висновків та оформлення кваліфікаційної роботи | 09.12.2025-15.12.2025 р. | |
| | | | |
| | | | |

Студент



Василишин М. С.

Керівник роботи



Бакай Б. Я.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 72 с., 3 ч., 22 табл., 2 рис., 5 дод., 14 джерел.

Тема: Підвищення ефективності лісгосподарських заходів в умовах Хмельницького надлісництва Філії “Подільський лісовий офіс” ДП “Ліси України”.

ЛІСОГОСПОДАРСЬКІ ЗАХОДИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЗАГОТІВЛЯ ДЕРЕВИНИ, ТРАНСПОРТНІ ПРОЦЕСИ, ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ, СТАЛЕ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ.

Об’єкт дослідження – виробничі процеси виконання лісгосподарських заходів у сучасних умовах ведення лісового господарства.

Мета роботи – обґрунтування напрямів підвищення ефективності лісгосподарських заходів на основі вдосконалення організаційно-технологічних рішень з урахуванням вимог сталого лісокористування.

Методи дослідження – методи аналізу та моделювання виробничих процесів лісгосподарської діяльності.

У кваліфікаційній роботі досліджено питання підвищення ефективності лісгосподарських заходів у сучасних умовах ведення лісового господарства. Розглянуто засади ефективності лісгосподарської діяльності, проаналізовано особливості організації виробничих процесів і технологічного забезпечення основних видів робіт. Особливу увагу приділено рубкам головного користування, рубкам формування і оздоровлення лісу, трелювальним і транспортним процесам, а також лісовідновленню та догляду за молодняками.

У роботі обґрунтовано напрями вдосконалення організаційно-технологічних рішень з урахуванням природно-виробничих умов і вимог сталого лісокористування. Запропоновано підходи до оптимізації трелювальних і транспортних процесів на основі графових методів, інтеграції екологічних обмежень у виробничі технології та підвищення рівня безпеки праці. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для підвищення результативності лісгосподарських заходів і зниження непродуктивних витрат у процесі ведення лісового господарства.

ABSTRACT

Master's degree graduation thesis: 72 p., 3 ch., 22 tbl., 2 ill., 5 add., 14 literature sources.

Thesis topic: Increasing the efficiency of forestry activities in the conditions of the Khmelnytskyi Forestry Department of the Podilsk Forestry Office Branch of SFE Forests of Ukraine.

FORESTRY ACTIVITIES, EFFICIENCY, FELLING OPERATIONS, TRANSPORTATION PROCESSES, FOREST REGENERATION, SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT.

Study subject – Production processes of forestry activities under modern forest management conditions.

Research objective – substantiation of directions for increasing the efficiency of forestry activities through the improvement of organizational and technological solutions, taking into account the requirements of sustainable forest management.

Research methods – the study applies methods of analysis and modelling of forestry production processes.

The qualification thesis examines the issue of increasing the efficiency of forestry activities under modern forest management conditions. The foundations of forestry efficiency are considered, and the organization of production processes and the technological support of the main types of operations are analysed. Particular attention is paid to final felling operations, silvicultural and sanitary cuttings, skidding and transportation processes, as well as forest regeneration and the tending of young stands.

The study substantiates directions for improving organizational and technological solutions with due regard to natural and production conditions and the requirements of sustainable forest management. Approaches to optimizing skidding and transportation processes based on graph methods, integrating environmental constraints into production technologies, and improving occupational safety are proposed. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of their application to increase the effectiveness of forestry activities and reduce non-productive costs in forest management practice.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 8 |
| 1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ | 10 |
| 1.1 Сутність, зміст і критерії ефективності лісогосподарських заходів у системі сталого лісокористування | 10 |
| 1.2 Сучасні підходи до організації та технологічного забезпечення лісогосподарських заходів у лісогосподарських підприємствах | 13 |
| 1.3 Нормативно-правове регулювання та виробничі обмеження виконання лісогосподарських заходів в умовах України | 16 |
| 1.4 Аналіз наукових досліджень і практичного досвіду підвищення ефективності лісогосподарських робіт | 19 |
| 1.5 Аналіз виробничої діяльності Хмельницького НЛ | 22 |
| 2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ | 26 |
| 2.1 Програма та методика роботи | 26 |
| 2.2 Загальна характеристика об'єкта і предмета дослідження та природно-виробничі умови Хмельницького НЛ | 27 |
| 2.3 Методика оцінювання виробничої, технологічної та екологічної ефективності лісогосподарських заходів | 30 |
| 2.4 Методичні підходи до аналізу технологічних процесів і використання машин та механізмів у лісогосподарських роботах | 32 |
| 2.5 Інформаційне забезпечення дослідження та використання геоінформаційних і розрахунково-аналітичних методів | 34 |

| | |
|---|----|
| 3 ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ У ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ НАДЛІСНИЦТВІ | 36 |
| 3.1 Аналіз фактичного стану виконання лісогосподарських заходів і рівня їх ефективності | 36 |
| 3.2 Аналіз відповідності фактичних лісогосподарських заходів плану лісоуправління | 38 |
| 3.3 Удосконалення технологій проведення рубок головного користування | 42 |
| 3.4 Підвищення ефективності РФОЛ | 45 |
| 3.5 Оптимізація трелювальних і транспортних процесів у межах надлісництва | 48 |
| 3.6 Підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками | 52 |
| 3.7 Інтеграція екологічних обмежень у виробничі технології як чинник ефективності | 55 |
| 3.8 Заходи з охорони праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємствах лісового господарства | 58 |
| ВИСНОВКИ | 62 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 64 |
| ДОДАТКИ | 66 |

ВСТУП

Лісове господарство України в сучасних умовах функціонує в середовищі зростаючих викликів, пов'язаних із трансформацією інституційної системи управління лісами, посиленням екологічних вимог, зміною кліматичних умов та необхідністю забезпечення економічної стійкості підприємств. За таких обставин підвищення ефективності лісогосподарських заходів набуває особливого значення, оскільки саме від якості організації та технологічного забезпечення виробничих процесів залежить збереження і відтворення лісових ресурсів, рівень їх продуктивності та здатність лісового господарства виконувати екологічні, економічні й соціальні функції.

У практиці лісогосподарських підприємств ефективність заходів значною мірою визначається раціональністю застосовуваних технологій рубок, організацією трелювальних і транспортних процесів, якістю лісовідновлення та догляду за молодняками, а також інтеграцією екологічних обмежень у виробничу діяльність. Недостатня узгодженість між плануванням і фактичним виконанням робіт, уніфікований підхід до технологій за різних природно-виробничих умов і обмежена оптимізація логістичних процесів призводять до зростання витрат, зниження продуктивності праці та підвищення техногенного навантаження на лісові екосистеми.

Особливої актуальності ці питання набувають для підприємств лісового господарства Подільського регіону, зокрема Хмельницького надлісництва Філії “Подільський лісовий офіс” (надалі Хмельницьке НЛ), де домінують твердолистяні насадження, значна частка лісів має обмежений режим використання, а виробничі процеси здійснюються в умовах поєднання рівнинного рельєфу з локально вразливими ділянками ґрунтового покриву. За таких умов підвищення ефективності лісогосподарських заходів потребує науково обґрунтованого підходу, що поєднує лісівничі вимоги, інженерно-технологічні рішення та принципи сталого лісокористування.

Зв'язок теми кваліфікаційної роботи з науковими та практичними завданнями полягає у необхідності вдосконалення виробничих процесів лісового господарства на основі аналізу відповідності фактичної діяльності плану лісоуправління, оптимізації технологій рубок головного користування і рубок формування та оздоровлення лісу, підвищення ефективності лісовідновлення, а також раціоналізації трелювальних і транспортних процесів із застосуванням сучасних методів аналізу.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування напрямів підвищення ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницьке НЛ на основі вдосконалення організаційно-технологічних рішень з урахуванням екологічних обмежень і вимог безпеки.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено розв'язання таких завдань: проаналізувати теоретичні та нормативно-організаційні засади підвищення ефективності лісогосподарських заходів; охарактеризувати об'єкт і предмет дослідження та природно-виробничі умови Хмельницького НЛ; оцінити фактичний стан виконання лісогосподарських заходів і їх відповідність плану лісоуправління; обґрунтувати напрями удосконалення технологій рубок головного користування, рубок формування і оздоровлення лісу, лісовідновлення та догляду за молодняками; запропонувати підходи до оптимізації трелювальних і транспортних процесів; визначити роль інтеграції екологічних, охоронних і безпекових заходів у підвищенні ефективності виробничої діяльності.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів і запропонованих рішень у діяльності підприємств лісового господарства для підвищення ефективності лісогосподарських заходів, удосконалення організації виробничих процесів і зниження негативного впливу на навколишнє природне середовище.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ТА НОРМАТИВНО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ

1.1 Сутність, зміст і критерії ефективності лісогосподарських заходів у системі сталого лісокористування

Лісогосподарські заходи є сукупністю взаємопов'язаних виробничих, організаційно-технічних і природоохоронних дій, спрямованих на формування, відтворення, охорону та раціональне використання лісових ресурсів з урахуванням їх екологічних, економічних і соціальних функцій [1-3]. У сучасних умовах розвитку лісового господарства України ці заходи дедалі більше розглядаються крізь призму концепції сталого лісокористування, що передбачає довгострокове збереження продуктивності лісів, підтримання їх біологічної різноманітності та забезпечення стабільного виконання екосистемних послуг за одночасного досягнення економічної доцільності господарювання.

Сутність ефективності лісогосподарських заходів полягає у співвідношенні досягнутих результатів із витраченими ресурсами, що охоплюють матеріальні, трудові, енергетичні та часові складові виробничого процесу. На відміну від суто економічного трактування, у лісовому господарстві ефективність має комплексний характер і не може обмежуватися лише показниками прибутковості чи собівартості. Вона формується під впливом тривалого виробничого циклу, просторової неоднорідності лісових угідь, природно-кліматичних умов та екологічних обмежень, що зумовлює необхідність багатокритеріального підходу до її оцінювання (табл. 1.1).

Зміст ефективності лісогосподарських заходів розкривається через поєднання виробничої, технологічної, економічної та екологічної складових. Виробнича ефективність відображає здатність лісогосподарських заходів забезпечувати заплановані обсяги робіт і досягнення цільових показників стану насаджень у встановлені терміни. Технологічна ефективність характеризує

рівень відповідності застосовуваних технологій і машинно-механізованих засобів природно-виробничим умовам, їх продуктивність, надійність і адаптивність до конкретних типів лісорослинних умов. Економічна ефективність пов'язана з оптимізацією витрат, підвищенням продуктивності праці та зниженням ресурсоемності виконання лісогосподарських робіт [2, 3]. Екологічна ефективність визначається ступенем збереження ґрунтового покриву, мінімізацією негативного впливу на лісові екосистеми та забезпеченням умов для природного відновлення лісів.

Таблиця 1.1 – Складові ефективності лісогосподарських заходів у системі сталого лісокористування

| Складова ефективності | Змістова характеристика | Орієнтовні показники оцінювання |
|-------------------------|---|--|
| Виробнича | Характеризує результативність виконання лісогосподарських заходів відповідно до планових обсягів і термінів | Обсяг виконаних робіт, своєчасність виконання, відповідність проєктним рішенням |
| Технологічна | Відображає рівень відповідності застосованих технологій природно-виробничим умовам | Продуктивність технологічних процесів, надійність машин, адаптивність технологій |
| Економічна | Визначає доцільність використання матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів | Собівартість робіт, продуктивність праці, ресурсоемність процесів |
| Екологічна | Оцінює ступінь впливу лісогосподарських заходів на лісові екосистеми | Збереження ґрунтів, стан підросту, рівень порушення екосистем |
| Соціально-організаційна | Характеризує умови праці та організацію виробничих процесів | Безпека праці, рівень механізації, кваліфікація персоналу |

У системі сталого лісокористування критерії ефективності лісогосподарських заходів мають формуватися з урахуванням довгострокових

наслідків господарської діяльності [3-5]. До таких критеріїв належать показники продуктивності лісових насаджень, стійкості їхнього санітарного стану, рівня збереження лісових ґрунтів, інтенсивності антропогенного навантаження, а також економічні показники, що характеризують доцільність і результативність використання виробничих ресурсів (табл. 1.2). Особливе значення має узгодженість цих критеріїв між собою, оскільки досягнення високих економічних результатів без урахування екологічних вимог призводить до деградації лісових екосистем і, як наслідок, до зниження загальної ефективності лісогосподарського виробництва у перспективі.

Таблиця 1.2 – Критерії ефективності лісогосподарських заходів у контексті сталого лісокористування

| Група критеріїв | Характеристика критеріїв | Значення для сталого лісокористування |
|-----------------|--|---|
| Виробничі | Відображають ступінь досягнення запланованих лісогосподарських результатів | Забезпечують стабільність ведення лісового господарства |
| Технологічні | Оцінюють ефективність застосування машин і технологій | Сприяють зниженню техногенного навантаження |
| Економічні | Характеризують ефективність використання ресурсів | Забезпечують економічну доцільність робіт |
| Екологічні | Визначають рівень збереження екосистемних функцій лісу | Підтримують екологічну стійкість лісів |
| Інтегральні | Поєднують кілька груп показників | Забезпечують комплексну оцінку ефективності |

Таким чином, ефективність лісогосподарських заходів у системі сталого лісокористування слід розглядати як інтегральну характеристику, що відображає рівень раціональності організації виробничих процесів, обґрунтованість застосовуваних технологій і здатність лісогосподарської

діяльності забезпечувати збалансований розвиток лісів. Саме такий підхід створює науково-методичну основу для подальшого обґрунтування шляхів підвищення ефективності лісогосподарських заходів в умовах конкретного лісогосподарського підрозділу.

1.2 Сучасні підходи до організації та технологічного забезпечення лісогосподарських заходів у лісогосподарських підприємствах

Організація та технологічне забезпечення лісогосподарських заходів у лісогосподарських підприємствах на сучасному етапі розвитку галузі ґрунтуються на поєднанні виробничої доцільності, екологічної безпеки та вимог сталого лісокористування. В умовах реформування системи управління лісовим господарством України зростає роль науково обґрунтованих підходів до планування, реалізації та контролю виконання лісогосподарських робіт, що зумовлює необхідність переходу від фрагментарних рішень до системної організації виробничих процесів [4-7].

Сучасні організаційні підходи передбачають інтегроване планування лісогосподарських заходів на основі матеріалів лісовпорядкування, даних поточного обліку стану насаджень та прогнозування їх розвитку (табл. 1.3). При цьому особлива увага приділяється узгодженню термінів і обсягів виконання робіт із природно-кліматичними умовами, віковою структурою насаджень і технологічними можливостями підприємства. Раціональна організація виробництва забезпечує зменшення простоїв техніки, оптимізацію використання трудових ресурсів і підвищення керованості лісогосподарських процесів, що безпосередньо впливає на загальну ефективність діяльності підприємства.

Технологічне забезпечення лісогосподарських заходів на підприємствах дедалі більше орієнтується на впровадження малозатратних і екологічно щадних технологій (табл. 1.4). Це стосується як робіт із лісовідновлення та лісорозведення, так і догляду за лісовими культурами, рубок формування і

оздоровлення лісів та супутніх технологічних операцій. Вибір технологій здійснюється з урахуванням типів лісорослинних умов, рельєфу місцевості, ґрунтових характеристик і чутливості лісових екосистем до механічного впливу [2, 6-8]. Такий підхід сприяє зменшенню негативного впливу на ґрунтовий покрив і кореневі системи дерев, що є особливо важливим для забезпечення довготривалої продуктивності насаджень.

Таблиця 1.3 – Сучасні підходи до організації лісогосподарських заходів у лісогосподарських підприємствах

| Організаційний підхід | Змістова характеристика | Очікуваний вплив на ефективність |
|------------------------------|---|--|
| Системне планування | Комплексне узгодження лісогосподарських заходів із матеріалами лісовпорядкування та виробничими ресурсами | Підвищення керованості виробничих процесів |
| Адаптивна організація робіт | Гнучке коригування планів залежно від природних і виробничих умов | Зменшення втрат робочого часу |
| Процесний підхід | Орієнтація на технологічні ланцюги виконання робіт | Оптимізація взаємодії операцій |
| Інтеграція екологічних вимог | Урахування екологічних обмежень на етапі планування | Зменшення негативного впливу на екосистеми |
| Контроль і моніторинг | Поточний облік і аналіз виконання робіт | Підвищення якості управлінських рішень |

Важливою складовою сучасних підходів є використання спеціалізованих машин і механізмів, адаптованих до виконання конкретних лісогосподарських операцій. Механізація і часткова автоматизація процесів дають змогу підвищити продуктивність праці, зменшити фізичне навантаження на

працівників і забезпечити стабільну якість виконання робіт. Водночас ефективність застосування технічних засобів значною мірою залежить від рівня їх технологічної відповідності умовам експлуатації, технічного стану та організації технічного обслуговування.

Таблиця 1.4 – Характеристика сучасних підходів до технологічного забезпечення лісогосподарських заходів

| Технологічний підхід | Ключові ознаки | Значення для виробничого процесу |
|---------------------------------------|--|--|
| Диференційований вибір технологій | Підбір технологій з урахуванням типів лісорослинних умов і рельєфу | Підвищення технологічної відповідності |
| Механізація та часткова автоматизація | Використання спеціалізованих машин і механізмів | Зростання продуктивності праці |
| Екологічно щадні технології | Мінімізація механічного впливу на ґрунт і насадження | Збереження екологічної стійкості |
| Технологічна сумісність | Узгодженість окремих операцій у технологічному ланцюгу | Зниження втрат часу і ресурсів |
| Інформаційно-технологічна підтримка | Використання цифрових і геоінформаційних інструментів | Підвищення точності планування |

Суттєвого значення в організації лісогосподарських заходів набуває впровадження інформаційно-аналітичних і геоінформаційних технологій, які забезпечують підтримку управлінських рішень на різних рівнях. Використання цифрових картографічних матеріалів, систем обліку виконаних робіт і моніторингу стану насаджень сприяє підвищенню точності планування, прозорості виробничих процесів і оперативності коригування технологічних

рішень. На лісогосподарських підприємствах такі інструменти поступово стають важливою складовою сучасної системи управління виробництвом.

Отже, сучасні підходи до організації та технологічного забезпечення лісогосподарських заходів у лісогосподарських підприємствах характеризуються комплексністю, адаптивністю та орієнтацією на довгострокові результати. Їх реалізація створює передумови для підвищення ефективності виробничих процесів, раціонального використання ресурсів і забезпечення екологічної стійкості лісових екосистем, що є ключовими завданнями сучасного лісового господарства.

1.3 Нормативно-правове регулювання та виробничі обмеження виконання лісогосподарських заходів в умовах України

Нормативно-правове регулювання виконання лісогосподарських заходів в Україні формує обов'язкову основу для організації виробничих процесів у лісовому господарстві та визначає межі допустимого впливу господарської діяльності на лісові екосистеми. Законодавчі та підзаконні акти встановлюють правові вимоги до ведення лісового господарства, спрямовані на забезпечення відтворення лісів, збереження їх екологічних функцій і раціонального використання лісових ресурсів. У практичній діяльності державних лісогосподарських підприємств ці вимоги трансформуються у систему організаційних і технологічних обмежень, що безпосередньо впливають на ефективність лісогосподарських заходів [2, 6-10].

Правове поле ведення лісового господарства в Україні ґрунтується на принципах сталого розвитку, багатофункціонального використання лісів і пріоритетності охорони довкілля (табл. 1.5). Нормативні вимоги регламентують порядок планування та виконання лісогосподарських заходів, визначають допустимі види робіт, строки їх проведення та особливості застосування технологій залежно від категорій лісів і їх цільового призначення. Виробничі процеси мають здійснюватися відповідно до матеріалів лісовпорядкування, які

є основним інструментом довгострокового планування і забезпечують узгодження господарської діяльності з природним потенціалом лісових територій.

Таблиця 1.5 – Основні напрями нормативно-правового регулювання виконання лісогосподарських заходів в Україні

| Напрямок регулювання | Зміст нормативних вимог | Вплив на організацію лісогосподарських заходів |
|------------------------------------|--|--|
| Планування лісогосподарських робіт | Встановлення порядку планування на основі матеріалів лісовпорядкування | Обмеження строків і обсягів виконання робіт |
| Охорона і відтворення лісів | Регламентація заходів з лісовідновлення та догляду | Формування технологічної послідовності робіт |
| Екологічна безпека | Визначення допустимого впливу на ґрунти та екосистеми | Необхідність застосування екологічно щадних технологій |
| Використання технічних засобів | Регулювання застосування машин і механізмів | Обмеження інтенсивності механізації |
| Контроль і відповідальність | Встановлення вимог до обліку та контролю | Підвищення дисципліни виконання робіт |

Суттєвим аспектом нормативно-правового регулювання є встановлення екологічних обмежень (табл. 1.6), що спрямовані на мінімізацію негативного впливу лісогосподарських заходів на лісові ґрунти, водні об'єкти та біорізноманіття [8-12]. Такі обмеження визначають допустимі навантаження від використання машин і механізмів, вимоги до збереження підросту та насінників, а також регламентують проведення робіт у періоди підвищеної

вразливості екосистем. У виробничому аспекті це зумовлює необхідність адаптації технологічних процесів до сезонних і природних умов, що часто обмежує можливості інтенсифікації робіт.

Таблиця 1.6 – Виробничі обмеження виконання лісогосподарських заходів та їх вплив на ефективність

| Група обмежень | Характеристика обмежень | Наслідки для ефективності лісогосподарських заходів |
|---------------------|--|---|
| Екологічні | Обмеження впливу на ґрунтовий покрив і біорізноманіття | Зменшення інтенсивності робіт |
| Природно-кліматичні | Сезонність, рельєф, ґрунтові умови | Обмеження строків виконання робіт |
| Технологічні | Невідповідність техніки складним умовам | Зниження продуктивності операцій |
| Організаційні | Регламентовані процедури планування і контролю | Підвищення тривалості виробничих циклів |
| Кадрові | Обмеженість кваліфікованого персоналу | Вплив на якість і темпи робіт |

Організаційні обмеження виконання лісогосподарських заходів пов'язані з регламентованою структурою управління державними лісогосподарськими підприємствами, порядком фінансування та системою обліку виконаних робіт. Вони визначають послідовність ухвалення управлінських рішень, строки затвердження планових показників і контроль за дотриманням нормативних вимог. У поєднанні з вимогами охорони праці та техніки безпеки ці фактори

впливають на вибір технологічних рішень і темпи виконання виробничих операцій.

Виробничі обмеження також зумовлюються природно-кліматичними умовами України, які характеризуються значною просторовою мінливістю [6-9]. Рельєф місцевості, ґрунтові умови та рівень зволоження визначають допустимі способи механізації робіт і обмежують застосування певних типів машин. У таких умовах нормативно-правові вимоги відіграють роль інструмента, що забезпечує баланс між господарською доцільністю та екологічною безпекою, але водночас потребують гнучкого підходу до організації виробничих процесів.

Отже, нормативно-правове регулювання виконання лісогосподарських заходів в Україні формує систему обмежень, які визначають рамкові умови виробничої діяльності лісогосподарських підприємств. Усвідомлення характеру та впливу цих обмежень є необхідною передумовою для розроблення науково обґрунтованих напрямів підвищення ефективності лісогосподарських заходів з урахуванням реальних умов функціонування галузі.

1.4 Аналіз наукових досліджень і практичного досвіду підвищення ефективності лісогосподарських робіт

Проблематика підвищення ефективності лісогосподарських робіт є предметом тривалих наукових досліджень і практичних напрацювань, що охоплюють широкий спектр питань, пов'язаних з організацією виробничих процесів, удосконаленням технологій та оптимізацією використання ресурсів. У наукових працях з лісової інженерії та лісового господарства ефективність розглядається як багатовимірна категорія, що формується під впливом природних, технологічних, економічних і організаційних чинників [1, 2, 6-10]. Такий підхід зумовлює необхідність комплексного аналізу наукових результатів і практичного досвіду з метою виявлення узагальнених закономірностей і напрямів удосконалення лісогосподарських робіт (табл. 1.7).

Таблиця 1.7 – Основні напрями наукових досліджень з підвищення ефективності лісогосподарських робіт

| Напрямок досліджень | Зміст наукових підходів | Практичне значення для лісогосподарських робіт |
|-------------------------------------|---|--|
| Технологічна оптимізація | Обґрунтування раціональних технологічних схем виконання робіт | Підвищення продуктивності та якості робіт |
| Адаптація технологій до умов | Урахування рельєфу, ґрунтових і лісорослинних умов | Зменшення негативного впливу на екосистеми |
| Механізація і технічне забезпечення | Аналіз ефективності застосування машин і механізмів | Зростання продуктивності праці |
| Організація виробничих процесів | Удосконалення планування і координації робіт | Скорочення простоїв і втрат часу |
| Екологічна ефективність | Оцінювання впливу робіт на стан лісових екосистем | Забезпечення сталості лісокористування |

У наукових дослідженнях значна увага приділяється обґрунтуванню технологічних процесів виконання лісогосподарських заходів із урахуванням типів лісорослинних умов і рельєфу місцевості. Автори підкреслюють, що ефективність робіт істотно зростає за умови адаптації технологій до конкретних природно-виробничих умов, що дає змогу зменшити втрати робочого часу, знизити техногенне навантаження на ґрунт і підвищити якість виконання операцій. У цьому контексті обґрунтовується доцільність застосування вибіркової і комбінованої технологій, які поєднують механізовані та ручні операції залежно від складності умов виконання робіт.

Практичний досвід лісогосподарських підприємств засвідчує [1, 2], що важливим чинником підвищення ефективності є раціональна організація виробничих процесів на основі чіткого планування і координації робіт (табл. 1.8). Дослідження виробничих ситуацій показують, що неузгодженість між плановими показниками і реальними можливостями техніки та персоналу призводить до зниження продуктивності й перевитрат ресурсів. У зв'язку з цим у наукових працях наголошується на необхідності використання методів оперативного планування і контролю, що дають змогу своєчасно коригувати технологічні рішення з урахуванням змін умов виконання робіт.

Таблиця 1.8 – Узагальнення практичного досвіду підвищення ефективності лісогосподарських робіт Хмельницького НЛ

| Напрямок практичного досвіду | Характеристика реалізованих рішень | Отримані ефекти |
|---|--|--|
| Раціоналізація організації робіт | Узгодження обсягів і строків виконання операцій | Зменшення перевитрат ресурсів |
| Диференційоване застосування техніки | Використання техніки з урахуванням умов місцевості | Підвищення технологічної відповідності |
| Впровадження екологічно щадних технологій | Обмеження механічного впливу на ґрунт і насадження | Збереження екологічної стійкості |
| Підвищення кваліфікації персоналу | Навчання та вдосконалення професійних навичок | Підвищення якості виконання робіт |
| Контроль і аналіз результатів | Оцінювання ефективності виконаних заходів | Поліпшення управлінських рішень |

Окремий напрям досліджень пов'язаний з оцінюванням ефективності застосування машин і механізмів у лісогосподарських роботах. Наукові результати свідчать, що підвищення рівня механізації не завжди автоматично забезпечує зростання ефективності, особливо в умовах складного рельєфу або

підвищеної чутливості лісових екосистем. У таких випадках пріоритет надається технічним рішенням, які забезпечують мінімальний вплив на ґрунтовий покрив і водний режим, навіть за умови деякого зниження продуктивності окремих операцій. Практика підтверджує, що довгостроковий ефект від збереження екологічної стійкості лісів перевищує короткострокові економічні вигоди.

У наукових публікаціях також акцентується увага на ролі людського чинника у підвищенні ефективності лісогосподарських робіт. Рівень кваліфікації персоналу, дотримання технологічної дисципліни та здатність адаптуватися до змінних умов виробництва розглядаються як ключові передумови досягнення стабільних результатів. Практичний досвід свідчить, що інвестиції у підвищення професійної підготовки працівників і вдосконалення системи виробничого навчання мають позитивний вплив на якість і ефективність виконання лісогосподарських заходів.

Проведений аналіз наукових досліджень і практичного досвіду дає підстави стверджувати, що підвищення ефективності лісогосподарських робіт можливе лише за умови системного підходу, який поєднує науково обґрунтовані технологічні рішення, раціональну організацію виробничих процесів і врахування екологічних обмежень. Узагальнення цих положень створює методичну основу для подальшого обґрунтування практичних заходів щодо підвищення ефективності лісогосподарської діяльності в умовах конкретного Хмельницького НЛ.

1.5 Аналіз виробничої діяльності Хмельницького НЛ

Виробнича діяльність Хмельницького НЛ характеризується поєднанням класичних лісогосподарських функцій із поступовим упровадженням сучасних підходів до організації робіт і використання виробничих ресурсів (табл. 1.9). Територія діяльності надлісництва охоплює лісові масиви рівнинної та слабкохвилястої частини Поділля, що зумовлює відносно сприятливі умови для

механізації основних лісгосподарських процесів і планування виробничих заходів (табл. 1.10).

Загальна площа лісового фонду, що перебуває у користуванні надлісництва, становить кілька десятків тисяч гектарів, з яких переважна частка припадає на експлуатаційні та захисні ліси. Лісистість території в межах адміністративного району оцінюється на рівні 12-15 %, що є типовим показником для Хмельницької області. У віковій структурі насаджень домінують середньовікові та пристигаючі деревостани, частка яких у загальній площі лісів перевищує 55-60 %, що створює стабільну сировинну базу для виконання рубок формування і оздоровлення лісів.

Таблиця 1.9 – Загальна характеристика виробничої діяльності Хмельницького НЛ

| Показник | Одиниця виміру | Орієнтовне значення | Характеристика |
|---|--------------------------|---------------------|--|
| Площа лісового фонду | тис. га | 30-40 | Формує просторову основу виробничої діяльності |
| Лісистість території | % | 12-15 | Типова для умов Хмельницької області |
| Частка середньовікових і пристигаючих насаджень | % | 55-60 | Забезпечує стабільність лісгосподарських робіт |
| Обсяг санітарних і вибіркових рубок | тис. м ³ /рік | 20-30 | Основне джерело деревної сировини |
| Площа лісовідновлення і лісорозведення | га/рік | 150-250 | Відтворення лісових ресурсів |
| Площа доглядів за лісовими культурами | га/рік | 300-500 | Підтримання продуктивності насаджень |

Щорічний обсяг лісгосподарських робіт у надлісництві включає проведення доглядів за лісовими культурами на площі в середньому 300-500 га, лісовідновлення та лісорозведення на площі 150-250 га, а також виконання

санітарних і вибіркових рубок у межах 20-30 тис. м³ деревини. При цьому основна частина лісовідновлювальних заходів здійснюється шляхом створення лісових культур із використанням місцевих деревних порід, що відповідає регіональним типам лісорослинних умов.

Таблиця 1.10 – Основні виробничо-економічні показники лісогосподарських робіт Хмельницького НЛ

| Показник | Одиниця виміру | Орієнтовне значення | Аналітична інтерпретація |
|--|------------------------|---------------------|--|
| Рівень механізації робіт | % | 65-75 | Свідчить про середній рівень технологічного забезпечення |
| Навантаження на одного працівника | га/особу | 400-600 | Визначає інтенсивність праці |
| Частка витрат на лісогосподарські заходи | % від загальних витрат | 35-40 | Впливає на собівартість робіт |
| Основні статті витрат | – | Праця, ПММ, техніка | Формують економічні обмеження |
| Частка ручної праці | % | 25-35 | Зберігається в складних умовах виконання робіт |

Аналіз виробничих показників свідчить, що продуктивність лісогосподарських робіт значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення та організації праці (рис. 1.1). У середньому на одного працівника лісової охорони та виробничого персоналу припадає обслуговування 400-600 га лісових насаджень, що вимагає високої інтенсивності праці та чіткого планування робочого часу. Використання машин і механізмів забезпечує до 65-75 % обсягу робіт, тоді як решта операцій виконується із залученням ручної праці, насамперед у процесах догляду за молодняками та вибіркових рубок.



Рисунок 1.1 – Організаційна структура Хмельницького НД та склад підрозділів

Фінансово-економічні показники виробничої діяльності надлісництва характеризуються відносною стабільністю, однак залишаються чутливими до сезонних коливань і змін ринкової кон'юнктури. Частка витрат на виконання лісогосподарських заходів у загальній структурі виробничих витрат становить орієнтовно 35-40 %, при цьому найбільші витрати пов'язані з оплатою праці, паливно-мастильними матеріалами та утриманням техніки. Це зумовлює необхідність пошуку резервів підвищення ефективності за рахунок оптимізації технологічних процесів і раціональнішого використання ресурсів.

Проведений аналіз виробничої діяльності Хмельницького НЛ свідчить про наявність достатнього виробничого потенціалу для реалізації заходів з підвищення ефективності лісогосподарських робіт. Водночас числові показники обсягів робіт, структури витрат і рівня механізації вказують на доцільність подальшого науково обґрунтованого вдосконалення організації та технологічного забезпечення лісогосподарських процесів, що буде предметом розгляду у наступних розділах кваліфікаційної роботи.

2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ

2.1 Програма та методика роботи

Дослідження ефективності лісогосподарських заходів у межах цієї кваліфікаційної роботи здійснювалося на основі системного підходу, що поєднує аналіз виробничих процесів, організаційних рішень і технологічних особливостей виконання робіт у конкретних природно-виробничих умовах. Програма дослідження була сформована з урахуванням мети роботи та спрямована на одержання об'єктивних і відтворюваних результатів, які можуть бути використані для наукового обґрунтування напрямів підвищення ефективності лісогосподарської діяльності.

Програмою дослідження передбачено послідовне виконання взаємопов'язаних етапів, що охоплюють збір і систематизацію вихідної інформації, аналітичне опрацювання матеріалів, формування оціночних показників та інтерпретацію отриманих результатів. На початковому етапі здійснювалося вивчення матеріалів лісовпорядкування, виробничої звітності та внутрішньої документації, що характеризує обсяги, структуру й організацію лісогосподарських заходів. Це дало змогу сформулювати загальне уявлення про виробничі умови та визначити ключові процеси, які найбільше впливають на ефективність діяльності.

Методика роботи ґрунтувалася на поєднанні загальнонаукових і спеціальних методів дослідження, характерних для лісової інженерії та організації виробничих процесів у лісовому господарстві. У процесі аналізу застосовувалися методи узагальнення, порівняння та систематизації, що дозволили виявити закономірності між організацією робіт, рівнем технологічного забезпечення та результативністю лісогосподарських заходів. Особливу увагу приділено причинно-наслідковим зв'язкам між умовами виконання робіт і досягнутими виробничими показниками.

Важливим елементом методики є структурно-функціональний аналіз лісогосподарських заходів, який передбачає розгляд їх як сукупності взаємопов'язаних технологічних операцій. Такий підхід дає змогу оцінити не лише окремі результати, а й логіку формування ефективності на різних стадіях виробничого процесу. У межах цього аналізу враховувалися організаційні особливості планування робіт, застосування технічних засобів, рівень механізації та умови праці персоналу.

Для забезпечення об'єктивності результатів дослідження використовувалася методика порівняльного аналізу, що передбачає зіставлення фактичного стану виконання лісогосподарських заходів із нормативними вимогами та науково обґрунтованими рекомендаціями. Такий підхід дозволяє виявити резерви підвищення ефективності без порушення принципів сталого лісокористування і нормативних обмежень.

Отже, програма та методика роботи сформовані таким чином, щоб забезпечити комплексний і послідовний підхід до дослідження ефективності лісогосподарських заходів. Вони створюють методичну основу для подальшого аналізу об'єкта дослідження, формування системи показників оцінювання та обґрунтування практичних рекомендацій, що розглядатимуться в наступних підрозділах цього розділу.

2.2 Загальна характеристика об'єкта і предмета дослідження та природно-виробничі умови Хмельницького НЛ

Об'єктом дослідження у цій роботі є виробничі процеси виконання лісогосподарських заходів у межах Хмельницького НЛ, зосереджені насамперед на проведенні рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу. Саме ці види рубок визначають виробничу спрямованість лісогосподарської діяльності надлісництва, формують основні потоки матеріальних і трудових ресурсів та мають вирішальний вплив на довгострокову продуктивність і стійкість лісових насаджень.

Предметом дослідження є методи, організаційні підходи та технологічні рішення, що застосовуються під час планування і виконання рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу, а також їх вплив на ефективність лісогосподарських заходів у конкретних природно-виробничих умовах. У межах предмета дослідження особлива увага приділяється взаємозв'язку між лісівничими вимогами, технологічними параметрами виконання робіт і результативністю використання виробничих ресурсів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу як об'єкта дослідження

| Ознака | Рубки головного користування | Рубки формування і оздоровлення лісу |
|-----------------------------------|--|--|
| Лісівниче призначення | Завершення обороту рубки та заготівля деревини | Поліпшення складу, структури і санітарного стану насаджень |
| Вікова група насаджень | Стигли та перестійні деревостани | Молодняки, середньовікові та пристигаючі насадження |
| Характер виконання | Суцільний або поступовий | Переважно вибірковий |
| Технологічна складність | Середня | Підвищена |
| Вимоги до збереження підросту | Високі | Дуже високі |
| Вплив на майбутнє лісовідновлення | Формує стартові умови відновлення | Забезпечує довгострокову продуктивність |

Хмельницьке НЛ функціонує в умовах лісів Подільської височини, для яких характерний переважно рівнинний і слабкохвилястий рельєф, що створює відносно сприятливі передумови для організації лісогосподарських робіт і

застосування механізованих технологій (табл. 2.2). Ґрунтовий покрив представлений здебільшого сірими лісовими та опідзоленими чорноземами, які відзначаються середньою і підвищеною родючістю, але водночас є чутливими до ущільнення та порушення структури під час інтенсивного механічного впливу. Ця обставина істотно впливає на вибір технологій проведення рубок і організацію трелювальних операцій.

Таблиця 2.2 – Природно-виробничі умови Хмельницького НЛ та їх вплив на організацію рубок

| Характеристика умов | Опис | Вплив на виконання рубок |
|-------------------------|--|---------------------------------------|
| Рельєф місцевості | Рівнинний і слабкохвилястий | Сприятливий для механізації |
| Типи ґрунтів | Сірі лісові, опідзолені чорноземи | Чутливі до ущільнення |
| Лісорослинні умови | Переважно середньо- та високопродуктивні | Вимагають дотримання лісівничих вимог |
| Транспортна доступність | Середня | Обмежує вибір технологічних схем |
| Сезонність робіт | Виражена | Впливає на строки рубок |
| Екологічні обмеження | Підвищені | Обмежують інтенсивність механізації |

У структурі лісового фонду надлісництва значну частку становлять експлуатаційні ліси, у яких здійснюються рубки головного користування відповідно до вікової структури насаджень і матеріалів лісовпорядкування. Рубки головного користування розглядаються як завершальна стадія лісовирощувального циклу, що забезпечує отримання деревної продукції та формує економічну основу діяльності лісогосподарського підрозділу. Водночас їх виконання потребує чіткого дотримання лісівничих принципів, зокрема щодо

збереження підросту, мінімізації негативного впливу на ґрунтовий покрив і створення умов для наступного лісовідновлення.

Поряд із рубками головного користування важливе місце у виробничій діяльності Хмельницького НЛІ посідають РФОЛ, які спрямовані на регулювання складу, структури та санітарного стану насаджень. Ці рубки виконуються в різних вікових групах деревостанів і мають переважно вибіркового характеру, що зумовлює підвищені вимоги до організації робіт і кваліфікації персоналу. У технологічному аспекті вони характеризуються більшою трудомісткістю та складністю виконання порівняно з рубками головного користування, особливо в умовах необхідності збереження залишених дерев і підросту.

Природно-виробничі умови надлісництва визначають необхідність поєднання механізованих і ручних операцій під час проведення рубок формування і оздоровлення лісу. Вибір технологічних схем здійснюється з урахуванням густоти насаджень, діаметральної структури дерев і доступності лісових ділянок. У таких умовах ефективність лісогосподарських заходів значною мірою залежить від узгодженості лісівничих рішень і технологічного забезпечення виробничих процесів.

Таким чином, об'єкт і предмет дослідження охоплюють ключові виробничі процеси лісогосподарської діяльності Хмельницького НЛІ, зосереджені на рубках головного користування та рубках формування і оздоровлення лісу. Характер природно-виробничих умов зумовлює специфіку організації цих робіт і визначає напрями подальшого методичного аналізу ефективності лісогосподарських заходів, що буде розглянуто у наступних підрозділах розділу 2.

2.3 Методика оцінювання виробничої, технологічної та екологічної ефективності лісогосподарських заходів

Оцінювання ефективності лісогосподарських заходів у межах цього дослідження ґрунтується на комплексному підході, що передбачає одночасний

аналіз виробничих, технологічних та екологічних складових. Така методика відповідає сучасним уявленням про багатофункціональний характер лісового господарства, у якому результати виробничої діяльності не можуть бути коректно інтерпретовані без урахування технологічної доцільності й екологічних наслідків виконання робіт.

Методика оцінювання виробничої ефективності спрямована на визначення результативності організації та виконання лісогосподарських заходів з позицій досягнення запланованих обсягів і якості робіт. У межах цього підходу аналізується відповідність фактичних показників виконання рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу затвердженим плановим завданням і лісівничим вимогам. Виробнича ефективність розглядається як інтегральна характеристика, що відображає узгодженість між обсягами виконаних робіт, часовими параметрами їх реалізації та використанням трудових ресурсів. Основна увага приділяється виявленню організаційних чинників, які зумовлюють втрати продуктивності або, навпаки, створюють передумови для раціоналізації виробничих процесів.

Оцінювання технологічної ефективності здійснюється шляхом аналізу відповідності застосованих технологічних схем природно-виробничим умовам і лісівничим завданням. Технологічна ефективність характеризується рівнем адаптації машин і механізмів до умов виконання рубок, узгодженістю окремих технологічних операцій і стабільністю технологічного процесу загалом. У межах методики враховується ступінь механізації робіт, раціональність побудови технологічних ланцюгів, а також вплив організації трелювальних і транспортних операцій на загальну результативність лісогосподарських заходів. Такий підхід дає змогу оцінити не лише технічні аспекти, а й логіку формування технологічної ефективності у конкретних умовах надлісництва.

Екологічна ефективність розглядається як обов'язкова складова загальної ефективності лісогосподарських заходів і оцінюється з позицій збереження стійкості лісових екосистем. Методика її оцінювання базується на аналізі ступеня впливу виконання рубок на ґрунтовий покрив, підріст і залишені

деревоостани, а також на формування умов для природного або штучного лісовідновлення. Особлива увага приділяється дотриманню екологічних обмежень під час виконання технологічних операцій, оскільки навіть високі виробничі результати не можуть вважатися ефективними у разі погіршення екологічного стану лісових ділянок.

Загальною особливістю методики оцінювання є її орієнтація на причинно-наслідковий аналіз, що дає змогу встановити взаємозв'язки між організаційними рішеннями, технологічними параметрами і екологічними наслідками лісогосподарських заходів. На цьому етапі дослідження оцінювання має переважно аналітико-методичний характер і спрямоване на формування системи показників, які будуть використані для кількісного обґрунтування ефективності у практично-розрахунковому розділі роботи.

2.4 Методичні підходи до аналізу технологічних процесів і використання машин та механізмів у лісогосподарських роботах

Аналіз технологічних процесів і використання машин та механізмів у лісогосподарських роботах у межах цього дослідження здійснюється з позицій лісової інженерії та теорії організації виробничих процесів [1-3]. Методичні підходи спрямовані на виявлення закономірностей формування результативності технологічних рішень під час виконання рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу з урахуванням природно-виробничих умов Хмельницького НЛ.

Основою методичного підходу є розгляд лісогосподарських робіт як сукупності послідовних і взаємопов'язаних технологічних операцій, що утворюють єдиний виробничо-технологічний ланцюг. Такий підхід дає змогу оцінювати не лише ефективність окремих машин чи механізмів, а й узгодженість їх роботи в межах цілісного процесу. Увага зосереджується на відповідності технологічних схем вимогам лісівництва, організації праці та екологічним обмеженням, що є визначальними для лісогосподарських робіт.

Методичний аналіз передбачає якісну оцінку застосовуваних машин і механізмів за критеріями їх адаптованості до умов місцевості, надійності, маневровості та сумісності з іншими елементами технологічного процесу. Враховується характер виконуваних робіт, зокрема різниця між технологіями рубок головного користування, де переважають відносно стабільні й повторювані операції, та рубок формування і оздоровлення лісу, які характеризуються вибірковістю і підвищеними вимогами до точності виконання. У цьому контексті використання машин розглядається не як самоціль, а як інструмент реалізації лісівничих і виробничих завдань.

Важливим елементом методичних підходів є аналіз організації використання машин у часі та просторі. Оцінюється раціональність розміщення технологічних елементів на лісосіці, узгодженість роботи окремих машин і персоналу, а також вплив простоїв і нерівномірності завантаження техніки на загальну ефективність лісогосподарських робіт [5-9]. Такий аналіз дозволяє виявити організаційні резерви підвищення продуктивності без необхідності збільшення технічного оснащення.

Окрему увагу в методиці приділено аналізу екологічних аспектів використання машин і механізмів. Розглядається характер їх впливу на ґрунтовий покрив, підріст і залишені дерева, а також ступінь відповідності технологічних рішень принципам екологічної доцільності. Це особливо актуально для умов виконання рубок формування і оздоровлення лісу, де помилки у виборі або організації роботи техніки можуть призвести до тривалих негативних наслідків для стану насаджень.

Методичні підходи до аналізу технологічних процесів і використання машин у цій роботі мають переважно аналітико-описовий характер і спрямовані на формування логічної основи для подальших кількісних оцінок. На цьому етапі дослідження здійснюється ідентифікація ключових чинників, що впливають на ефективність технологічних рішень, а також визначаються напрямки їх удосконалення з урахуванням реальних виробничих умов.

Що стосується використання формул, то у цьому підрозділі їх розміщення не передбачається. Методично правильним є застосування формалізованих розрахунків і математичних залежностей у практично-розрахунковому розділі роботи, де аналіз технологічних процесів буде підкріплений конкретними кількісними показниками. У підрозділі 2.3 формуються підходи та логіка аналізу, які надалі будуть реалізовані у вигляді розрахунків у Розділі 3.

2.5 Інформаційне забезпечення дослідження та використання геоінформаційних і розрахунково-аналітичних методів

Інформаційне забезпечення дослідження ефективності лісогосподарських заходів у цій роботі ґрунтується на використанні комплексу первинних і вторинних даних, що відображають природні умови, виробничі процеси та організаційні особливості виконання робіт у межах Хмельницького НЛ. Надійність і повнота інформаційної бази розглядаються як необхідна передумова для формування обґрунтованих висновків і подальшого кількісного аналізу ефективності лісогосподарських заходів.

Основу інформаційного забезпечення становлять матеріали лісовпорядкування, які містять відомості про площі лісових ділянок, вікову структуру насаджень, породний склад, типи лісорослинних умов і проєктні показники рубок. Ці дані використовуються для ідентифікації об'єктів дослідження, визначення їх просторових меж і формування загальної характеристики умов виконання рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу. Доповненням до лісовпорядних матеріалів слугують виробничі звіти, технологічна документація та дані внутрішнього обліку виконаних робіт, які відображають фактичний стан реалізації лісогосподарських заходів.

Важливу роль у методиці дослідження відіграє використання геоінформаційних методів, що забезпечують просторово-орієнтований аналіз

лісогосподарських процесів. Геоінформаційні системи застосовуються для візуалізації меж лісових ділянок, аналізу їх конфігурації, транспортної доступності та взаємного розташування елементів виробничої інфраструктури. Такий підхід дає змогу враховувати просторові чинники під час оцінювання ефективності організації робіт і вибору технологічних схем виконання рубок.

Геоінформаційні методи також використовуються для аналізу природних умов, зокрема рельєфу місцевості, гідрографічної мережі та потенційно вразливих ділянок ґрунтового покриву. Отримані просторові дані дозволяють якісно оцінити обмеження, що впливають на можливості механізації робіт і організацію трелювальних процесів. У поєднанні з матеріалами лісовпорядкування це створює цілісне уявлення про природно-виробниче середовище, в якому реалізуються лісогосподарські заходи.

Розрахунково-аналітичні методи у межах цього підрозділу розглядаються як інструмент підготовки даних до подальшого кількісного аналізу. Вони використовуються для систематизації інформації, формування узагальнених показників і виявлення тенденцій у виконанні лісогосподарських робіт. На цьому етапі дослідження ці методи мають допоміжний характер і спрямовані на забезпечення логічної послідовності між зібраною інформацією та практично-розрахунковими процедурами, що будуть реалізовані у наступному розділі.

Суттєвим аспектом інформаційного забезпечення є поєднання якісних і кількісних даних, що дає змогу оцінювати ефективність лісогосподарських заходів не лише з позицій формальних показників, а й з урахуванням реальних умов їх виконання. Такий підхід забезпечує комплексність дослідження і підвищує достовірність отриманих результатів.

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ У ХМЕЛЬНИЦЬКОМУ НАДЛІСНИЦТВІ

3.1 Аналіз фактичного стану виконання лісогосподарських заходів і рівня їх ефективності

Аналіз фактичного стану виконання лісогосподарських заходів у Хмельницькому НЛ є вихідною передумовою для обґрунтування напрямів підвищення їх ефективності та формування практичних рекомендацій. На цьому етапі дослідження здійснюється оцінювання реального стану організації та результативності основних виробничих процесів, насамперед рубок головного користування та рубок формування і оздоровлення лісу, з урахуванням наявних природно-виробничих умов і технологічного забезпечення.

Фактичне виконання лісогосподарських заходів характеризується стабільністю основних обсягів робіт і відповідністю їх плановим показникам, визначеним матеріалами лісовпорядкування та виробничими завданнями. Рубки головного користування виконуються в межах стиглих і перестійних насаджень із дотриманням установлених лісівничих вимог, що забезпечує формування необхідної сировинної бази та створює умови для наступного лісовідновлення. Водночас аналіз організації цих рубок свідчить про наявність резервів підвищення ефективності, пов'язаних із оптимізацією технологічних схем і раціональнішим використанням машин та механізмів.

Рубки формування і оздоровлення лісу посідають значну частку в структурі лісогосподарських заходів надлісництва і мають визначальний вплив на довгострокову продуктивність та стійкість насаджень. Фактичний стан їх виконання характеризується підвищеною трудомісткістю і значною часткою вибіркової операції, що зумовлює складність організації робіт і потребує високого рівня технологічної дисципліни. У процесі аналізу встановлено, що

ефективність цих рубок істотно залежить від узгодженості лісівничих рішень і технологічного забезпечення, а також від рівня підготовки персоналу.

Рівень виробничої ефективності лісогосподарських заходів у надлісництві визначається співвідношенням між досягнутими результатами та використаними ресурсами. Фактичні показники свідчать про достатню результативність виконання робіт за обсягами, однак у часовому аспекті спостерігається нерівномірність виконання окремих операцій, що пов'язано з сезонними обмеженнями, погодними умовами та організаційними чинниками. Це негативно впливає на загальну ритмічність виробничого процесу і знижує рівень використання технічних засобів.

Технологічна ефективність виконання лісогосподарських заходів характеризується середнім рівнем механізації та частковою адаптацією застосовуваних технологій до конкретних умов місцевості. У рубках головного користування переважають відносно стандартизовані технологічні схеми, що забезпечує прогнозованість результатів, тоді як у рубках формування і оздоровлення лісу часто виникає потреба в індивідуальному підході до організації робіт. Це зумовлює додаткові витрати часу і ресурсів, але водночас сприяє кращому збереженню залишених дерев і підросту.

Екологічна складова ефективності лісогосподарських заходів у цілому відповідає вимогам сталого лісокористування. Фактичний стан лісових ділянок після проведення рубок свідчить про дотримання основних екологічних обмежень і збереження потенціалу для природного або штучного лісовідновлення. Разом з тим аналіз показує, що інтенсифікація окремих технологічних операцій без належної адаптації до умов ґрунтового покриву може призводити до локальних порушень, що вимагає коригування організаційно-технологічних рішень.

Таким чином, фактичний стан виконання лісогосподарських заходів у Хмельницькому НЛ характеризується загальною відповідністю нормативним і виробничим вимогам, але водночас виявляє низку проблемних аспектів,

пов'язаних із організацією робіт, використанням техніки та ритмічністю виробничих процесів. Встановлені особливості рівня ефективності створюють науково обґрунтовані передумови для визначення напрямів її підвищення, які будуть розглянуті у наступних підрозділах цього розділу.

3.2 Аналіз відповідності фактичних лісогосподарських заходів плану лісоуправління

Аналіз відповідності фактичних лісогосподарських заходів плану лісоуправління Хмельницького НЛ спрямований на оцінювання ступеня узгодженості між запланованими параметрами ведення лісового господарства та реальними результатами їх реалізації у виробничих умовах. План лісоуправління на 2026 рік виступає базовим управлінським документом, який визначає допустимі обсяги, просторове розміщення та технологічні обмеження виконання рубок головного користування і рубок формування та оздоровлення лісу, а також супутніх лісогосподарських заходів. Відповідність фактичних дій цим положенням є ключовою передумовою забезпечення ефективності та невиснажливості лісокористування.

Фактичне виконання рубок головного користування в надлісництві загалом узгоджується з плановими показниками, встановленими матеріалами лісовпорядкування та щорічним планом лісоуправління. Проведення рубок зосереджується переважно у стиглих і перестійних насадженнях експлуатаційної категорії, що відповідає принципам раціонального використання лісових ресурсів. Разом з тим аналіз організації робіт свідчить, що не в усіх випадках досягається оптимальне поєднання планових обсягів і фактичної технологічної реалізації (табл. 3.1). Зокрема, на окремих ділянках спостерігається нерівномірність виконання робіт у часі, що призводить до концентрації навантаження на техніку і персонал у короткі виробничі періоди та зниження загальної ритмічності процесів.

Таблиця 3.1 – Порівняння планових і фактичних показників виконання основних лісогосподарських заходів

| Вид лісогосподарських заходів | Планові параметри (згідно з лісоуправління) | Фактичний стан виконання | Характер відхилень | Вплив на ефективність |
|--------------------------------------|---|---|----------------------------------|---|
| Рубки головного користування | Проведення в стиглих і перестійних насадженнях у межах розрахункової лісосіки | Загалом відповідає плану | Нерівномірність виконання у часі | Зниження ритмічності використання техніки |
| Рубки формування і оздоровлення лісу | Вибіркове проведення з урахуванням вікової структури | Виконуються з підвищеною трудомісткістю | Ускладнення організації робіт | Зростання непродуктивних витрат часу |
| Лісовідновлення | Забезпечення відтворення після рубок | Переважно забезпечується | Чутливість до сезонних умов | Ризики додаткових витрат |
| Дотримання екологічних обмежень | Обмеження механічного впливу | Загалом дотримуються | Локальні порушення | Потенційні довгострокові втрати |

Таблиця 3.1 дозволяє показати, що відхилення мають не об'ємний, а організаційно-технологічний характер, що прямо підводить до необхідності вдосконалення виробничих процесів.

Рубки формування і оздоровлення лісу за своїм змістом і масштабами також відповідають напряму, визначеному планом лісоуправління, однак їх фактична реалізація характеризується підвищеною складністю. Вибірковий характер цих рубок у поєднанні з домінуванням твердолистяних порід зумовлює необхідність індивідуального підходу до організації робіт у межах кожної лісосіки. У результаті частина технологічних рішень, хоча й формально відповідає плановим вимогам, у виробничому аспекті не завжди забезпечує належний рівень ефективності через зростання трудомісткості та непродуктивних витрат часу.

Важливим аспектом аналізу є оцінювання відповідності фактичних лісогосподарських заходів екологічним і просторовим обмеженням, закладеним у плані лісоуправління. У більшості випадків дотримуються вимоги щодо категорій лісів, режимів природокористування та охорони ґрунтового покриву, що підтверджує загальну орієнтацію господарської діяльності на принципи сталого лісокористування. Водночас виявлено, що при виконанні окремих технологічних операцій, зокрема трелювання деревини, виникають локальні відхилення від оптимальних рішень, пов'язані з недостатньою диференціацією технологій залежно від рельєфу та стану ґрунтів.

Порівняння планових і фактичних показників свідчить, що основні розбіжності між планом лісоуправління та реальною практикою мають не кількісний, а організаційно-технологічний характер. Це означає, що проблема підвищення ефективності лісогосподарських заходів полягає не стільки у коригуванні обсягів робіт, скільки у вдосконаленні способів їх виконання, узгодженні технологічних схем із реальними природно-виробничими умовами та підвищенні керованості виробничих процесів.

Таким чином, аналіз відповідності фактичних лісогосподарських заходів плану лісоуправління показує, що в Хмельницькому НЛ створено належну планову основу для ведення ефективного лісового господарства (табл. 3.2). Разом із тим виявлені організаційні та технологічні відхилення формують

резерви підвищення ефективності, реалізація яких потребує цілеспрямованого вдосконалення виробничих процесів. Саме ці резерви стають підґрунтям для подальшого обґрунтування конкретних технологічних і організаційних рішень у наступних підрозділах.

Таблиця 3.2 – Відповідність фактичних технологічних рішень вимогам плану лісоуправління

| Критерій оцінювання | Вимоги плану лісоуправління | Фактична практика | Оцінка відповідності | Потенціал підвищення ефективності |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---|
| Просторове розміщення рубок | Диференціація за категоріями лісів | Частково уніфіковані підходи | Часткова | Оптимізація технологічних схем |
| Використання техніки | Адаптація до умов ділянок | Обмежена диференціація | Середня | Підвищення продуктивності |
| Організація трелювання | Мінімізація пошкоджень ґрунту | Локальні перевантаження | Середня | Скорочення екологічних і виробничих втрат |
| Сезонність виконання | Урахування ґрунтових умов | Концентрація робіт у пікові періоди | Часткова | Вирівнювання навантаження |
| Збереження підросту | Пріоритетне збереження | Загалом дотримується | Висока | Довгострокова ефективність |

На основі зведеної таблиці 3.2 з'ясовано, що чітко показує, що план лісоуправління виконується формально, але не оптимально з точки зору виробничої ефективності, що створює обґрунтовані резерви вдосконалення технологічних рішень.

3.3 Удосконалення технологій проведення рубок головного користування

Удосконалення технологій проведення рубок головного користування в умовах Хмельницького НЛ має базуватися на поєднанні лісівничих вимог, виробничої доцільності та просторово-організаційних особливостей лісових ділянок (табл. 3.3). Домінування твердолистяних порід, передусім дуба звичайного, а також переважно рівнинний характер рельєфу створюють передумови для застосування механізованих технологій, однак ефективність їх реалізації значною мірою визначається адаптацією технологічних схем до конкретних умов лісосік.

Одним із ключових напрямів удосконалення є диференціація технологій рубок головного користування залежно від конфігурації лісосік, густоти насаджень і транспортної доступності. На ділянках із компактною формою лісосік і сприятливими ґрунтовими умовами доцільним є застосування технологічних схем із максимальною механізацією основних операцій, що забезпечує високу продуктивність і стабільність виробничих показників. Водночас на лісосіках зі складнішою конфігурацією або підвищеною екологічною чутливістю необхідно передбачати комбіновані схеми з обмеженням механічного впливу та гнучким використанням ручних операцій.

Важливим чинником підвищення ефективності є раціоналізація просторової організації робіт під час рубок головного користування. Оптимізація трасування волоків і їх щільності дозволяє зменшити довжину трелювальних шляхів, скоротити час переміщення техніки та мінімізувати пошкодження ґрунтового покриву. У межах Хмельницького НЛ, де значна частина території характеризується рівнинним рельєфом, особливого значення набуває планування волоків з урахуванням локальних понижень, балок і прибережних смуг, що дає змогу поєднати виробничу ефективність із екологічною доцільністю.

Таблиця 3.3 – Напрями удосконалення технологій рубок головного користування в умовах Хмельницького НЛ

| Технологічний елемент | Фактичний стан | Запропонований напрям удосконалення | Очікуваний виробничий ефект |
|------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Тип технологічних схем | Частково уніфіковані | Диференціація за умовами лісосік | Підвищення продуктивності |
| Рівень механізації | Середній | Раціональне поєднання механізованих і ручних операцій | Зниження трудомісткості |
| Організація волоків | Орієнтація на зручність трелювання | Оптимізація трасування і щільності | Скорочення трелювальних витрат |
| Сезонність виконання | Концентрація робіт у пікові періоди | Рівномірний розподіл протягом року | Підвищення використання техніки |
| Збереження підросту | Забезпечується не завжди | Технології з мінімальним пошкодженням | Зменшення витрат на відновлення |

Удосконалення технологій рубок головного користування також пов'язане з підвищенням керованості виробничих процесів у часі (табл. 3.4). Раціональний розподіл робіт у межах календарного року з урахуванням стану ґрунтів і погодних умов дозволяє уникати пікових навантажень на техніку і персонал та забезпечувати більш рівномірне використання виробничих ресурсів. Такий підхід зменшує ризики простоїв і сприяє підвищенню загальної продуктивності лісозаготівельних робіт.

Окрему увагу слід приділити узгодженню технологій рубок головного користування з подальшими лісовідновлювальними заходами. Застосування технологічних рішень, орієнтованих на збереження підросту та мінімізацію порушення ґрунту, створює сприятливі умови для природного або штучного відновлення лісів і зменшує потребу в додаткових витратах на підготовку площ. У цьому контексті ефективність технологій оцінюється не лише за поточними виробничими результатами, а й за їх впливом на формування майбутньої ресурсної бази.

Таблиця 3.4 – Вплив удосконалення технологій рубок головного користування на ефективність лісогосподарських заходів

| Критерій ефективності | Фактична характеристика | Очікувані зміни після удосконалення |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Продуктивність робіт | Середній рівень | Підвищення стабільності показників |
| Використання техніки | Нерівномірне завантаження | Зменшення простоїв |
| Стан ґрунтового покриву | Локальні порушення | Зменшення техногенного впливу |
| Якість лісовідновлення | Залежить від умов | Поліпшення стартових умов |
| Керованість процесів | Обмежена | Підвищення планової дисципліни |

Узагальнення запропонованих напрямів удосконалення технологій рубок головного користування дозволяє розглядати їх як інструмент підвищення загальної ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницькому НЛ. Адаптивність технологічних схем, раціональна організація простору і часу виконання робіт та інтеграція екологічних вимог у виробничі процеси

формують передумови для стабільного та економічно обґрунтованого ведення лісового господарства.

3.4 Підвищення ефективності РФОЛ

Підвищення ефективності РФОЛ в умовах Хмельницького НЛ пов'язане з необхідністю поєднання лісівничої доцільності з виробничою раціональністю. Ці рубки мають вибірковий характер і виконуються в насадженнях різних вікових груп, що зумовлює підвищені вимоги до точності технологічних операцій, організації праці та кваліфікації персоналу. Виробнича ефективність у цьому випадку визначається не стільки обсягом заготовленої деревини, скільки якістю формування майбутніх деревостанів і мінімізацією непродуктивних витрат ресурсів.

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності є адаптація технологій РФОЛ до породного складу та структури насаджень (табл. 3.5). Домінування твердолистяних порід, зокрема дуба звичайного, потребує застосування технологічних рішень, що забезпечують вибіркоче вилучення дерев із збереженням цінних екземплярів і підросту. У виробничому аспекті це передбачає поєднання ручних операцій із використанням малогабаритних і маневрових технічних засобів, здатних працювати в умовах обмеженого простору без значного пошкодження насаджень.

Важливим чинником ефективності є вдосконалення організації робіт на лісосіках РФОЛ (рис. 3.1). Чітке зонування ділянок, раціональне розміщення волоків і місць складування деревини сприяє скороченню непродуктивних переміщень і зменшенню тривалості технологічного циклу. У цих умовах підвищується керованість процесу та знижується залежність результатів від індивідуальних рішень виконавців, що особливо актуально для вибіркових рубок.

Суттєвий резерв підвищення ефективності пов'язаний із часовою організацією рубок формування і оздоровлення лісу. Проведення робіт у

періоди, коли ґрунтовий покрив має підвищену несучу здатність, дозволяє зменшити техногенний вплив і уникнути додаткових витрат на відновлення пошкоджених ділянок. Раціональний розподіл робіт у межах року також сприяє вирівнюванню навантаження на персонал і техніку, що позитивно позначається на загальній продуктивності.

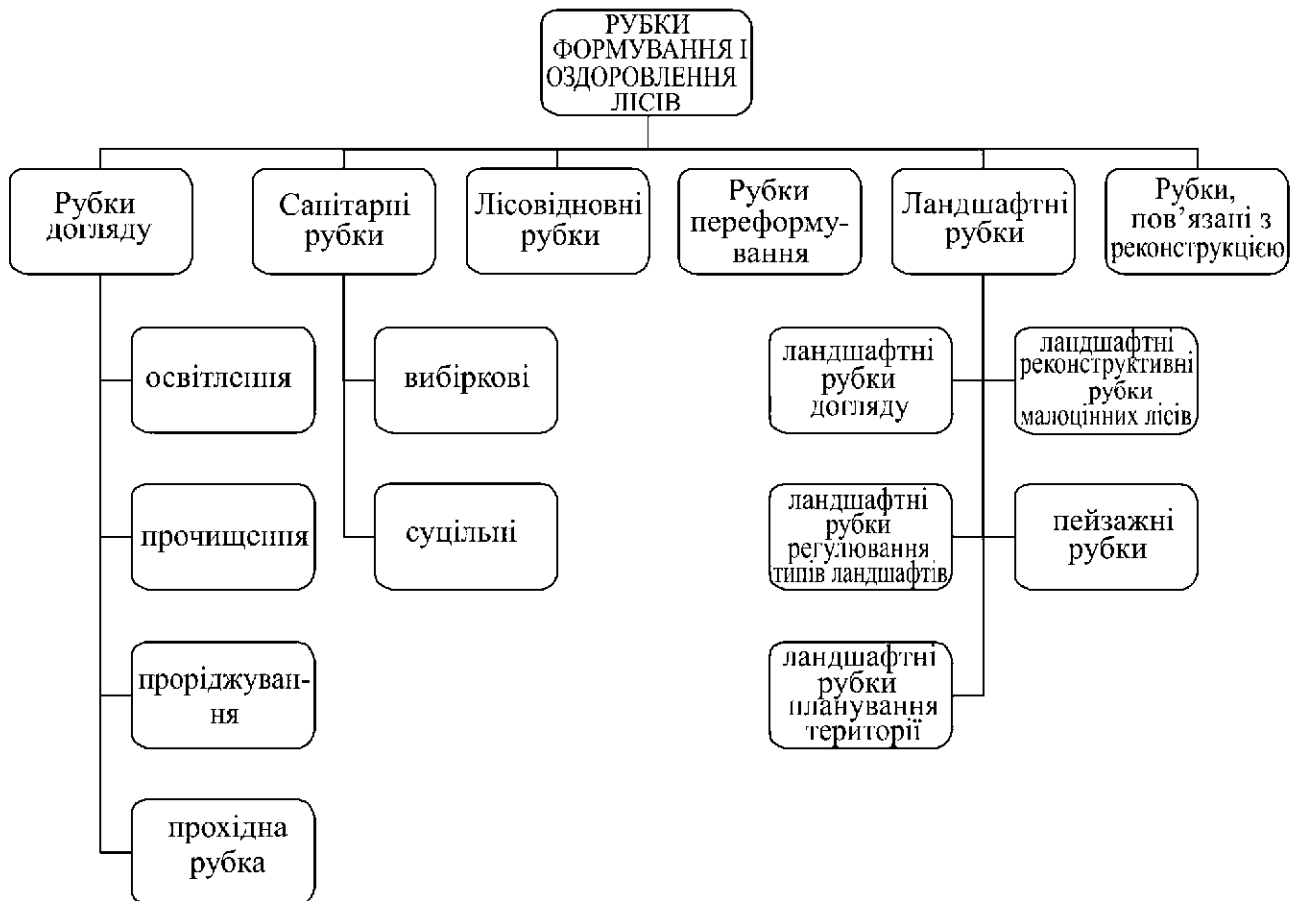


Рисунок 3.1 – Проектні РФОЛ у Хмельницькому НЛ

Екологічна складова ефективності РФОЛ безпосередньо пов'язана з виробничими результатами у довгостроковій перспективі. Застосування технологій, орієнтованих на збереження підросту, біорізноманіття та структури ґрунту, створює передумови для формування більш стійких і продуктивних насаджень. Це, у свою чергу, знижує потребу в додаткових лісгосподарських заходах у майбутньому та сприяє стабілізації виробничих витрат.

Підвищення ефективності РФОЛ слід розглядати як елемент цілісної системи управління лісгосподарськими процесами. Узгодження лісівничих рішень із технологічними можливостями, удосконалення організації робіт і врахування екологічних обмежень формують підґрунтя для досягнення стійких

виробничих результатів і забезпечують довгострокову результативність лісогосподарської діяльності в межах Хмельницького НЛ.

Таблиця 3.5 – Напрями підвищення ефективності рубок формування і оздоровлення лісу в умовах Хмельницького НЛ

| Елемент виробничого процесу | Фактичні особливості виконання | Запропонований напрям удосконалення | Очікуваний виробничий результат |
|--------------------------------|---|---|--|
| Характер рубок | Переважно вибіркові, з високою трудомісткістю | Адаптація технологій до породного і вікового складу | Зниження трудомісткості робіт |
| Використання технічних засобів | Обмежене застосування механізації | Поєднання ручних операцій з малогабаритною технікою | Підвищення продуктивності |
| Організація робіт на лісосіці | Нерівномірне розміщення технологічних елементів | Раціональне зонування ділянок і оптимізація волоків | Скорочення непродуктивних переміщень |
| Сезонність виконання | Концентрація робіт у окремі періоди | Перенесення робіт на періоди з підвищеною несучою здатністю ґрунтів | Зменшення техногенного впливу |
| Збереження підросту і ґрунту | Локальні пошкодження | Технології з мінімальним втручанням | Поліпшення умов подальшого лісовідновлення |
| Довгостроковий ефект | Вплив оцінюється обмежено | Орієнтація на формування стійких деревостанів | Зменшення майбутніх витрат |

3.5 Оптимізація трелювальних і транспортних процесів у межах надлісництва

Оптимізація трелювальних і транспортних процесів є одним із ключових резервів підвищення ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницькому НЛ, оскільки саме ці процеси формують значну частку витрат часу, паливно-мастильних матеріалів і експлуатаційного навантаження на технічні засоби. В умовах просторово розгалуженої структури надлісництва, наявності кількох лісництв, нижніх складів і транспортної ділянки, раціональна організація переміщення деревини від місця заготівлі до пунктів складування і подальшого вивезення набуває вирішального значення для загальної виробничої результативності.

Фактична організація трелювальних процесів у межах надлісництва значною мірою базується на традиційних схемах трасування волоків і використання наявної дорожньої мережі. Такий підхід забезпечує функціональність процесу, однак не завжди дозволяє мінімізувати сумарну довжину трелювальних шляхів і транспортних плечей. У результаті виникають непродуктивні переміщення техніки, перевитрати енергії та підвищений техногенний вплив на ґрунтовий покрив, особливо в межах лісосік зі складною конфігурацією або поблизу балок і понижень рельєфу.

Для науково обґрунтованого вирішення завдання оптимізації доцільно застосувати апарат теорії графів, розглядаючи систему трелювальних і транспортних шляхів як зважений граф. У такому поданні вузлами графа виступають лісосіки, місця первинного складування деревини, нижні склади та ключові транспортні розв'язки, а ребра відповідають можливим маршрутам трелювання і перевезення. Вагами ребер можуть бути довжина маршруту, час переміщення або приведені витрати на транспортування одиниці деревини, що дозволяє адаптувати модель до конкретних виробничих умов.

Застосування алгоритму Пріма для побудови мінімального остовного

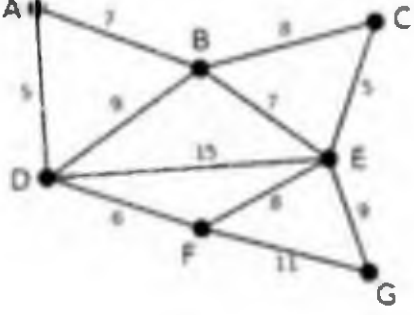
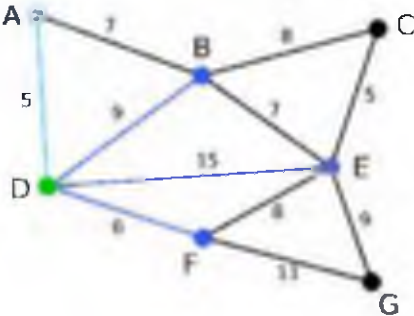
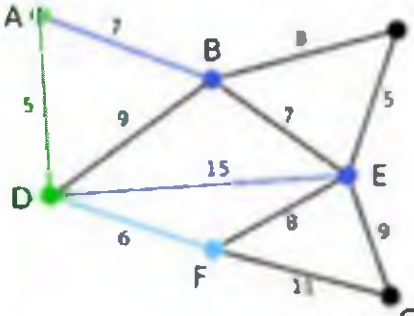
дерева дає змогу визначити таку конфігурацію трелювальних і транспортних зв'язків, за якої сумарна вага ребер є мінімальною [12, 13]. У виробничому контексті це означає формування оптимальної мережі шляхів, яка забезпечує зв'язок між усіма елементами системи за мінімальних сукупних витрат. Використання алгоритму Пріма є доцільним з огляду на його обчислювальну простоту, наочність результатів і можливість практичної реалізації на основі геоінформаційних даних.

Інтеграція графової моделі з геоінформаційними системами дозволяє враховувати реальні просторові обмеження, зокрема рельєф, гідрографічну мережу, категорії лісів і наявну дорожню інфраструктуру. У такому випадку оптимізована схема трелювання і транспортування формується не абстрактно, а з урахуванням конкретних природно-виробничих умов Хмельницького НЛ. Це створює передумови для зменшення довжини трелювальних шляхів, скорочення часу виконання операцій і зниження навантаження на ґрунтовий покрив.

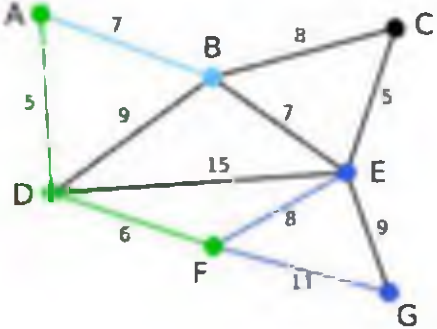

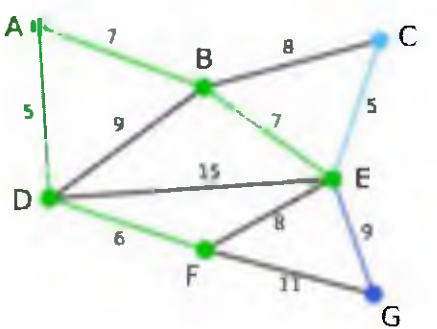
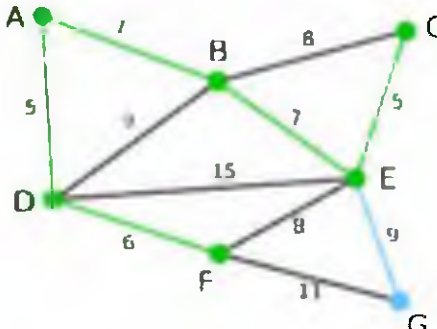
Запропонований підхід також має організаційне значення, оскільки дозволяє перейти від інтуїтивного планування маршрутів до формалізованого прийняття рішень. Оптимізована графова структура може бути використана як основа для планування робіт у межах окремих лісництв, вибору місць тимчасового складування деревини та коригування транспортних потоків залежно від обсягів заготівлі. У результаті підвищується керованість виробничих процесів і прогнозованість їх результатів.

Застосування алгоритму Пріма в задачах оптимізації трелювальних і транспортних процесів дозволяє розглядати ці процеси як єдину систему, орієнтовану на мінімізацію витрат і зниження техногенного впливу. Такий підхід формує науково обґрунтовану основу для підвищення ефективності лісогосподарських заходів у межах надлісництва і створює передумови для подальшого кількісного оцінювання отриманого виробничого та економічного ефекту у завершальних підрозділах кваліфікаційної роботи (рис. 3.6).

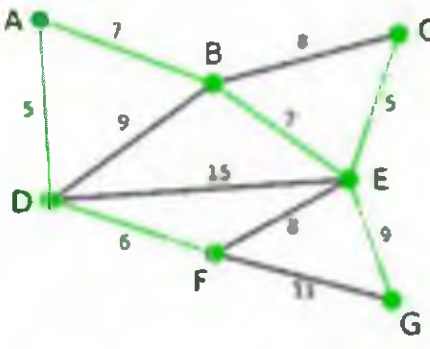
Таблиця 3.6 – Результати моделювання графа

| Крок алгоритму | Опис стану графа | Множина вибраних вершин U та прийнятих ребер |
|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| <p>1</p>  | <p>Задано зважений неорієнтований граф. Числові значення на ребрах відображають умовну вартість ділянок між вершинами, що інтерпретується як витрати трелювання або транспортування.</p> | <p>Вибір ще не здійснено. Початкова множина U порожня.</p> |
| <p>2</p>  | <p>Обрано початкову вершину D. Розглядаються всі ребра, інцидентні вершині D. Найменшу вагу має ребро (D, A) з вагою 5.</p> | <p>$U = \{D, A\}$; прийняте ребро (D, A).</p> |
| <p>3</p>  | <p>Аналізуються ребра, що з'єднують множину $\{D, A\}$ з іншими вершинами. Мінімальну вагу має ребро (D, F) з вагою 6.</p> | <p>$U = \{D, A, F\}$; прийняте ребро (D, F).</p> |

Продовження табл. 3.6

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|--|
| <p>4</p>  | <p>Розглядаються ребра між множиною $\{D, A, F\}$ та іншими вершинами. Найменшу вагу має ребро (A, B) з вагою 7.</p> | <p>$U = \{D, A, F, B\}$; прийняте ребро (A, B).</p> |
| <p>5</p>  | <p>Серед доступних ребер мінімальну вагу має ребро (B, E) з вагою 7, що не створює циклу.</p> | <p>$U = \{D, A, F, B, E\}$; прийняте ребро (B, E).</p> |
| <p>6</p>  | <p>Доступними залишаються вершини C та G. Мінімальну вагу має ребро (E, C) з вагою 8.</p> | <p>$U = \{D, A, F, B, E, C\}$; прийняте ребро (E, C).</p> |
| <p>7</p>  | <p>Залишилася єдина не включена вершина G. Найменшу вагу має ребро (E, G) з вагою 9.</p> | <p>$U = \{A, B, C, D, E, F, G\}$; прийняте ребро (E, G).</p> |

Продовження табл. 3.6

| 1 | 2 | 3 |
|--|---|--|
| <p>8</p>  | <p>Усі вершини включено до мінімального остовного дерева. Подальший розгляд ребер не здійснюється, оскільки вони утворюють цикли.</p> | <p>Мінімальне остовне дерево побудоване.</p> |

3.6 Підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками

Підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками є визначальним елементом забезпечення стійкості лісогосподарської діяльності Хмельницького НЛ у довгостроковій перспективі. У структурі лісового фонду значну частку займають молодняки, формування яких безпосередньо залежить від якості проведення рубок головного користування, стану ґрунтового покриву та своєчасності лісовідновлювальних заходів [2, 7]. Тому ефективність цих процесів слід розглядати не ізольовано, а як логічне продовження виробничого циклу лісокористування (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Напрями підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками в умовах Хмельницького НЛ

| Етап лісогосподарського процесу | Фактичні особливості виконання | Запропонований напрям удосконалення | Очікуваний виробничо-лісівничий ефект |
|---------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Лісовідновлення після рубок | Залежність від стану лісосіки після заготівлі | Узгодження технологій рубок із вимогами відновлення | Зменшення витрат на підготовку площ |

Продовження табл. 3.6

| | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|--|--|
| Природне поновлення | Використовується не повною мірою | Пріоритет збереження підросту твердолистяних порід | Формування цінних деревостанів |
| Штучне лісовідновлення | Чутливість до строків і умов садіння | Оптимізація строків і способів підготовки ґрунту | Підвищення приживлюваності культур |
| Догляд за культурами | Значна трудомісткість | Диференціація доглядів за станом молодняків | Скорочення непродуктивних витрат |
| Освітлення і прочищення | Нерівномірність виконання | Дотримання лісівничих строків і нормативів | Поліпшення росту та складу насаджень |
| Техногенний вплив | Локальні пошкодження ґрунту і рослин | Обмеження руху техніки на ділянках відновлення | Підвищення стійкості молодняків |
| Довгостроковий результат | Оцінюється фрагментарно | Орієнтація на формування продуктивних насаджень | Зменшення майбутніх лісогосподарських витрат |

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності лісовідновлення є забезпечення тісного технологічного зв'язку між завершальними етапами рубок і початком відновлення лісу. Застосування технологій рубок, орієнтованих на збереження підросту і мінімізацію порушення ґрунту, створює сприятливі передумови для природного поновлення насаджень та зменшує обсяги і

вартість штучного лісовідновлення. В умовах Хмельницького НЛ, де переважають твердолистяні породи, особливого значення набуває підтримка природного поновлення дуба звичайного як основної лісоутворювальної породи.

Підвищення результативності штучного лісовідновлення пов'язане з оптимізацією підготовки ґрунту, добором посадкового матеріалу та організацією робіт у часі. Проведення підготовчих операцій з урахуванням типів ґрунтів і рівня їх зволоження дозволяє підвищити приживлюваність лісових культур і знизити ризики їх пошкодження у перші роки росту. Раціональне планування строків створення культур з урахуванням кліматичних умов регіону сприяє стабільності результатів і зменшенню повторних витрат на доповнення насаджень.

Ефективність догляду за молодняками значною мірою визначається системністю і своєчасністю виконання відповідних заходів. Проведення освітлень і прочищень у встановлені лісівничі строки дозволяє регулювати склад і густоту молодих насаджень, створюючи умови для формування високопродуктивних деревостанів. У виробничому аспекті це потребує чіткої організації робіт, диференціації підходів залежно від стану культур і використання таких технологій, які забезпечують максимальний ефект за мінімальних витрат праці (табл. 3.8).

Важливим чинником підвищення ефективності лісовідновлення і догляду за молодняками є зниження техногенного впливу під час виконання суміжних виробничих операцій. Раціональне трасування волоків, обмеження руху техніки на ділянках відновлення і застосування щадних методів догляду сприяють збереженню ґрунтової структури та корневих систем молодих рослин. Це безпосередньо впливає на темпи росту насаджень і зменшує потребу у додаткових лісогосподарських втручаннях.

Таблиця 3.8 – Показники ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками до і після впровадження удосконалених підходів

| Показник | Одиниця виміру | Фактичний рівень | Очікуваний рівень після удосконалення |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Приживлюваність лісових культур | % | 75-80 | 85-90 |
| Частка площ із природним поновленням | % від площі відновлення | 40-45 | 55-60 |
| Кількість доглядів за молодняками | разів за цикл | 3-4 | 2-3 |
| Трудомісткість доглядів | люд.-днів/га | 10-12 | 7-9 |
| Пошкодження молодняків технікою | % рослин | 8-10 | 3-5 |

Підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками в межах Хмельницького НЛ слід розглядати як інвестицію у майбутню ресурсну базу та стабільність лісогосподарського виробництва. Узгодження технологічних рішень, організаційних підходів і лісівничих вимог формує основу для отримання довготривалого виробничого ефекту та забезпечує сталість ведення лісового господарства відповідно до сучасних вимог.

3.7 Інтеграція екологічних обмежень у виробничі технології як чинник ефективності

Інтеграція екологічних обмежень у виробничі технології лісогосподарських робіт у межах Хмельницького НЛ розглядається не як

зовнішній регулятор, що стримує інтенсифікацію виробництва, а як чинник підвищення його довгострокової ефективності. В умовах сучасного лісокористування екологічні вимоги формують рамкові умови, у межах яких технологічні рішення мають забезпечувати одночасно досягнення виробничих результатів і збереження екологічної стійкості лісових екосистем.

Специфіка лісового фонду надлісництва, зокрема наявність значної частки лісів з обмеженим режимом використання, прибережних захисних смуг, ділянок із підвищеною ґрунтовою чутливістю та рекреаційних лісів, зумовлює необхідність адаптації технологій рубок і суміжних виробничих процесів. У цьому контексті екологічні обмеження впливають на вибір способів проведення рубок, організацію трелювання, сезонність виконання робіт і допустимий рівень механізації. Технології, що не враховують цих чинників, призводять до зростання прихованих витрат, пов'язаних із деградацією ґрунтів, пошкодженням підросту та необхідністю проведення додаткових відновлювальних заходів.

Виробничий ефект інтеграції екологічних вимог проявляється насамперед у зниженні непродуктивних втрат ресурсів. Обмеження руху важкої техніки на перезволожених ґрунтах, раціональне трасування волоків з урахуванням мікрорельєфу та збереження природних дренажних шляхів сприяють зменшенню ущільнення ґрунту і втрат родючого шару. У практичному вимірі це означає скорочення обсягів робіт з рекультивації та підготовки ґрунту під лісовідновлення, що позитивно впливає на загальну економічну ефективність лісогосподарських заходів.

Інтеграція екологічних обмежень також має істотне значення для підвищення ефективності рубок формування і оздоровлення лісу. Вибірковий характер цих рубок у поєднанні з екологічно орієнтованими технологіями дозволяє зберігати просторову структуру насаджень, підтримувати біорізноманіття та формувати більш стійкі деревостани. У довгостроковій перспективі це знижує інтенсивність необхідних втручань і стабілізує виробничі витрати.

Порівняльна оцінка виробничих і екологічних показників свідчить, що інтеграція екологічних обмежень у технології виконання робіт забезпечує відчутне зниження непродуктивних втрат і покращення умов лісовідновлення (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Вплив інтеграції екологічних обмежень у виробничі технології на показники ефективності лісогосподарських заходів

| Показник | Одиниця виміру | Фактичний рівень без урахування обмежень | Рівень після інтеграції екологічних вимог |
|---|----------------------|--|---|
| Частка площ із порушеним ґрунтовим покривом | % від площі лісосіки | 12-15 | 5-7 |
| Середня щільність трелювальних волоків | м/га | 180-200 | 120-140 |
| Попшкодження підросту | % рослин | 10-12 | 4-6 |
| Обсяг додаткових відновлювальних робіт | люд.-днів/га | 6-8 | 2-3 |
| Витрати на рекультиваційні заходи | грн/га | 3500-4200 | 1800-2300 |
| Частка природного поновлення | % площі | 40-45 | 55-60 |

Особливу роль відіграє узгодження екологічних обмежень із транспортно-трелювальними процесами. Використання оптимізованих схем переміщення деревини, що враховують зони підвищеної екологічної чутливості, дозволяє зменшити площу порушених ділянок і локалізувати техногенний вплив. У поєднанні з графовими методами оптимізації це створює можливість формування технологічних рішень, які є ефективними як з виробничої, так і з екологічної точок зору.

Екологічні обмеження також слугують основою для підвищення управлінської ефективності лісогосподарських робіт. Чітке врахування вимог щодо охорони ґрунтів, водних об'єктів і біологічно цінних елементів насаджень під час планування робіт зменшує ризики порушень, підвищує передбачуваність результатів і сприяє дотриманню принципів сталого лісокористування. Це, у свою чергу, зміцнює довіру до системи управління лісами та створює сприятливі умови для стабільної виробничої діяльності.

Розгляд екологічних обмежень як інтегрованої складової виробничих технологій дозволяє переосмислити їх роль у системі лісогосподарських заходів. Вони формують не лише нормативні межі діяльності, а й інструмент оптимізації виробничих процесів, що забезпечує підвищення ефективності лісового господарства в умовах Хмельницького НЛ з урахуванням сучасних екологічних і технологічних викликів.

3.8 Заходи з охорони праці, навколишнього середовища та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємствах лісового господарства

Заходи з охорони праці, навколишнього середовища та безпеки в надзвичайних ситуаціях є невід'ємною складовою системи підвищення ефективності лісогосподарських заходів у межах підприємств лісового господарства [13, 14]. У виробничих умовах Хмельницького НЛ ці заходи набувають особливого значення з огляду на поєднання механізованих і ручних операцій, виконання робіт у відкритому природному середовищі та сезонну змінність технологічних процесів.

Охорона праці під час виконання лісогосподарських робіт має ґрунтуватися на ідентифікації та мінімізації професійних ризиків, пов'язаних із заготівлею деревини, трелюванням, транспортуванням і доглядом за лісовими культурами. Найбільшу небезпеку становлять роботи з використанням бензомоторного інструменту, пересування техніки в межах лісосік і виконання операцій у складних метеорологічних умовах. Підвищення рівня безпеки досягається шляхом дотримання технологічної дисципліни, застосування

сертифікованих засобів індивідуального захисту, регулярного навчання персоналу та впровадження інструктажів, адаптованих до конкретних видів робіт.

Ефективність виробничих процесів безпосередньо залежить від стану навколишнього природного середовища, тому заходи з його охорони мають інтегруватися у всі етапи лісогосподарської діяльності. Раціональне використання техніки, обмеження механічного впливу на ґрунт, дотримання режимів охорони водних об'єктів і збереження біологічно цінних елементів насаджень сприяють зниженню екологічних ризиків і запобігають деградації лісових екосистем. У виробничому аспекті це забезпечує стабільність лісовідновлювальних процесів і зменшує потребу у додаткових відновлювальних заходах.

Важливою складовою системи безпеки є готовність підприємств лісового господарства до дій у надзвичайних ситуаціях природного і техногенного характеру. До найбільш імовірних загроз належать лісові пожежі, буревії, ожеледиця та аварійні ситуації, пов'язані з експлуатацією техніки. Підвищення рівня готовності до таких ситуацій забезпечується шляхом розроблення планів реагування, підтримання у належному стані протипожежної інфраструктури, організації системи спостереження та своєчасного інформування персоналу.

Безпека в надзвичайних ситуаціях тісно пов'язана з організаційними рішеннями у виробничій діяльності. Чітке зонування територій, наявність проїздів і протипожежних розривів, а також регламентування порядку виконання робіт у періоди підвищеної пожежної небезпеки дозволяють знизити ризики виникнення аварійних ситуацій і мінімізувати їхні наслідки. У контексті підвищення ефективності лісогосподарських заходів ці рішення сприяють збереженню виробничого потенціалу та безперервності господарської діяльності.

Інтеграція заходів з охорони праці, навколишнього середовища та безпеки в надзвичайних ситуаціях у систему управління лісогосподарськими процесами формує комплексний підхід до забезпечення сталого розвитку підприємств лісового господарства (табл. 3.9). Поєднання виробничої

результативності з високим рівнем безпеки праці та екологічної відповідальності створює передумови для довгострокового підвищення ефективності лісогосподарських заходів і відповідає сучасним вимогам до ведення лісового господарства.

Таблиця 3.10 – Інтеграція заходів з охорони праці, навколишнього середовища та безпеки в надзвичайних ситуаціях у систему лісогосподарських заходів

| Сфера безпеки | Основні ризики у лісогосподарських роботах | Інтегровані заходи у виробничі процеси | Очікуваний ефект для ефективності |
|-------------------------|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Охорона праці | Травматизм під час валки дерев, робота з бензомоторним інструментом, рух техніки | Регламентація технологічних операцій, застосування ЗІЗ, цільові інструктажі | Зниження виробничого травматизму, стабільність робіт |
| Технологічна безпека | Несправність машин, аварійні зупинки | Планово-попереджувальне обслуговування техніки, контроль технічного стану | Зменшення простоїв і аварій |
| Охорона ґрунтів | Ущільнення, ерозія, пошкодження родючого шару | Обмеження руху техніки, оптимізація волоків, сезонне планування | Скорочення витрат на рекультивацію |
| Охорона водних об'єктів | Замулення, порушення прибережних смуг | Дотримання захисних зон, коригування трасування маршрутів | Збереження екосистем і водного режиму |

Продовження табл. 3.10

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|--|--|--------------------------------------|
| Пожежна безпека | Лісові пожежі в пожежонебезпечний період | Протипожежні розриви, регламент робіт, чергування | Зменшення ризику зупинки виробництва |
| Надзвичайні ситуації | Буреломи, аварії, екстремальні погодні умови | Плани реагування, підготовка персоналу, резервні схеми | Підвищення керованості виробництва |
| Управлінська безпека | Порушення технологічної дисципліни | Інтеграція вимог безпеки у планування робіт | Підвищення загальної ефективності |

ВИСНОВКИ

1. У процесі виконання кваліфікаційної роботи встановлено, що ефективність лісгосподарських заходів у сучасних умовах визначається не лише обсягами виконаних робіт, а насамперед рівнем узгодженості лісівничих вимог, організаційних рішень і технологічного забезпечення виробничих процесів. Недостатня адаптація технологій до природно-виробничих умов призводить до зростання непродуктивних витрат і зниження довгострокової результативності ведення лісового господарства.

2. Аналіз фактичного стану виконання лісгосподарських заходів у Хмельницькому НЛ показав, що основні напрями діяльності загалом відповідають положенням плану лісоуправління, однак виявлені відхилення мають переважно організаційно-технологічний характер. Це свідчить про наявність резервів підвищення ефективності без зміни запланованих обсягів робіт, шляхом удосконалення способів їх реалізації.

3. Доведено, що підвищення ефективності рубок головного користування досягається за рахунок диференціації технологічних схем залежно від конфігурації лісосік, породного складу та ґрунтових умов. Раціоналізація просторової організації робіт і оптимізація трасування трелювальних волоків забезпечують скорочення тривалості технологічного циклу та зменшення техногенного навантаження на лісові екосистеми.

4. Встановлено, що ефективність рубок формування і оздоровлення лісу значною мірою залежить від поєднання лісівничої доцільності з виробничою раціональністю. Адаптація технологій до вибіркового характеру цих рубок і використання маневрових технічних засобів дозволяють знизити трудомісткість робіт і водночас забезпечити формування стійких і продуктивних деревостанів.

5. Обґрунтовано доцільність оптимізації трелювальних і транспортних процесів шляхом застосування графових методів, зокрема алгоритму Пріма, для формування мінімального остовного дерева транспортно-трелювальної мережі. Використання такого підходу забезпечує мінімізацію сумарних витрат на переміщення деревини та підвищує керованість виробничих процесів у межах надлісництва.

6. Дослідження показало, що інтеграція екологічних обмежень у виробничі технології не знижує ефективність лісогосподарських заходів, а, навпаки, сприяє її підвищенню за рахунок зменшення непродуктивних втрат, скорочення обсягів відновлювальних робіт і покращення умов природного та штучного лісовідновлення.

7. Виявлено, що підвищення ефективності лісовідновлення та догляду за молодняками можливе за умови тісного технологічного зв'язку між етапами заготівлі деревини і відновлення лісу. Пріоритет збереження підросту, оптимізація строків і способів створення культур та системний догляд за молодняками формують основу стабільної майбутньої ресурсної бази.

8. Обґрунтовано, що інтеграція заходів з охорони праці, навколишнього середовища та безпеки в надзвичайних ситуаціях у систему лісогосподарських заходів є важливим чинником підвищення загальної ефективності виробництва. Зниження рівня травматизму, аварійності та екологічних ризиків забезпечує безперервність виробничих процесів і стабільність господарської діяльності.

9. Узагальнення результатів дослідження дозволяє зробити висновок, що підвищення ефективності лісогосподарських заходів у Хмельницькому НЛ досягається шляхом комплексного вдосконалення організаційно-технологічних рішень, орієнтованих на адаптацію до природно-виробничих умов, інтеграцію екологічних вимог і підвищення керованості виробничих процесів, що відповідає принципам сталого лісокористування та сучасним вимогам до ведення лісового господарства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Адамовський М. Г., Бакай Б. Я. Аналіз і перспективи використання трелювальних тракторів у лісовому комплексі України // Наук. вісник УкрДЛТУ: збірник наук.-техн. праць. *Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля*. Львів : УкрДЛТУ. 2004. – Вип. 14.3. С. 175-182. DOI: 10.5281/zenodo.8052882.
2. Шкіря Т. М. Технологія і машини лісосічних робіт. Львів : Український державний лісотехнічний університет, Тріада плюс, 2003. 352 с.
3. Шкіря Тиберій. Машини та обладнання лісосічних і лісоскладських робіт : підручник. Львів : Тріада Плюс, 2005. 436 с. ISBN 966-7596-54-0.
4. Коржов В. Л. Дослідження лісівничо-екологічної ефективності тракторного трелювання в гірських лісах. В. Л. Коржов, В. С. Кудра, Р. М. Вітер. // *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість* : міжвід. наук.-техн. зб. Львів : НЛТУ України. 2006. Вип. 30. С. 49–54.
5. Коржов В. Л. До питання застосування колісних трелювальних тракторів на гірських схилах / В. Л. Коржов, В. С. Кудра. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Харків : УкрНДДЛГА. 2009. Вип. 115. С. 145–148.
6. Коржов В. Л., Кудра В. С. Аналіз карт технологічного процесу розроблення лісосіки з позицій природозбереження. *Виробничий процес та технології, сучасний девелопмент та поліграфія*: матеріали I міжнародної спеціалізованої наукової конференції, м. Хмельницький, 5 березня 2021 р. Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця : Європейська наукова платформа, 2021. С. 50-53.
7. Сабадир А. І., Першочергові кроки в напрямку екологізації технологій лісового господарства України. А. І. Сабадир, С. В. Зібцев. *Науковий вісник НАУ*. Київ : НАУ, 2000. Вип. 25. С. 196-204.
8. Кудра В. С. Особливості вибору технології лісозаготівлі при гірському рель'єфі. *Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та*

- виробництва* : матеріали I міжнародної науково-практичної конференції, Біла Церква, 15 квітня 2021р. Біла Церква : БНАУ, 2021. С. 174-177.
9. Коржов В.Л. Кудра В. С., Тимочко І. Я. Новітні технології лісокористування. *Лісівничо-екологічні аспекти застосування машинної заготівлі деревини на гірських схилах. Ліс. і мислив. журн.* 2012. №5. С. 6-9.
 10. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів: монографія / З. М. Соколовська, В. М. Андрієнко, І. Ю. Івченко [та ін.]; за заг. ред. З. М. Соколовської. Одеса : Астропринт, 2016. 308 с.
 11. Бакаєв О. О. Теоретичні засади логістики: підручник / Бакаєв О. О., Кутах О. П., Пономаренко Л. А. У 2-х томах. Київ : Київський університет економіки і технологій транспорту, 2003. Т. 1. 429 с.
 12. Сокур І. М., Сокур Л. М., Герасимчук В. В. Транспортна логістика. Київ : Центр учбової літератури. 2009. 222 с.
 13. Мінімальні вимоги щодо безпеки і здоров'я на роботі працівників лісового господарства та під час виконання робіт із зеленими насадженнями. Міністерство економіки України, наказ від 27.11.2023 № 17953. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2167-23#Text>
 14. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Навчальний посібник. За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. Львів, Афіша, 2000. 352 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Огляд робіт дослідників, які розглядали різноманітні аспекти підвищення ефективності лісогосподарських заходів

| Показник, автор | Стан та мінералізація ґрунту % | Глибина колії волока, м. | Ущільнення (зміна щільності), кг/м ³ . | Твердість ґрунту на лісосіці | К-ть збереженого. підросту, шт/га. | К-ть проходів після якої досяг. межа. гран. щільність, шт. | Питомий тиск на ґрунт, Н/м ² . | Площа сліду після одного проходу, м ² . | Середній тиск, Н/м ² . |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|---|------------------------------|------------------------------------|--|---|--|-----------------------------------|
| Адамовський М. Г. | + | + | | | | | | | |
| Бакай Б. Я. | + | + | | | + | + | | | |
| Боратинський О. В. | | | | + | | | | + | |
| Гобела В. С. | | + | | | | | + | | |
| Каратник І. Р. | | | + | | + | | | | |
| Кий В. В, | + | | + | | | | | + | |
| Коржов В. Л. | + | | + | | + | + | | | |
| Литвинчук М. М. | | + | | + | | | | | |
| Магура Б. О. | | | | | | + | + | + | |
| Рудько І. М. | | | | + | | + | | + | |
| Цимбалюк Ю. І. | | | + | | + | | + | | |
| Шкіря Т. М. | + | | + | + | | | + | | |

Додаток Б

Псевдокод застосування алгоритму Пріма для оптимізації трелювальних і транспортних процесів

Вхідні дані:

$G(V, E)$ – зважений неорієнтований граф транспортно-трелювальної мережі

$w(u, v)$ – вага ребра (u, v) , що відображає довжину маршруту / час / приведені витрати

s – початкова вершина (наприклад, нижній склад або ключовий транспортний вузол)

Вихідні дані:

T – множина ребер мінімального остовного дерева (оптимізований «каркас» мережі)

W – сумарна вага дерева T (мінімізована сукупна «вартість» сполучень)

Процедура $\text{Prim}(G, w, s)$:

1. Для кожної вершини $v \in V$:

$\text{key}[v] \leftarrow +\infty$

$\text{parent}[v] \leftarrow \text{NIL}$

$\text{inTree}[v] \leftarrow \text{FALSE}$

2. $\text{key}[s] \leftarrow 0$

3. Створити пріоритетну чергу Q , що містить усі вершини V ,
де пріоритет вершини v визначається значенням $\text{key}[v]$

4. $T \leftarrow \emptyset$

$W \leftarrow 0$

5. Поки Q не порожня:

```
u ← ExtractMin(Q)      // вершина з мінімальним key
inTree[u] ← TRUE
```

Якщо parent[u] ≠ NIL:

```
Додати ребро (parent[u], u) до T
W ← W + w(parent[u], u)
```

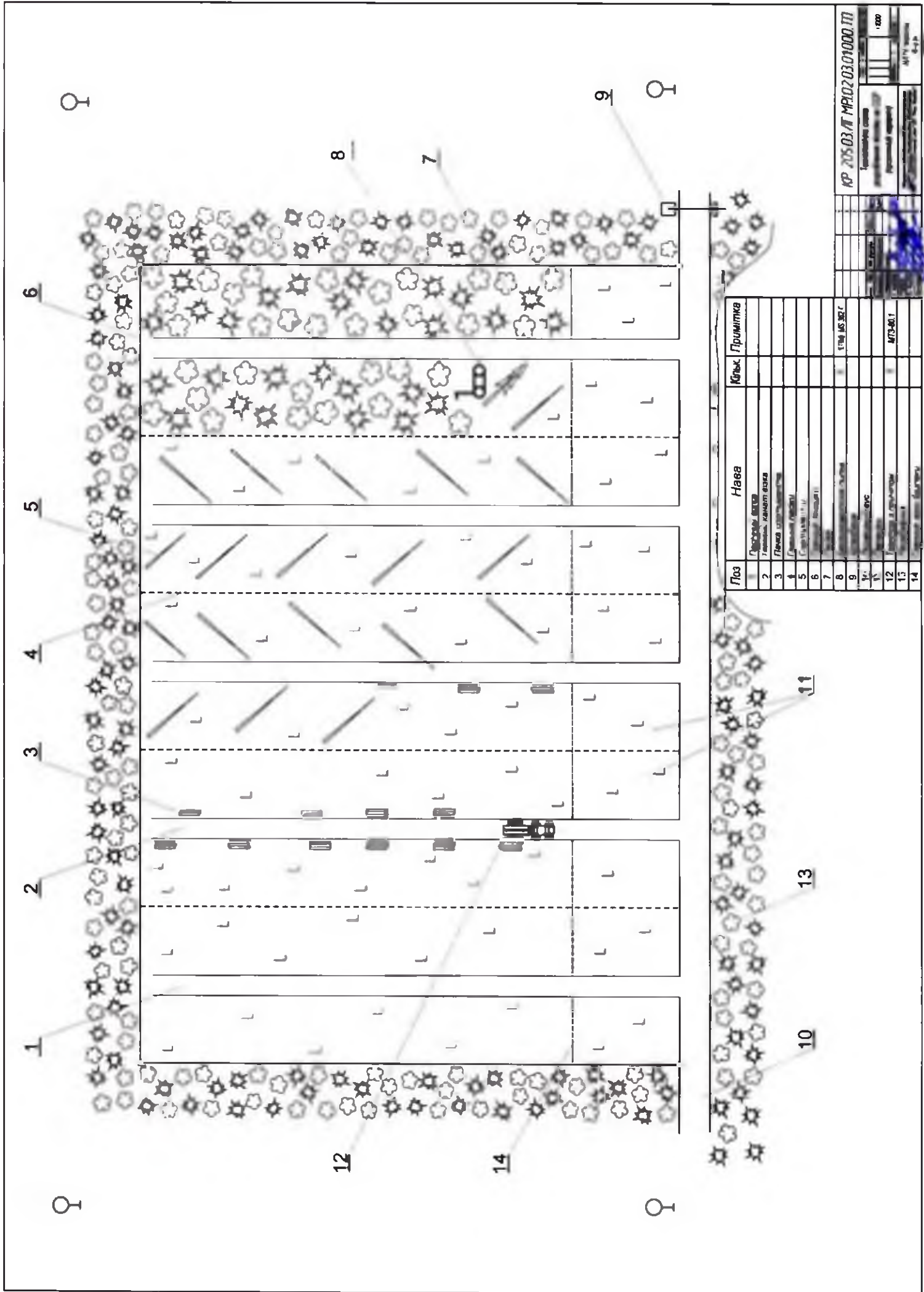
Для кожного сусіда v вершини u, такого що $(u, v) \in E$:

```
Якщо inTree[v] = FALSE і w(u, v) < key[v]:
    parent[v] ← u
    key[v] ← w(u, v)
    DecreaseKey(Q, v, key[v])
```

6. Повернути (T, W)

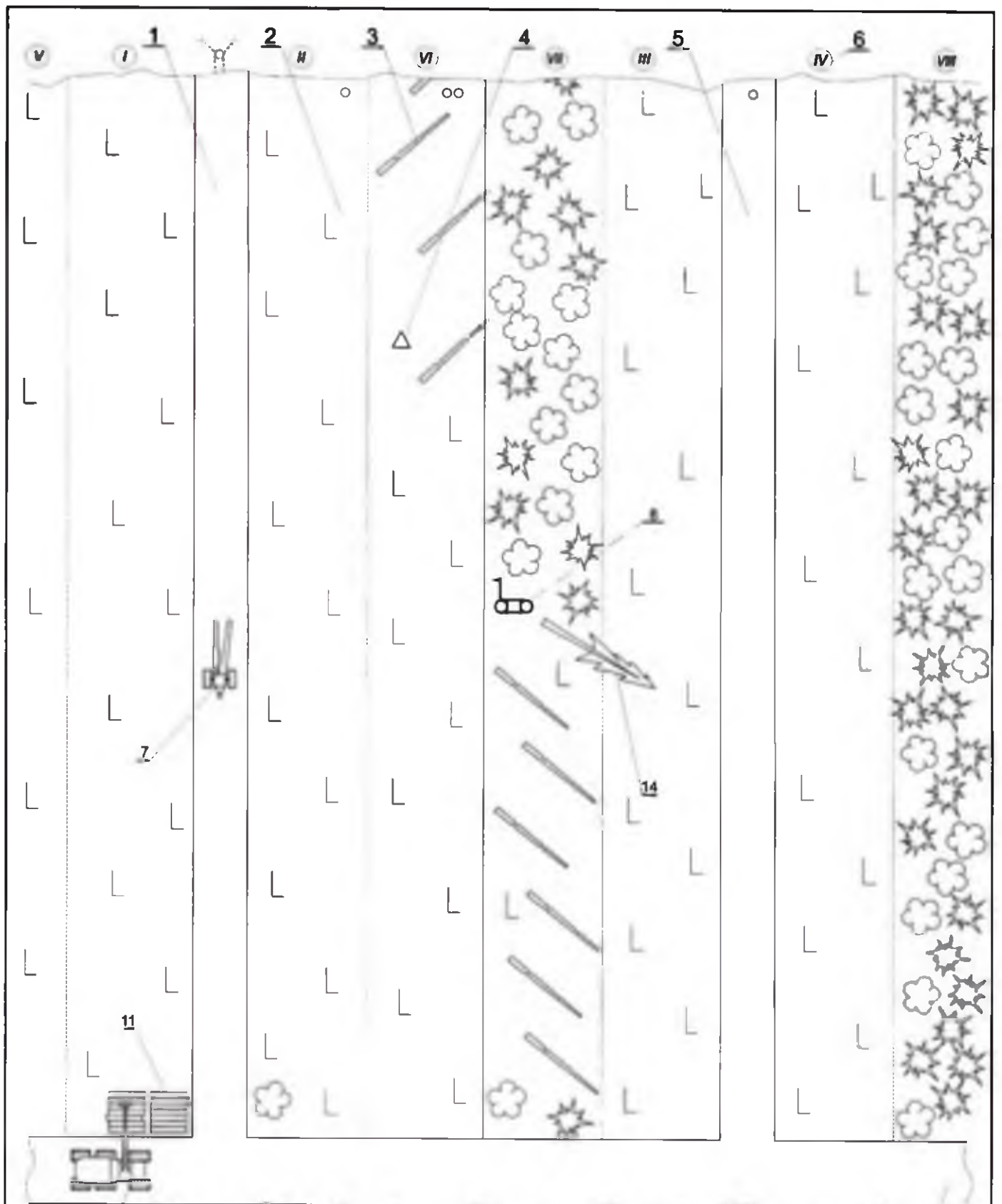
Інтерпретація для виробничого процесу:

- вершини V: лісосіки, пункти первинного складування, нижні склади, транспортні розв'язки
- ребра E: можливі маршрути трелювання/перевезення між вершинами
- вага $w(u, v)$: «вартість» переміщення (довжина, час або приведені витрати на 1 м^3)
- результат T: оптимізований каркас мережі для мінімізації сумарних витрат переміщення



| Площ | Наса | Класс | Примечание |
|------|------------------------------|-------|------------|
| 1 | Площадка для хранения урожая | | |
| 2 | Площадка для хранения урожая | | |
| 3 | Площадка для хранения урожая | | |
| 4 | Площадка для хранения урожая | | |
| 5 | Площадка для хранения урожая | | |
| 6 | Площадка для хранения урожая | | |
| 7 | Площадка для хранения урожая | | |
| 8 | Площадка для хранения урожая | | |
| 9 | Площадка для хранения урожая | | |
| 10 | Площадка для хранения урожая | | |
| 11 | Площадка для хранения урожая | | |
| 12 | Площадка для хранения урожая | | |
| 13 | Площадка для хранения урожая | | |
| 14 | Площадка для хранения урожая | | |

КР 205-03/АТ МР.02.03.01.000.000.000
 Проектная организация
 Инженерная организация
 1:500
 10/11/2020



| Поз | Назва | Кільк. | Примітка |
|-----|-----------------------------------|--------|----------------|
| 1 | Сходи камінь | | |
| 2 | Лавка | | |
| 3 | Сортиментні | | |
| 4 | Підвіс підтримувач | | |
| 5 | Підвісний вогник | | Шкірка до 2 м |
| 6 | Послідовність розроблення (плану) | | |
| 7 | Трикопальний мотоблок | | |
| 8 | Бензиномотона пилка | 1 | STIHL MS 382 C |
| 9 | Навантажувач маніпуляторного типу | | |
| 10 | Дерева сусідньої лососи | | |
| 11 | Підвіс сортиментні | | |
| 12 | Лісовий вогник | | |
| 13 | Лісовий вогник | | |
| 14 | Повалене дерево | | |

КР 205.03.ЛГ.МРІ 02.03.02.000.ТП

Технологічне саме розроблення лососи на ССР (проектні) версії

