

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення транспортування та складування вантажів на прикладі підприємства деревообробної промисловості (комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МНм-61

спеціальності 275.03 Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

	(шифр і назва спеціальності)	
	(підпис)	Козевич В.І. (прізвище та ініціали)
	(підпис)	Попович П.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Рожко О.П. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Плекан У.М. (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	(підпис)	Цьонь О.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультетінженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедраавтомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)(прізвище та ініціали)

«»2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступенямагістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

студентуКозевичу Владиславу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботиУдосконалення транспортування та складування вантажів на прикладі підприємства деревообробної промисловості (комплексна тема)

Керівник роботиРожко Н.Я., д.е.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «11» листопада 2024 року № 4/7-1081.

2. Термін подання студентом завершеної роботи22.12.2024

3. Вихідні дані до роботиІнформаційні матеріали, джерела з мережі Інтернет

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ. 2. Теоретичний розділ. 3. Аналітико-дослідницький розділ. 4. Проектно-рекомендаційний розділ. 5. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. 6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 11.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Козевич Владислав Ігорович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рожко Н.Я.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

студенту Поповичу Павлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення транспортування та складування вантажів на прикладі підприємства деревообробної промисловості (комплексна тема)

Керівник роботи Рожко Н.Я., д.е.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «11» листопада 2024 року № 4/7-1081.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.12.2024

3. Вихідні дані до роботи Інформаційні матеріали, джерела з мережі Інтернет

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ. 2. Теоретичний розділ. 3. Аналітико-дослідницький розділ. 4. Проектно-рекомендаційний розділ. 5. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. 6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 11.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Попович Павло Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рожко Н.Я.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Козевич В. І., Попович П. В. – Удосконалення транспортування та складування вантажів на прикладі підприємства деревообробної промисловості (комплексна тема) – Рукопис.

Кваліфікаційні робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 275.03 – транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, – Тернопіль, 2024.

У кваліфікаційній роботі досліджено проблеми оптимізації транспортування та складування вантажів на деревообробному підприємстві. Проаналізовано сучасні методи управління складською логістикою, вивчено особливості зберігання та транспортування деревини, досліджено теоретичні основи моделювання транспортних та складських процесів.

Розроблено методику планування експериментів та створення оптимізаційних моделей для аналізу ефективності складської системи. Запропоновано три варіанти розміщення складських приміщень та транспортних шляхів, проведено оцінку їх ефективності за критеріями мінімізації транспортних витрат та максимізації використання складських площ.

На основі результатів моделювання визначено оптимальне розташування складських зон та транспортних маршрутів, що дозволяє скоротити відстань транспортування на 15-20% та підвищити ефективність використання складських приміщень на 25%.

Досліджено питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВАНТАЖ, ЛОГІСТИКА, СКЛАДУВАННЯ ВАНТАЖІВ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗАДАЧА РОЗПОДІЛУ.

ABSTRACT

Kozevych V. I., Popovych P. V. - Improvement of transportation and cargo storage on the example of a woodworking industry enterprise (complex topic) - Manuscript.

Qualifying work for the master's degree in the specialty 275.03 - transport technology (in road transport). - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, - Ternopil, 2024.

The master's thesis investigates the problems of optimizing transportation and cargo storage at a woodworking enterprise. Modern warehouse logistics management methods are analyzed, specifics of timber storage and transportation are studied, and theoretical foundations of transport and warehouse process modeling are explored.

A methodology for experiment planning and creation of optimization models for analyzing warehouse system efficiency has been developed. Three variants of warehouse facilities and transport routes placement are proposed, and their effectiveness is evaluated based on criteria of minimizing transportation costs and maximizing warehouse space utilization.

Based on modeling results, the optimal location of storage zones and transport routes has been determined, allowing to reduce transportation distance by 15-20% and increase warehouse space utilization efficiency by 25%.

Occupational safety and emergency situations issues have been investigated.

CARGO, LOGISTICS, CARGO STORAGE, OPTIMIZATION, DISTRIBUTION PROBLEM.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1. Опис підприємства.....	13
1.2. Підгрунття та формулювання проблеми	14
1.3. Огляд літературних джерел	19
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	24
2.1. Опис поточного стану.....	24
2.2. Теоретичні основи моделювання	34
2.3. Методологія	43
3. ПРОЄКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	53
3.1. Оптимізаційна модель	53
3.2. Результати оптимізації	55
3.2.1. Річний обсяг виробництва 320 000 м3	58
3.2.2. Річний обсяг виробництва 340 000 м3	58
3.2.3. Річний обсяг виробництва 500 000 м3	59
3.3. Розміщення роликів	60
3.3. Аналіз отриманих результатів	82
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	88
4.1. Безпека праці при експлуатації вантажопідіймної техніки та транспортних засобів на складах деревообробного підприємства.....	88
4.2. Організація безпечних умов праці при сортуванні та складуванні деревини.....	90
4.3. Організація та проведення невідкладних аварійно-відновлювальних робіт на автотранспортному підприємстві.....	92
4.4. Забезпечення протипожежної стійкості об'єкта транспорту (автотранспортного підприємства, автомобільного господарства), промислового підприємства машинобудівного профілю.....	95
ВИСНОВКИ.....	97

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	99
ДОДАТКИ.....	99
Додаток А.....	102
Додаток Б.....	104
Додаток В	106
Додаток Г.....	113

ВСТУП

Збільшення попиту на вироби з пиломатеріалів стало причиною того, що виникла необхідність розширити свої потужності на ТОВ «Українські лісопильні». Під час розширення буде впроваджено нове сортування колод, яке зможе сортувати деревину з іншими характеристиками та якістю порівняно з поточною сортуванням колод. Розміщення нової сортувальної станції та логістика після будівництва не вирішена. Таким чином, мета цієї кваліфікаційної роботи полягає в тому, щоб запропонувати проект нового лісозаготівельного складу, який передбачає розміщення нової сортувальної станції для колод, колод та доріг, щоб мінімізувати відстань руху транспортних засобів між сортувальною машиною та пилкою.

У кваліфікаційній роботі вивчено можливості та проблеми, які існують у логістиці деревини, шляхом вивчення літератури. Після цього було вивчено поточну логістику на ТОВ «Українські лісопильні». Було зібрано відповідні дані, щоб створити різні пропозиції щодо макета та визначити, яку модель оптимізації слід використовувати. Місце сортування колод було визначено після збору даних на ТОВ «Українські лісопильні». Три пропозиції щодо планування було створено після розміщення нового сортувального майданчика для колод. Усі пропозиції планування повинні мати ємність для зберігання об'ємом 15 000 м³, 20 000 і 35 000 м³. Одиниця об'єму м³ описує твердий об'єм деревини без кори. Задача про призначення з використанням угорського алгоритму була застосована для оптимізації розміщення сортиментів деревини на складі. Після цього транспортні відстані та тривалість водіння були розраховані з трьома різними рівнями виробництва.

Результати показують, що вся деревина поміщується на складі для трьох проектних пропозицій планування, коли рівні зберігання становлять 15 000 м³ і 20 000 м³, де знайдено оптимальне рішення. На початку було неможливо знайти оптимальне рішення, коли рівень зберігання збільшився до 35 000 м³. Щоб знайти рішення, було послаблено одне обмеження, яке дозволяло

переповнювати купи колод. Пропозиція макета 1 мала найменшу кількість переповнених колод, а пропозиція макета 2 – найбільшу.

Існувала значна різниця щодо відстані переміщення за рік між пропозиціями макета, коли рівень зберігання був низьким порівняно з високим. Пропозиція компонування 1 мала найдовшу відстань подорожі за рік, а пропозиція макета 3 мала найкоротший для всіх рівнів виробництва. Позиції та кількість колод будуть однаковими незалежно від рівня виробництва, але відстань подорожі збільшиться, коли рівень виробництва збільшиться. Кількість годин водіння розраховується на основі пройдених відстаней, щоб вказати на різницю в робочих годинах трактористів.

Пропозицію макета 3 буде запропоновано використовувати в майбутньому на основі результатів моделі оптимізації. Пропозиція компонування 3 має значно меншу транспортну відстань для двох нижніх рівнів зберігання порівняно з іншими пропозиціями. Водії також оцінили те, що пропозиція 3 розміщення має більше доступних колод, і що розміщення колод полегшить їх щоденну роботу та заощадить багато робочих годин.

Актуальність дослідження.

Збільшення попиту на вироби з пиломатеріалів створює необхідність оптимізації процесів транспортування та складування деревини на деревообробних підприємствах. Ефективна організація складської логістики та оптимізація транспортних потоків дозволяє знизити витрати, підвищити продуктивність праці та забезпечити безперебійне постачання сировини у виробництво.

Мета роботи.

Розробка проекту нового лісозаготівельного складу з оптимальним розміщенням сортувальної станції для колод та транспортних шляхів для мінімізації відстані руху транспортних засобів між сортувальною машиною та пилорамою.

Об'єкт дослідження

Процеси транспортування та складування вантажів на підприємстві деревообробної промисловості ТОВ «Українські лісопильні».

Предмет дослідження.

Методи та засоби оптимізації розміщення складських зон та транспортних маршрутів на деревообробному підприємстві.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз сучасних методів управління складською логістикою
2. Дослідити особливості зберігання та транспортування деревини
3. Розробити методику планування експериментів та створення оптимізаційних моделей
4. Запропонувати варіанти розміщення складських приміщень та транспортних шляхів
5. Провести оцінку ефективності запропонованих рішень
6. Розробити рекомендації щодо впровадження оптимізованої транспортно-складської системи

Методи дослідження:

- Методи математичного моделювання для оптимізації розміщення складських зон
- Методи теорії графів для аналізу транспортних потоків
- Статистичні методи обробки експериментальних даних
- Методи лінійного програмування для вирішення транспортних задач
- Методи угорського алгоритму для оптимізації призначень

1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис підприємства

ТОВ «Українські лісопильні» — деревообробна компанія, яка виробляє близько 800 000 кубічних метрів пиломатеріалів на рік. Сировину постачають з Волині.

ТОВ «Українські лісопильні» спеціалізується на виробництві сировини із сосни та ялини, де у 2021 році було вироблено близько 300 000 кубічних метрів пиломатеріалів. Об'єкт у ТОВ «Українські лісопильні» є найсучаснішим у компанії, де вони першими у світі застосували рентгенівську технологію в лінії розпилу для зчитування структури деревини кожної колоди. Рентгенівський апарат — це промисловий комп'ютерний томограф під назвою СТ Log, показаний на рисунку 1.1. За допомогою рентгенівської технології можна визначити якість і більше властивостей деревини, що створює кращу рентабельність при розпилюванні, оскільки можна витягти більшу частину кожної колоди. Це створює великі переваги для компанії ТОВ «Українські лісопильні» та її клієнтів, оскільки вони можуть оптимізувати використання кожної колоди та отримати можливість відстежувати її. У минулому не було можливості відстежувати кожен продукт у процесі розпилювання, і ціноутворення здійснювалося на основі інформації з колод або дощок у більших партіях. У найближчі кілька років планується реалізація великого інвестиційного проекту з переведення СТ Loggen з лінії розпилювання на сортування деревини. Це забезпечить відстеження протягом усього виробничого процесу, і кожен колоду на ранньому етапі можна буде краще сортувати за якістю.

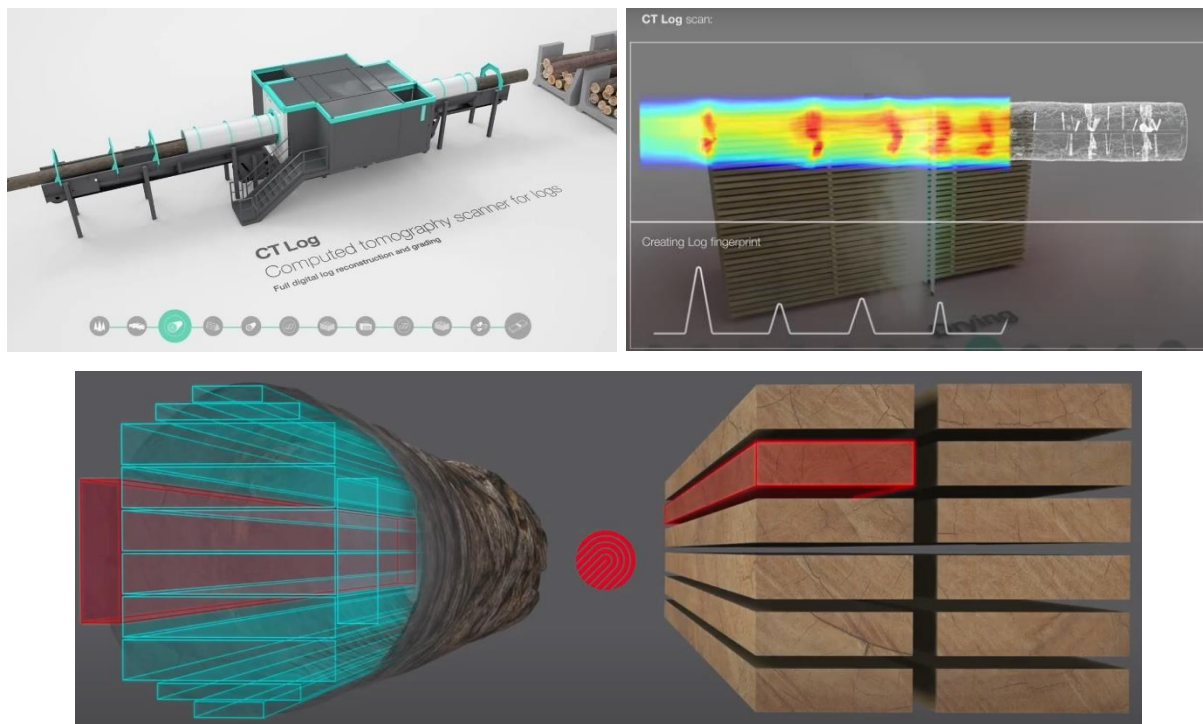


Рисунок 1.1 – MiCROTEC CT Loggen, який може зчитувати окремий відбиток зрізу деревини

1.2. Підгрунття та формулювання проблеми

Протягом багатьох років споживання деревини в лісовій промисловості Україні неухильно зростало. Графік на рисунку 1.2 показує, як обсяги заготівлі ліквідної деревини в Україні з 2010 по 2017 роки. Щоб впоратися зі збільшеним попитом на пиломатеріали, ТОВ «Українські лісопильні» бачив плани щодо розширення плану виробництва деревини протягом наступних кількох років.



Рисунок 1.2 – Обсяги заготівлі ліквідної деревини в Україні (млн тонн)

MiCROTEC CT Loggen TOB «Українські лісопильні» буде переміщено до сортувальної ділянки деревини. Це дозволяє розширене сортування деревини за класами та потребує більше відділень у сортуванні деревини. Наразі лісосортільня складається з 50 відділень, а нова буде розширена до 70 відділень. Поточний план деревини показано в зеленій зоні на рисунку 3, де розширення відбуватиметься на північ у помаранчевій зоні.



Рисунок 1.3 – Зелена зона – план деревини, а помаранчева зона доступна для розширення

Розширення відбуватиметься з урахуванням обмежень та побажань. Три заборонені зони показані на рисунку 4 червоним кольором. Ділянка 1 зарезервована для майбутньої залізниці, ділянка 2 – це піщаний кар'єр, який буде використовуватися для очищення зливових стоків, а ділянка 3 планується використовувати як вантажний майданчик. На півночі жодна будівля не може знаходитися на 60 метрів нижче лінії високої напруги через безпечні відстані. Іншою важливою частиною розширення є те, що існуюча логістика та сортування деревини повинні залишатися та функціонувати до завершення запланованого розширення. Між поточним сортуванням деревини та новим має бути відстань щонайменше 20 метрів (Оја 2022). Прохання трактористів,

щоб дорога вздовж сортувальної деревини була заасфальтована по 25 метрів з кожного боку.



Рисунок 1.4 – Три заборонені зони, позначені червоним

У кваліфікаційній роботі має бути визначено місце нової сортування лісоматеріалів з урахуванням обмежень та побажань. Після розміщення сортувальної станції метою є оптимізація обробки деревини між сортувальною станцією та пилкою. Розміщення класів деревини має бути оптимізоване шляхом мінімізації транспортних відстаней на обмеженій складській площі. Мета полягає в тому, щоб створити різні дизайнерські пропозиції для плану деревини та проаналізувати їх відповідно до трьох різних рівнів зберігання, відстані транспортування та годин руху залежно від річного виробництва. Щоб досягти мети та цілей кваліфікаційної роботи, необхідно відповісти на такі запитання:

ТОВ «Українські лісопильні» має розробити новий план деревини, щоб мінімізувати транспортну відстань для транспортних засобів між сортуванням деревини та пилорамою.

Кваліфікаційна робота була обмежена вивченням внутрішньої логістики обробки деревини між сортуванням деревини та пилкою. Інвестиційні витрати

на розширення або практичне впровадження нового сортування деревини не розглядаються. При розміщенні нового сортувального масиву в проектних пропозиціях буде враховано, що існуючий сортувальний масив повинен залишитися, але в готових пропозиціях передбачається, що його було видалено з плану лісового масиву. Розміщення класів колод у відсіках нового сортування колод не оптимізовано, але сортується відповідно до того, як часто клас колод спорожняється. Клас пиломатеріалів, який спорожняється найбільшу кількість разів, був розміщений ближче до пилки.

Рівень запасів у регіоні різний залежно від сезону, погоди та непередбачуваних подій, що впливає на використання потужностей запасів. Тому рівень годинного запасу в класі змінюється в різний час доби, що ускладнює обчислення точних цифр, які відображають реальність. Проект був обмежений керуванням середніми обсягами на клас деревини по відношенню до кількості розпилів протягом повного року для трьох різних рівнів запасів і виробництва. Подальше розмежування полягає в тому, що дороги, які не були виправлені, і всі перекидання були розміщені вручну для кожної проектної пропозиції. У кожній проектній пропозиції ширина рулону була адаптована до середнього значення поточних рулонів. При розрахунках приймається, що трактор перевозить однаковий середній об'єм захвату для всіх класів лісоматеріалів і що трактор завжди перевозить повний захват із деревиною. У зв'язку з обмеженим часом роботи розроблено та проаналізовано лише три проектні пропозиції для нового лісового плану. Усі проектні пропозиції ґрунтувалися на одній і тій самій площі, яка є вимощеною поверхнею поточного плану колод, яка не належить до несанкціонованої території.

Було проведено дослідження літератури, де схема руху деревини була відображена з проблемами та можливостями в логістиці деревини. У дослідженні літератури було проаналізовано, які методи оптимізації використовувалися раніше і чому деякі вирішили використовувати моделювання. На основі вивчення літератури було проведено опис поточної ситуації, і мета полягала в тому, щоб створити краще розуміння потоку деревини на ділянці розпилювання ТОВ «Українські лісопильні». Під час

візиту на лісопильний завод було проведено часове дослідження діяльності трактористів для збору даних для оптимізаційної моделі. Результат транспортної відстані транспортних засобів за рік із поточної ситуації потім буде порівнюватися з результатом проектних пропозицій, щоб визначити достовірність рішень.

З самого початку моделювання передбачалося використовувати для визначення місця розміщення роликів із різними класами деревини на плані деревини. Було вирішено спочатку вирішити проблему за допомогою оптимізації, щоб побачити, чи можна знайти оптимальне рішення. Одна з проблем полягала в тому, що в питанні з'являлося кілька проблем оптимізації, що ускладнювало проблему. Першою частиною кваліфікаційної роботи було визначення місця нової сортування деревини на основі обмежень та побажань. Після ряду зустрічей із проектною групою в ТОВ «Українські лісопильні» було виявлено, що довжина нової сортувальної деревини обмежує можливості розміщення, і зрештою існує лише одне можливе розміщення. Після розміщення сортування деревини метою було оптимізувати транспортування деревини між сортуванням деревини та пилою.

Після визначення доріг на плані журналу ролики можна розмістити на першій проектній пропозиції. Виходячи з наявних даних і припущень, проблему можна було б ще більше спростити, якщо, наприклад, розташування відсіків визначалося на основі того, як часто трактор спорожняв відсік за зміну, де ті, у кого найбільше спорожнявалося, опинялися найближче до пилки. З даними про те, який сорт був у бункері, можливі місця перекидання, максимальну відстань класу деревини до пилки та довжину перекиду для класу деревини, було виявлено, що структура проблеми нагадує задачу відображення. Кожному класу деревини в купе буде виділено лише один рулон у зоні з мінімальними транспортними витратами. Коли була побудована матриця витрат, вона включала вартість трактора для транспортування пиломатеріалів від бункера до центру рулону, потім від центру рулону до пилки і на таку ж відстань назад. Проблема призначення було розв'язано в Matlab за допомогою угорського алгоритму, де алгоритм був обраний,

оскільки метод вивчався під час навчання. Коли було знайдено оптимальне рішення для Проектної пропозиції 1 на рівнях зберігання 15 000 м³ і 20 000 м³, було виявлено, що простір для перекидання може бути коротшим, оскільки деякі класи деревини займають лише невелику частину простору для скидання. Оскільки низька швидкість заповнення може призвести до довшої транспортної відстані, ніж необхідно, було створено іншу проектну пропозицію. Друга проектна пропозиція була розроблена з метою створення більшої кількості коротких рулонів і тому розмістила додатковий вихід між сортувальником колод і пилою. Дві пропозиції щодо дизайну були представлені водіям тракторів, і вони оцінили кількість переломних моментів у проектній пропозиції 2, але хотіли, щоб більше було розміщено вертикально, щоб полегшити їхню щоденну роботу. Дотримуючись думок трактористів, була створена третя проектна пропозиція з більш вертикальними роликами.

1.3. Огляд літературних джерел

Схема потоку деревини від колоди до готового продукту показана на рисунку 1.5 (Openclipart 2022). Лісоматеріали зазвичай везуть з лісу на лісопильний завод. На пиломатеріалах за допомогою трактора вивантажують неміряну деревину з вантажівки і розміщують її на дерев'яному столі вимірювальної станції. Якщо дерев'яний стіл заповнений, деревину поміщають на ролики для транспортування до дерев'яного столу пізніше. Тут деревина вимірюється та сортується в різні відсіки залежно від класу деревини. З бункерів знову трактор переміщує деревину з бункерів на ролики на дерев'яній підлозі. Вся площа лісоскладу використовується для зберігання лісоматеріалів, які транспортуються на лісопильний цех. Коли настає час розпилювати пиломатеріали певного класу, трактор транспортує лісоматеріали з котка на лісопильний стіл. Оскільки колоди сортуються за різними класами деревини, лісопильний завод може отримати більшу вартість з одиниці, якщо пиляти один клас деревини за раз. Після розпилювання

продуктами є дошки та деякі залишкові продукти, які стають целюлозою та стружкою (Dramm, Jackson and Wong, 2002).



Рисунок 1.5 – Схема потоку деревини від лісу до готового продукту.

Спосіб планування деревини з логістичної точки зору може створити багато переваг. Інтерес до дизайну дерев'яних дощок зріс протягом останнього десятиліття через проблеми в ланцюзі постачання деревини, нові вимоги ринку та бажання отримати більше з наявних ресурсів. Розмір площі, необхідної для сортування деревини, визначається скількома класами деревини та кількістю колод кожного класу (Dramm et al. 2004). Оптимальна конструкція плану колод залежить від розміру вальців колод, способу обробки великих об'ємів, обмежень щодо площі та транспортних засобів, які транспортують матеріал (Dramm, Jackson and Wong 2002).

У дослідницькому проєкті було розглянуто 18 різних лісопильних заводів у Північній Америці, де вони помітили, що в більшості випадків проєкти сортування деревини базуються на суб'єктивних думках, а не на об'єктивному дослідженні. Було лише обмежене знання або розуміння різних принципів, які забезпечують ефективну логістику плану журналу. Поширеною була погана конструкція сортувальної станції, надмірно великі запаси деревини та неправильний вибір обладнання для ефективної роботи. У статті вони рекомендують, як можна покращити логістику деревини, серед іншого,

розробивши план деревини, розумніші системи сортування, кращі способи вимірювання, завантаження та транспортування деревини. Вони також рекомендують транспортувати лісоматеріали з повним вантажем, віддавати перевагу колодам високої вартості, використовувати відповідне обладнання та мінімізувати кількість маршрутів (Dramm et al. 2004).

Існує багато проблем із планом деревини, які необхідно враховувати. Залежно від сезону рівень запасів буде змінюватися, тому має бути достатньо місця для зберігання деревини. Склад, як правило, розташований на відкритому повітрі, тому він повинен витримувати різні погодні умови. Крім того, поверхня ґрунту складської зони впливає на те, скільки можна зберігати та який тип матеріалу можна зберігати. Деревина є продуктом, який швидко псується, тому слід враховувати порядок обертання, коли те, що зберігається першим, використовується першим (Huka and Gronalt 2018). Якщо деревина зберігається надто довго, колір і якість можуть змінитися, що зменшує цінність. У той же час, коли деревина старіє, вологість знижується, що може мати позитивний ефект, оскільки деревину стає легше та дешевше транспортувати (Sarrazin, LeBel and Lehoux 2018). Існує також багато заходів безпеки, які необхідно враховувати на дерев'яній площині. Наприклад, потрібна певна відстань від будівлі до перекидачів через ризик виникнення пожежі та спеціальні доріжки для пішоходів, щоб уникнути зіткнень із важкими транспортними засобами (Huka and Gronalt 2018).

Ще одна проблема полягає в тому, щоб не обробляти кожен коловид окремо або групу надто багато разів, що може знизити прибутковість. Тому важливо, щоб колоди перевозилися великими зв'язками з повним завантаженням, а не окремо. Також важливо мінімізувати транспортні відстані для підвищення прибутковості (Dramm et al. 2004).

Наявність деревини залежить від погодних умов, де коливання можуть бути значними в залежності від пори року. У літньо-осінній період, коли йдуть дощі або підвищена вологість місцевості, доступність лісової техніки в лісі обмежена. Це призводить до зниження рівня запасів до низьких рівнів, головним чином восени. Взимку підвищується доступність лісових машин, що

дозволяє їм їздити, не руйнуючи угіддя, що забезпечує великий запас деревини. Потім настає короткий період, коли мороз покидає землю, а це означає, що деякими дорогами неможливо проїхати, оскільки земля може бути знищена через важку лісову техніку. У цей період зменшуються запаси на лісопильних заводах. Здатність справлятися зі змінами рівня запасів через сезонні коливання має велике значення для витрат на логістику лісопильного заводу (Uusitalo 2005).

Сезонні коливання роблять надзвичайно важливим для лісопильних заводів завжди мати запас деревини, щоб зменшити ризик зупинки виробництва. Варіації є одним із найбільших факторів, які впливають на дизайн плану зрубу. Тому важливо, щоб план деревини був розроблений для обробки як малих, так і великих запасів, оскільки важко передбачити та контролювати зміни (Trzcianowska, Beaudoin and Lebel 2019).

Попередні дослідження щодо оптимізації ланцюжка створення вартості в лісовій промисловості здебільшого зосереджувалися на заготівлі, транспортуванні та переробці деревини, де мало уваги приділялося тому, як можна оптимізувати план деревини. У той же час не можна уникнути того, що добре розроблений план деревини має вирішальне значення для підвищення ефективності процесу розпилювання. Якщо план деревини розроблений неефективно, це безперечно призводить до збільшення експлуатаційних витрат, погіршення запасів, екологічних наслідків із збільшенням забруднення та соціальних ризиків. Проект плану зрубу, швидше за все, буде створено подібним чином через кілька років у майбутньому, а це означає, що проектування з самого початку має вирішальне значення для зниження витрат у довгостроковій перспективі (Rahman, Yella and Dougherty 2014).

Оптимальний дизайн плану деревини може бути складно визначити через складну взаємодію між логістикою території, де задіяно кілька підпроблем (Gu, Goetschalckx та McGinnis 2010). Підзадачі можуть стосуватися структури плану деревини з розташуванням різних об'єктів, розмірних розрахунків для розміру ділянки, кількості класів деревини, об'єму, роликів і в якому напрямку повинна лежати деревина, а також який

транспортний засіб використовується для транспортування лісу. Усі підпроблеми впливають одна на одну, де має бути розроблена стратегія зберігання, яка враховує можливий час зберігання лісоматеріалів, переважно першим прийшов, першим вийшов, а також те, чи має план деревини мати фіксовані чи динамічні місця перекидання. При проектуванні необхідно також враховувати розподіл по площі різних класів деревини. Зважаючи на всі підпроблеми, рекомендовано метод, який дозволяє динамічно оцінювати продуктивність лісогосподарства (Robichaud Vachon, Beaudoin, and Lebel 2014). Якщо методику оптимізації поєднати з імітаційною моделлю для визначення плану деревини, неможливо визначити, який алгоритм оптимізації є найефективнішим, оскільки кожен має різні переваги. Залежно від складності проблеми, користувач повинен вибрати найбільш відповідний метод (Rahman, Yella, and Dougherty, 2014).

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Опис поточного стану

У цьому розділі пояснюється, як працюють різні частини існуючої системи обробки деревини на пилі ТОВ «Українські лісопильні». Метою поточного опису статусу є створення розуміння пилорами та збір відповідних даних, щоб відповісти на запитання кваліфікаційної роботи та досягти мети.

На рисунку 2.1 показано огляд пилки ТОВ «Українські лісопильні», де площа виміряної деревини праворуч від зеленої лінії є основним фокусом кваліфікаційної роботи.

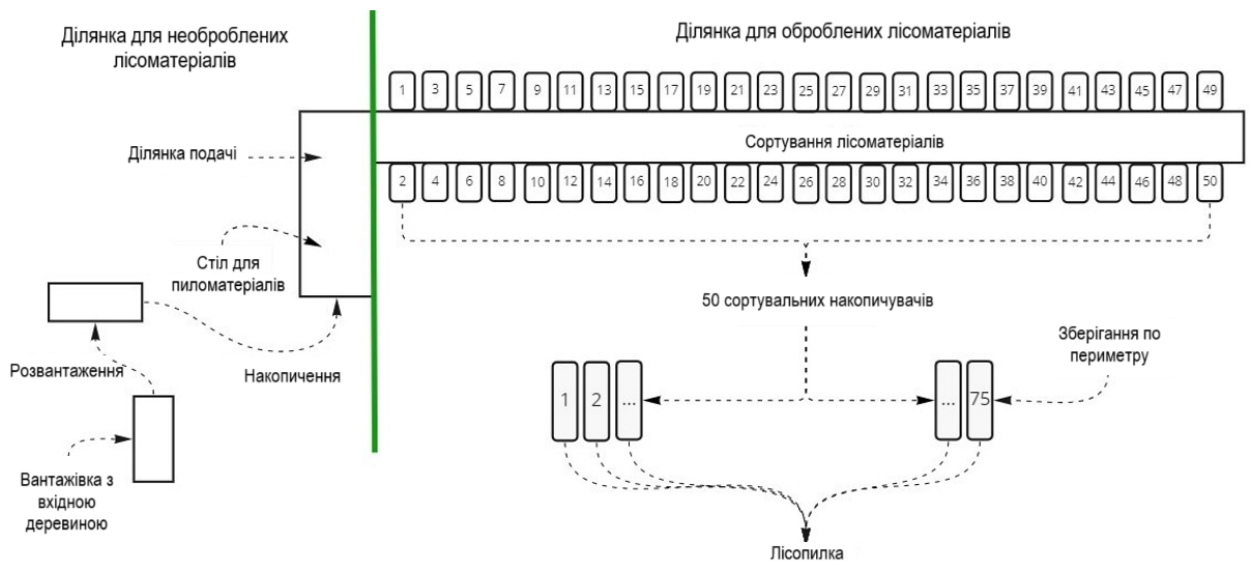


Рисунок 2.1 – Огляд пилки ТОВ «Українські лісопильні»

Надходження деревини.

Щодня приблизно три вантажівки на годину з новою деревиною прибувають у територію, як показано на рисунку 2.2. Протягом ночі можуть бути години, коли жодна вантажівка не заїжджає в територію. Найвищий тиск вранці, що може створювати великі черги. Щоб не створювати затори в цьому районі, вантажівки повинні стояти в черзі на деякій відстані від сортувальної деревини, де лише одна вантажівка за раз їде на сортувальну деревину для розвантаження. Коли вони потрапляють на територію, спочатку є кілька

ділянок целюлози та дров, тобто колод, які надто низької якості, щоб їх розпилувати, і натомість їх потрібно відправляти на паперову фабрику. Існує також заправна станція та зони для зламаної деревини, яка є деревиною або деревиною, яка була зламана механічним впливом або пошкоджена під час обробки і тому повинна бути викинута.

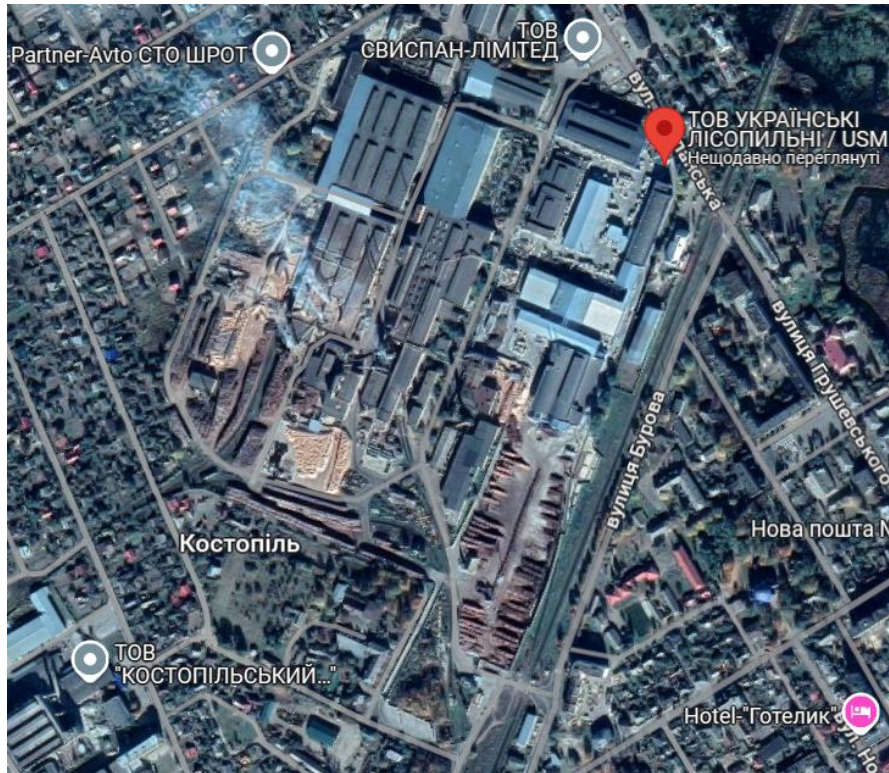


Рисунок 2.2 – Опис території в ТОВ «Українські лісопильні»

Вивантаження немірної деревини.

Під час розвантаження лісоматеріалів вантажівка стоїть біля лісосортувальної станції, де трактор вивантажує деревину грейферами та кладе її безпосередньо на лісозамірний стіл. Якщо на дерев'яному столі повно, колоди розміщуються в зоні для невимірної деревини в роликах, які розділені кількома колодами вертикально між кожною партією, див. Рисунок 8. Причиною розділення є відстеження того, який постачальник вони походять з того, що кожен власник лісу отримує правильну оплату за обсяг і якість. Пізніше колоди вимірюють і першими вибирають ті, які пробули в зоні найдовше. Це пояснюється тим, що деревина є свіжим продуктом і тому не повинна лежати надто довго, що може призвести до пошкодження через

гниття. Коли колоди зберігаються окремо з кількома вертикальними колодами, це означає, що висота рулонів обмежена і склад для немірного лісу займає більше місця, де рулони можуть бути довгими. Висота рулонів, які потрібно виміряти, зазвичай становить 2,5 метри.



Рисунок 2.3 – Котки деревини на пилці ТОВ «Українські лісопильні», які утримуються вертикальними колодами.

Об'єм деревини на вантажівці вимірюється за допомогою мірної палички. Виміряна міра купи дорівнює м^3 , а об'єм обчислюється шляхом добутку довжини, ширини та висоти палі, розміри показані на рисунку 2.4. Це дає загальний об'єм купи, включаючи кору та повітря, де лісовоз зазвичай має три палі, що відповідають об'єму від 55 до 60 м^3 .



Рисунок 2.4 – Кубічний метр для відбору (м^3), що включає кору та повітря між колодами

Після того, як деревину виміряно, її можна помістити у великі дерев'яні ролики, які можна надбудувати зверху, оскільки це вже придбана деревина, і її не потрібно зберігати окремо. Звичайна середня висота деревини, виміряної

риссю, становить 5 метрів, а в об'ємі вона становить від 10 до 15 відсотків від загального розміру.

Сортування деревини.

З дерев'яного столу колоди проходять вимірвальну станцію, де неупереджений персонал відділу якості класифікує та вимірює колоди. Лісоматеріали на ТОВ «Українські лісопильні» сортуються як за довжиною, так і за діаметром, де сортування складає 185 метрів. Загалом є 50 відсіків, і кожен відсік має ширину 7 метрів, як показано білим квадратом на рисунку 10. Чорний прямокутник ліворуч на рисунку 2.5 – це вимірвальна станція, а чорна лінія між кожним білим ящиком – конвеєр для сортування деревини. Відміряна колода надсилається вздовж конвеєрної стрічки, доки не опиниться в потрібному місці, а потім униз у відсік.



Рисунок 2.5 – Розміщення класів деревини в 50 різних відділеннях для сортування

Пиля ТОВ «Українські лісопильні» має 41 різний клас деревини із сировини сосни та ялини. У класифікації деревини на рисунку 10 аббревіатури F використовуються для сосни та G для ялини. Класи відсортовані за розміром діаметра, де мала цифра після літери F або G означає, що діаметр вужчий, а більші цифри — товщі колоди. Найменший клас деревини F6 і G34 найгрубіший. Деякі класи деревини мають букву L або T за цифрою, де L означає довге, що означає колоди довжиною від 4,80 до 5,60 метрів. T означає верхівку і є верхньою частиною дерева, яка сортується в окремому відсіку, оскільки деякі клієнти цікавляться зеленою гілочкою, знайденою у верхніх колодах. На початку сортування колод є кілька відділень для аутсорту,

верхнього гроту та пульпи, тобто колод, які не будуть відправлені на пилораму через низьку якість або з інших причин. Відсік для контролю призначений для контрольного вимірювання та використовується для випадкової перевірки того, що виміряні колоди мають правильний розмір деревини.

Сучасне розташування вальців деревини.

Коли відсік заповнений, лісоматеріали транспортуються у рулон у зоні, і лише один клас деревини поміщається в той самий рулон. Після того, як деревина залишиться в котку, водій трактора може ввести місцезнаходження в комп'ютерну систему, яка є в тракторах. На рисунку 2.6 показано, де розташовані класи деревини на плані деревини в синій області. Червона зона вказує на розміщення невиміряної деревини, а зелена зона — нова розробка для виміряної деревини. Помаранчевий прямокутник означає перекидання, а чорні поверхні — дороги. Найтонші колоди F8, G6, G8 і F10 знаходяться у верхній частині плану колоди, яка є найдалшою від пилки. Найближчими до пили є більш грубі колоди G34, G28 і одночасно середня колода F23T. Розміщення різних класів деревини базується на рутині, коли багато трактористів працювали на лісопилці тривалий час і бачили різні результати. Вони знають, що більш товсті колоди повинні бути ближче до приймального отвору пилки, щоб мати час дістати захват пиломатеріалів і засипати їх на столі колод пилки до того, як клас закінчить розпилювання. Причина полягає в тому, що під час транспортування товстіших колод їх менше може поміститися в грейфер, і тому вони швидше зникають у пилці. Якщо більш товсті колоди розташувати з іншого боку плану деревини, це призведе до зупинки виробництва. Менші колоди можуть бути далі від пилки, тому що трактор отримує велику кількість колод разом із грейфером, що потребує більше часу, щоб пилка відійшла.

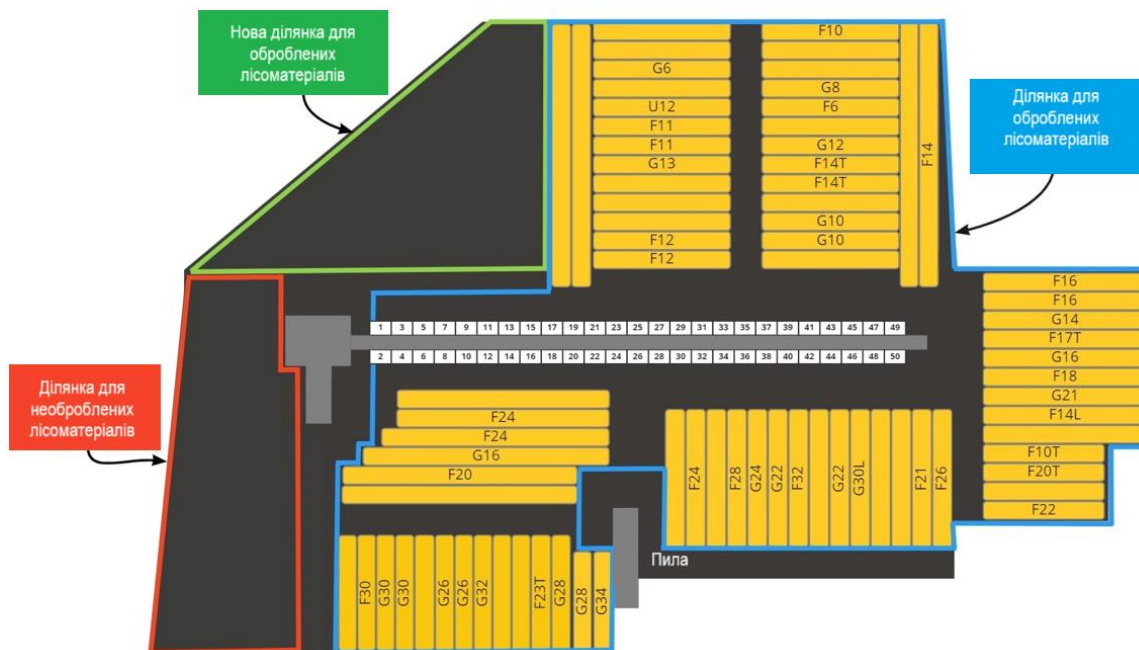


Рисунок 2.6 – Розташування роликів на дерев'яній площині

Через розмір найгрубіших колод вони часто спричиняють механічні зупинки пилки, що дає операторам більше часу для того, щоб підібрати й висадити колоди. Враховуючи, що пила може зупинитися, найтовстіші колоди іноді кладуть далі від пилки. З іншого боку, колоди середнього розміру як для сосни, так і для ялини в класах близько 22, 23, 24 і 26 можуть лежати близько до пилки, тому що вони рідко викликають зупинки в процесі роботи. Найважливішим завданням тракториста є те, щоб виробництво не зупинялося там, де пила ніколи не повинна бути без деревини.

Залежно від розміру рулону та поверхні, яку можна використовувати, для класу деревини може знадобитися кілька місць розташування рулонів. Оскільки різні класи деревини не можна змішувати в одному рулоні, важливо, щоб було місце для запасних рулонів при великих запасах. Підраховано, що вони зазвичай мають від 20 000 до 25 000 кубометрів мірної деревини на лісоплані. У якийсь момент у них було 50 000 кубічних метрів виміряної деревини.

Тягач - Volvo L180H HL.

Пила ТОВ «Українські лісопильні» використовує трактори моделі Volvo L180H HL для транспортування деревини, як показано на рисунку 2.7. Перекинутий самоскид, який розвантажується спереду, має підвищений ризик перекидання, тому трактори можуть бути обладнані пристроєм для переміщення колод, який є вилковим пристроєм. Пристрій для переміщення колод дає змогу трактору їхати вперед і ущільнювати колоди, якщо вони звалилися в рулон, щоб легше заповнити грейфер при наступному підбиранні. Це підвищує продуктивність завдяки спрощеному поводженню та збільшенню простору на плані колод. Машина для переміщення колод може збільшити висоту рулону на 1–1,5 метри, тобто приблизно на 30 відсотків від висоти (Volvo, 2016). Щоб зручно забирати колоди в будь-якому місці ролика, захват колод може повертатися на 360 градусів і нахилитися одночасно. Довжина трактора з подавачем колод і захватом колод, розташованими вздовж, становить 9,91 метра, а висота – 5,16 метра. Ширина трактора становить 3,08 метра, а коли захват колод знаходиться у найвищому положенні, висота становить 9,13 метра, що означає, що максимальна висота катків може становити 5,5 метрів (Volvo, 2016).



Рисунок 2.7 – Транспортування деревини

Трактор може перевозити деревину із захватною поверхнею від 3,2 до 3,8 м² залежно від класу деревини. Пили ТОВ «Українські лісопильні» зазвичай розраховують на середнє значення 3,6 м². Згідно з інформацією про пилу ТОВ «Українські лісопильні», середній грейфер транспортує в середньому 9,6 м³. Одиницею об'єму м³ є кількість кубічних метрів, де f означає твердий об'єм без кори та повітря, що є найпоширенішим вимірюванням під час продажу (Оја 2022).

Пила.

Виробничий потужність пили ТОВ «Українські лісопильні» становила приблизно 310 000 кубічних пиломатеріалів на 2022 рік, а мета – наблизитися до 500 000 кубічних пиломатеріалів. Розпиляний об'єм у 500 000 кубічних метрів на рік відповідає приблизно 1 000 000 м³ деревини, тому що всю колоду не можна використовувати для дощок. Відсотки для продуктивності пили, кількість стружки, стружки та залишкового матеріалу показано на рисунку 2.8.

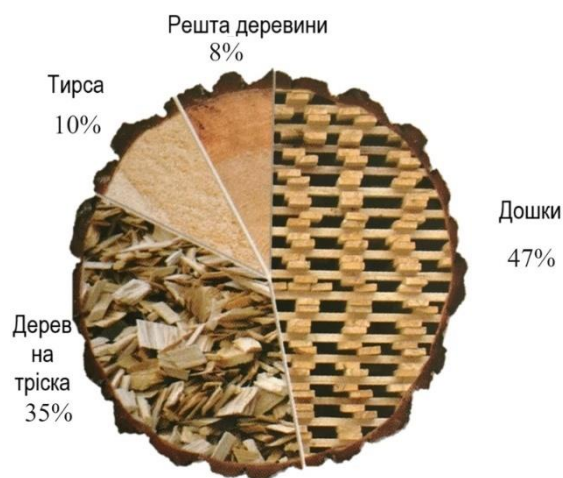


Рисунок 2.8 – Урожайність пили на м³

Працівники лісопилки повідомляють трактористам, коли потрібно розпиляти сорт пиломатеріалів. Тоді водій трактора під'їжджає до потрібного рулону, заповнює захват деревиною та транспортує її до дерев'яного столу. Розмір катка визначає, скільки разів трактор пробігає туди-сюди, перш ніж закінчиться, що вимагає кількох обертів. Причина того, що пиломатеріали одного класу розпилюються за один раз, полягає в тому, що пилка вимагає

часу на переналаштування залежно від типу деревини та верхнього діаметра колоди. Об'єм колоди діаметром 20 сантиметрів і довжиною три метри становить приблизно 25 відсотків від колоди діаметром 40 сантиметрів і такою ж довжиною. Таким чином, для пилки потрібні чотири колоди діаметром 20 сантиметрів, щоб отримати такий самий кубічний об'єм деревини, як колода діаметром 40 сантиметрів. Загалом потрібно розпиляти в чотири рази більше колод, щоб відповідати тій самій швидкості виробництва пилою (Dramm et al. 2004). Коли один клас деревини розпилюється за раз, це створює кращі умови з логістичної точки зору, тому що після завершення рубки залишається місце для розміщення нового класу деревини. Важливо й те, що лісоматеріали продаються, адже це свіжий продукт.

Залишені на пилі колоди діють як буфер, де трактор повинен повернутися до валки, забрати колоди, транспортувати їх до пилки та вивантажити на стіл для колод, перш ніж колода закінчиться. При розвантаженні пилки колоди повинні лежати правильно, щоб не було заклинювання. Якщо тракторист не встигає заправлятися новою деревиною, це призводить до фінансових втрат. На лісопильному заводі є більші економічні втрати, коли виробництво зупиняється, порівняно з тим, якби трактор мав транспортувати колоди на більші відстані.

Розміри дерев'яного ролика.

Розміри рулону описані на рисунку 2.9 (Berendt, Cremer and Wolfgramm, 2021), де загальна довжина дорівнює lT , де T означає загальну. Висота вимірюється в найвищій точці ролика і знаходиться безпосередньо перед конусною зоною і позначається h . Довжина конічної відстані представлена l , а довжина колод є шириною ролика і показана символом. буква b .

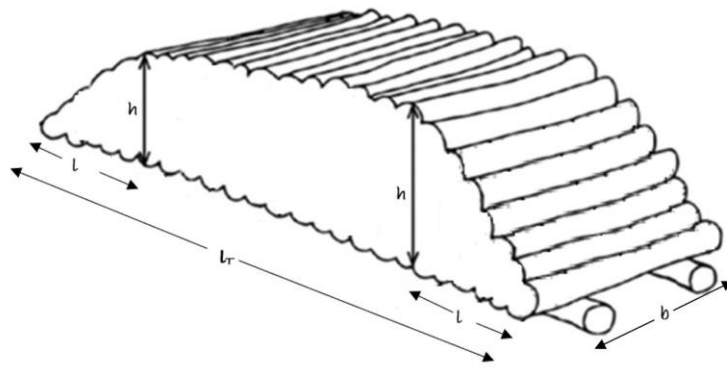


Рисунок 2.9 – Переміщення таймера в 3D

Об'єм колоди часто вимірюється в м³, оскільки це об'єм колоди, включаючи кору та повітря, яке утворюється між колодами. Щоб перетворити об'єм з м³t в м³ і отримати об'єм без кори та повітря, ТОВ «Українські лісопильні» використовує міру перетворення. Вони множать м³t на 0,65, як показано в рівнянні (1).

$$m^3t * 0,65 = m^3 \quad (1)$$

На рисунку 15 показано поперечний переріз рулону з тими ж одиницями вимірювання, що й на рисунку 2.10.

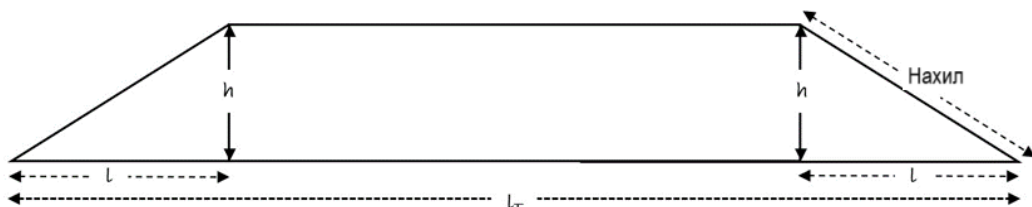


Рисунок 2.10 – Поперечний розріз перекидання.

Залежно від класу деревини довжина колоди коливається від 3,0 до 5,6 метрів. У ТОВ «Українські лісопильні» у розрахунках використовують середнє значення 4,6 метра. Коли на площині колоди створюється перекид, місце перекиду має бути трохи ширшим за колоду, оскільки колода може стати перекошеною. У районі було 56 колод з деревиною, де ширина колоди становила в середньому 6,67 метра, що показано в Додатку 2. Довжина колод коливалася від 15,72 метра до 82,79 метра, що залежало від того, яка поверхня була доступна та як багато деревини, привезеної з лісу. Додаток 1 показує

довжину всіх рулонів пилки ТОВ «Українські лісопильні». Залежно від розташування самоскида, ємність зберігання може відрізнятися, де самоскиди, розташовані між двома іншими самоскидами, складніше побудувати високо, оскільки їх можна заповнювати лише спереду. Якщо самоскид можна завантажувати деревиною збоку, збільшується можливість будівництва високих, де трактор може регулювати місце, де закінчується деревина. Разом із керівником виробництва розміри повних рулонів були оцінені в 5 метрів (Ліндгрєн 2022). Тракторист також надав інформацію про те, що максимальна висота перекидання становить 5,5 метрів, що обмежується висотою підйому трактора (Jonsson 2022).

2.2. Теоретичні основи моделювання

Лінійне програмування.

Лінійне програмування – це варіант задач оптимізації, де і цільова функція, і підумови є лінійними функціями. Загальну задачу лінійного програмування можна записати так:

$$\min \quad z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2)$$

$$\text{коли} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad \{\leq, \geq, =\} \quad b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (3)$$

Цільову функцію (2) з z потрібно мінімізувати, а c_j — вартість змінних x_j . Вторинна умова (3) може бути $\leq$, $\geq$ або $=$, де правильний знак вибирається залежно від проблеми (Jäger, 2019).

Цілочисельне програмування.

Проблема оптимізації в програмуванні, де всі змінні можуть бути лише цілими числами, називається цілочисельним програмуванням. Математичне формулювання задачі лінійного цілочисельного програмування можна записати наступним чином:

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (4)$$

$$\text{тоді} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$0 \leq x_j \leq u_j \text{ цілих чисел } j=1, \dots, n \quad (6)$$

Цільова функція (4) максимізує вартість з огляду на обмеження в підумові (5). Умова (6) гарантує, що це лише цілі числа. Окремим випадком лінійного цілочисельного програмування є двійкове цілочисельне програмування:

$$\max z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$x \in \{0, 1\}^n \quad (9)$$

Цільова функція показана в рівнянні (7), а співумова в рівнянні (8). Умова (9) визначає двійкові змінні (Wolsey 1998, 3).

Для бінарної задачі у випадку двох змінних це означає, що якщо $x_1 = 1$, вибирається варіант 1, а якщо $x_2 = 1$, вибирається варіант 2, якщо варіант 1 коштує c_1 , а варіант 2 коштує c_2 , і один з них повинен математичне формулювання задач мінімізації виглядає так:

$$\min c_1 x_1 + c_2 x_2 \quad (10)$$

$$\text{тоді} \quad x_1 + x_2 = 1 \quad (11)$$

$$x_1 \in \{0, 1\}, x_2 \in \{0, 1\} \quad (12)$$

Де (10) є цільовою функцією, (11) вторинною умовою, де буде обрано x_1 або x_2 , а (12) визначає двійкові змінні (Holmberg 2017).

Теорія графів.

Граф складається з набору точок, які називаються вузлами або вершинами (V), які з'єднані лініями, які називаються дугами або ребрами (E).

Терміни (V) і (E) походять з англійської мови і означають вершини та ребра. На рисунку 16 зображено граф, що складається з вершин $V=\{1, 2, 3, 4\}$ та дуг $E=\{\{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{2, 4\}, \{3, 4\}\}$ з'єднання країв.

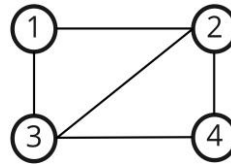


Рисунок 2.11 – Ілюстрація графа з чотирма вершинами та п'ятьма дугами

Інформацію про графік можна представити в матриці 0 і 1 двома різними способами. Перший спосіб — це матриця сусідів, показана в таблиці 2.1. Одиниця записується, коли дві вершини з'єднані дугою, яка називається сусідами. Другий варіант — це матриця з'єднань, яка показує, які дуги виникають у кожному куті, яку можна побачити в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Матриця сусідів

	1	2	3	4
1	0	1	1	0
2	1	0	1	1
3	1	1	0	1
4	0	1	1	0

Таблиця 2.2 – Матриця підключення

	12	13	23	24	34
1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	1	0
3	0	1	1	0	1
4	0	0	0	1	1

Залежно від ситуації кути та краї можуть мати різне значення. У транспортних задачах вершини можуть представляти міста, а якщо ребра мають вартість дуги, вона може представляти відстань або вартість транспортування. Поширеною проблемою оптимізації є пошук найкоротшого шляху подорожі між містами, якщо кожне місто потрібно відвідати (Emory, 2021).

Проблема присвоєння.

Проблема присвоєння — добре відома задача цілочисельного програмування. Припускається, що є n доступних людей, які можуть виконувати n завдань, причому кожна особа може виконувати лише одну роботу. Витрати c_{ij} виникають, коли людину i призначають на роботу j , а метою є знайти найменшу можливу вартість.

Визначення змінної:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо особа } i \text{ виконує роботу } j \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

Математичне формулювання записується так:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, n \quad (16)$$

Цільова функція (13) мінімізує витрати особи n на виконання роботи n . Умова (14) гарантує, що особа i виконує рівно одну роботу, а умова (15) забезпечує виконання кожної роботи j рівно однією особою. Остання умова (16) робить змінні двійковими (Wolsey 1998, 5).

На рисунку 2.12 показано, як виглядає графік, коли кожне завдання призначено трьом людям. Він створює дводольний граф, який також називають дводольним графом, де вершини можна розділити на дві різні множини X і Y , де кожна дуга має кінцеву точку в різних множинах. У прикладі величини такі: $X = \{1, 2, 3\}$ і $Y = \{1', 2', 3'\}$. Коли кожна вершина множини X є суміжною з кожною вершиною множини Y , це називається повним дводольним графом (Daniel, 2008). Розв'язування цього варіанту розподілу завдань зазвичай називають задачами лінійного призначення. Якщо вартість існує на кожній дузі, це називається зваженим графіком, де вартість завдання представлена як c_{mn} (Daniel, 2008).

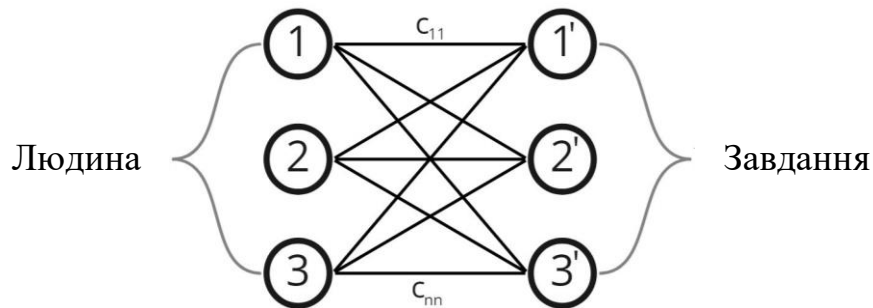


Рисунок 2.12 – Приклад із завданням призначення з трьома людьми та трьома завданнями

На основі дводольного графа можна створити матрицю, яка є більш ефективною порівняно з матрицею сусідів і зв'язності, наведеною в таблицях 1 і 2 (Daniel A. 2008, 26). З рисунку 2.12 дводольна матриця показана в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Матриця для дводольного графа

	1'	2'	3'
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

Матрицю витрат можна створити для прикладу, який показано в таблиці 2.4. У цьому прикладі люди можуть виконувати всі завдання, що означає, що вся матриця буде заповнена.

Таблиця 2.4 – Матриця витрат для задачі призначення з трьома людьми та трьома завданнями

Людина	Завдання		
	1	2	3
1	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	$c_{1,3}$
2	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	$c_{2,3}$
3	$c_{3,1}$	$c_{3,2}$	$c_{3,3}$

Якщо людина не може виконати завдання, вартість у задачах мінімізації встановлюється на досить велику константу, щоб алгоритм не вибрав цей варіант в оптимальному рішенні. Це можна зробити, знайшовши максимальне

значення в матриці витрат і помноживши його на кількість завдань або людей, де вибрано більше з двох. До результату можна додати число один, щоб знайти досить велику константу. Константа змусить алгоритм вибирати можливі рішення. Недолік методу в числових задачах, де параметр викликає коефіцієнти великого розміру. У той же час, якщо вибрано занадто малу константу, оптимальне рішення не може бути гарантовано (Cococcioni & Fiaschi, 2021).

Угорський алгоритм.

Щоб розв'язати задачу призначення, можна використовувати різні алгоритми. Одним із найвідоміших і найпопулярніших є угорський алгоритм, який також називають алгоритмом Куна-Мункре і має складність $O(n^3)$ (Мур, Ландман і Хім та ін.). Алгоритм полягає у зменшенні вихідної матриці вартості до нулів за допомогою теореми 4.1. Завдання призначаються різним людям, так що кожна особа виконує лише одне завдання, а вартість у кожному випадку дорівнює нулю.

Теорема 4.1. Якщо константа додається або віднімається з усіх елементів у рядку чи стовпці матриці витрат, тоді оптимальне призначення для результуючої матриці витрат також є оптимальним призначенням для початкової матриці витрат.

Алгоритм 1 Угорський алгоритм для квадратної матриці:

1: Знайдіть найменший елемент у кожному рядку та відніміть його від усіх елементів відповідного рядка.

2: повторіть крок 1 стовпець за стовпцем.

3: Знайдіть n нулів у матриці витрат так, щоб кожен рядок і кожен стовпець містили лише один нуль. Якщо таке рішення існує, то оптимальне рішення знайдено.

4: У випадку, якщо це не так, знайдіть мінімальне число k , горизонтальні та вертикальні охоплюючі лінії, щоб були охоплені всі нулі матриці витрат, де $(k < n)$. Перейдіть до кроку 5.

5: Визначте найменший елемент, який більший за нуль і не покритий, і відніміть елемент із кожного рядка, який не покритий. Потім додайте елемент до кожного елемента, покритого двома лініями. Поверніться до кроку 3 (Varyani 2020).

Приклад для Алгоритму 1 з трьома людьми, кожному з яких призначено завдання виконати роботу з найменшими можливими витратами. Дводольний граф показаний на рисунку 2.13, який представлено матрицею витрат у таблиці 2.5.

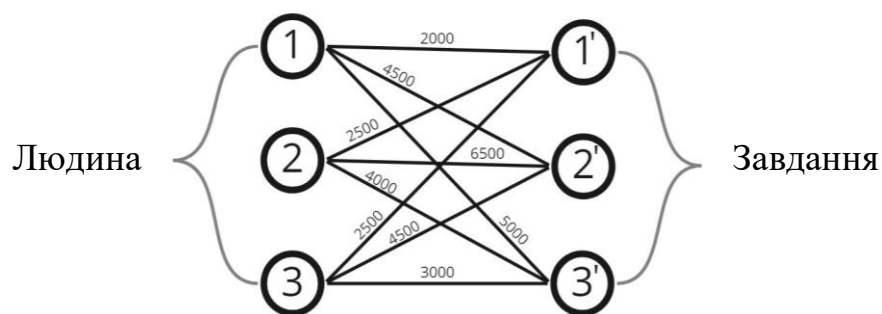


Рисунок 2.13 – Дводольний граф для задачі призначення з трьома людьми та трьома завданнями з витратами

Таблиця 2.5 – Матриця витрат на виконання різних робіт для трьох людей і трьох завдань

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	2000	4500	5000
Людина 2	2500	6500	4000
Людина 3	2500	4500	3000

Крок 1: Знайдіть найменший елемент у кожному рядку та відніміть його від усіх елементів відповідного рядка.

$$\text{мінімум}\{\text{Рядок 1}\} = \text{мінімум}\{2000, 4500, 5000\} = 2000$$

$$\text{мінімум}\{\text{рядок 2}\} = \text{мінімум}\{2500, 6500, 4000\} = 2500$$

$$\text{мінімум}\{\text{рядок 3}\} = \text{мінімум}\{2500, 4500, 3000\} = 2500$$

Це призвело до матриці витрат у таблиці 2.6:

Таблиця 2.6 – Матриця витрат після кроку 1 алгоритму

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	2500	3000
Людина 2	0	4000	1500
Людина 3	0	2000	500

Крок 2: повторіть крок 1 стовпець за стовпцем.

$$\text{мінімум}\{\text{Стовпець 1}\} = \text{мінімум}\{0, 0, 0\} = 0$$

$$\text{мінімум}\{\text{Стовпець 2}\} = \text{мінімум}\{2500, 4000, 2000\} = 2000$$

$$\text{мінімум}\{\text{Стовпець 3}\} = \text{мінімум}\{3000, 1500, 500\} = 500$$

Це призводить до матриці витрат, наведеної в таблиці 2.7:

Таблиця 2.7 – Матриця витрат після кроку 2 алгоритму

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	500	2500
Людина 2	0	2000	1000
Людина 3	0	0	0

Крок 3: знайдіть n нулів у матриці витрат так, щоб кожен рядок і кожен стовпець містили лише один нуль. Нулі в таблиці 2.8 позначені жовтим фоновим кольором, де видно, що такого рішення не існує. Перейдіть до кроку 4.

Таблиця 2.8 – Матриця витрат після кроку 3 алгоритму

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	500	2500
Людина 2	0	2000	1000
Людина 3	0	0	0

Крок 4: Знайдіть мінімальну кількість k горизонтальних і вертикальних ліній покриття, щоб усі нулі в матриці витрат були покриті, де $(k < n)$. Результат показано в таблиці 2.9 двома червоними лініями покриття.

Таблиця 2.9 – Для покриття всіх нулів у матриці витрат необхідні два рядки покриття

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	500	2500
Людина 2	0	2000	1000
Людина 3	0	0	0

Крок 5: Визначте найменший елемент, який більший за нуль і не покритий, і відніміть елемент із кожного рядка, який не покритий. Потім додайте елемент до кожного елемента, покритого двома лініями. Найменший елемент, який не покривається, становить 500. Після виконання кроку 5 результат буде таким, як показано в таблиці 2.10. Потім поверніться до кроку 3.

Таблиця 2.10 – Матриця витрат після кроку 5 алгоритму

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	0	2000
Людина 2	0	1500	500
Людина 3	500	0	0

Крок 3: знайдіть n нулів у матриці витрат так, щоб кожен рядок і кожен стовпець містили лише один нуль. Таблиця 2.11 показує нулі з жовтим фоновим кольором, де було знайдено оптимальне призначення. Оптимальний результат наведено в таблиці 2.12 із зеленим фоном.

Таблиця 2.11 – Матриця витрат після кроку 3 виконується вдруге в алгоритмі

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	0	0	2000
Людина 2	0	1500	500
Людина 3	500	0	0

Таблиця 2.12 – Оптимальний розподіл позначений зеленим кольором

	Завдання 1	Завдання 2	Завдання 3
Людина 1	2000	4500	5000
Людина 2	2500	6500	4000
Людина 3	2500	4500	3000

Це дає оптимальну вартість $2500 + 4500 + 3000 = 10000$.

2.3. Методологія

На початку кваліфікаційної роботи було проведено вивчення літератури, щоб створити розуміння внутрішньої логістики на лісопильному заводі. Матеріал для вивчення літератури було взято з бази даних бібліотеки університету, де вибрано ключові слова з урахуванням обраного питання, мети та мети. Для розширення обсягу матеріалу використовувалися також статті з Інтернету. На основі літератури було досліджено, які теорії та моделі існують на даний момент, щоб отримати натхнення для різних моделей оптимізації.

Збір даних.

Внутрішні дані пилки ТОВ «Українські лісопильні» використовувалися як базові дані в кваліфікаційної роботи з інформацією про класи деревини, об'єм розпилюваної продукції на клас деревини протягом року та швидкість виробництва пилки. Використовувались дані про виробництво за 2020 рік, який ґрунтувався на році нормального виробництва порівняно з 2021 роком, на який вплинула пандемія корони. Оскільки дані були за 2020 рік, позначення деяких класів деревини було змінено або видалено. Для отримання відповідних класів пиломатеріалів проводилися корективи спільно з працівниками лісопилки, які мали відповідні знання.

Заняття.

Не було даних про те, де в купе розміщено клас деревини, але інформація була на плані деревини, де на кожному відсіку була табличка з назвою класу, який там був. Розташування занять було зафіксовано під час

прогулянки вздовж лісорозбірної. Деякі класи було припинено або перейменовано та оновлено разом із планувальником виробництва.

Для нового сортування деревини ТОВ «Українські лісопильні» хотіла ще 14 класів деревини, тому що журнал КТ буде переміщено з розпилювальної лінії на сортувальну лінію. Обговорювалися різні варіанти, і результатом стало те, що найгрубіші сортуються першими за більшою кількістю властивостей. 14 нових класів були створені на основі найчорніших колод, де, наприклад, частина G34 стала новим класом NG34. Це означає, що NG34 матиме той самий діаметр, що й G34, але має інші властивості, наприклад більше гілочок. Усі нові класи деревини починаються з літери N, яка означає новий клас деревини. У додатку 7 наведено всі класи та їх діаметр. Під час створення нових класів класи, які вже були розділені на L або T, були пропущені.

Обсяг.

Дані виробництва з 2020 року були використані для отримання медіанних обсягів на клас деревини. Дані містили, які класи розпилювали протягом зміни та який обсяг. Загалом було три зміни пиляння, коли один клас закінчував пиляти перед переходом до наступного. Це означало, що якщо сорт не був закінчений розпилюванням протягом зміни, наступна особа продовжувала розпилювати секцію, що залишилася. Щоб підрахувати, скільки об'ємів було розпиляно для кожного класу, у Excel була створена зведена таблиця. Обсяг пиломатеріалів для одного класу мав відносно велику дисперсію, що означало, що середнє значення дає кращий опис порівняно із середнім значенням. Це означало, що було обрано середнє значення того, наскільки великий клас деревини був під час кожного розпилу, і кількість розпилів на рік, як показано в Додатку для запасу 15 000 м³. Оскільки найгрубіші класи були поділені на нові класи, обсяг поділено навпіл між новим і старим класами.

Мета полягала в тому, щоб знайти три різні пропозиції щодо дизайну дерев'яної підлоги для об'єму сховища 15 000 м³, що було розрахованими основними даними. Проектні пропозиції також передбачають рівень зберігання 20 000 м³ і 35 000 м³. Оскільки сума середніх об'ємів за даними

становила 15 000 кубометрів футів, середні об'єми для кожної марки деревини були збільшені на однаковий відсоток, щоб досягти бажаних рівнів запасів ТОВ «Українські лісопильні». Теоретичний запас у 15 000 м³ означає, що насправді деякі класи будуть щойно розпиляні, а інші будуть більшими за середнє значення. Разом з ТОВ «Українські лісопильні» було вирішено, що сума всіх середніх обсягів відповідає теоретичному запасу, а реальний – половині вартості. Таким чином, сума середніх об'ємів у розрахунках становить 30 000 м³ для складу, що відповідає 15 000 м³. Таблиця 13 показує рівні об'єму деревини на складі в реальності порівняно з теорією.

Таблиця 2.13 – Таблиця перетворення між теоретичним і фактичним запасом

Фактичний обсяг запасу м ³	Теоретичний об'єм шару м ³
15 000	30 000
20 000	40 000
35 000	70 000

Другим кроком був аналіз того, як відстань транспортування та кількість годин водіння відрізнялися для річного виробництва 320 000 м³, 340 000 м³ та 500 000 м³. З даних у файлі Excel загальний рівень виробництва за рік був нижчим, ніж три бажані річні обсяги виробництва. Щоб збільшити річне виробництво до бажаного рівня, кількість розпилів множили на відсоток залежно від рівня запасів і того, який випадок мав бути досліджений. Відсоток був розрахований шляхом ділення бажаного річного виробництва на суму кількості розпилів, помножену на середній обсяг.

Дослідження часу.

Було проведено дослідження часу, щоб зібрати дані про те, скільки часу займав трактор для різних видів діяльності, щоб обчислити середню швидкість трактора. Діяльність, досліджена під час дослідження часу, показана в таблиці 2.14:

Таблиця 2.14 – Дослідження часу для трьох видів діяльності

	діяльність
1	Заповніть захоплення деревиною від перекидання
2	Порожній боротися з деревиною на столі деревини
3	Бігати від перекинутого пиляти

Відлік часу для дії 1 почався, коли трактор зупинився перед перекидом. Час зупинився після того, як трактор підібрав ліс і шини почали котитися назад. У деяких випадках трактор їхав вперед і штовхав коток з колодою, і тоді цей час зараховувався. Для другого завдання відлік часу почався, коли шини трактора зупинилися перед приймальним отвором пилки. У деяких випадках колоди перекошувалися на столі для колод, що означало, що трактору доводилося регулювати колоди. Час зупинився, коли трактор почав котитися задом, щоб забрати нову деревину. Для третьої дії відлік часу розпочався, коли шини трактора почали скочуватися з рулону, і закінчився, коли шини трактора зупинилися перед столом для колод. Дослідження часу було завершено, коли кожна діяльність мала по десять показників. Розраховано відстань між перекиданням і пилою, а потім середнє значення. Виміряні значення для заходів 1 і 2 3 та відстані та час для середньої швидкості трактора можна знайти в Додатку.

Максимальна відстань.

Місце розміщення класів деревини в новій зоні вирішувалося на максимальній відстані класу до пилки від перекидання. Уся довжина рулону була включена в відстань, щоб гарантувати, що трактор встигне забрати лісоматеріали, що знаходяться далі в рулон, і щоб вони були на максимальній відстані. Дані пили про продуктивність у пилці з відстеженням продукту за хвилину були зібрані з файлу Excel. За допомогою даних про потребу в деревині на пиловнику та дослідження часу можна було б зробити розрахунки, скільки часу трактор повинен доставити нову деревину, коли він щойно залишив захват деревини на пилці. Для кожного класу деревини була розрахована максимальна відстань, враховуючи, наскільки швидко пилка

розпилює відповідний клас деревини, середню швидкість трактора та скільки деревини трактор може транспортувати.

Потреба пиломатеріалів у пиломатеріалах була зведена в таблицю і виражалася в одиницях м³/с для кожного класу. Об'єм середнього грейфера поділяли на потребу в деревині, щоб обчислити час, який мав трактор, коли деревина залишалася біля пилки. Потім час на заповнення та спорожнення захвату деревиною віднімали, щоб отримати остаточний час усіх дій. Середня швидкість трактора була помножена на кінцевий час, а результат поділений на два, щоб врахувати відстань вперед і назад до пилки після перекидання. Максимальна відстань a_i була розрахована за рівнянням (17).

$$a_i = \left(\frac{V_G}{T_i} - t \right) * \frac{v}{2} \quad (17)$$

де T_i – потреба деревини на пилу для класу i , v середня швидкість трактора, V_G середній об'єм грейфера, t час на заповнення та спорожнення грейфера деревиною та a_i максимальна відстань для пиломатеріалів класу i до пилки.

Для кожного нового класу деревини використовувалася така ж максимальна відстань, що й для вихідного класу, оскільки вони мали однаковий діаметр. Таблицю з максимальною відстанню класів деревини можна знайти в Додатку. Розрахунки максимальної відстані класу припускають, що виробництво ніколи не припиняється.

Довжина перекидання.

Щоб підрахувати, яка площа плану зрубу потрібна кожному класу, використовувалися середні обсяги. Усі середні об'єми були в одиниці м³, перетворені в м³т згідно з рівнянням 1, щоб отримати об'єм з повітрям і корою. Після цього можна було розрахувати довжину рулону кожного класу, розділивши висоту, що дало необхідну кількість квадратних метрів площі, якщо рулон мав прямокутний вигляд. Потім довжина прокатки була розрахована шляхом ділення кількості квадратних метрів на середнє значення довжини колод. Оскільки деревина випадає на довгі сторони, середнє значення для довжини конічної ділянки було додано з Додатку 5. Довжину

конічної ділянки вимірювали рулеткою з 10 повних рулонів, де потім розраховували середнє значення. Додаючи середню довжину звуженої ділянки, половину об'єму одного кінця було перенесено на інший, що дало довжину рулону, яку розраховували за допомогою рівняння (18).

$$l_T = \frac{v}{h * b} + l \quad (18)$$

де l_T - загальна довжина ролика, v об'єм в м³, l довжина конічної ділянки ролика, h висота ролика і b ширина ролика.

Опис поточного стану.

Поточний опис обробки деревини від сортування деревини до розпилювання було проведено для кращого розуміння пилорами. Вивчали також роботу трактористів, де учасник проекту проходив протягом робочої зміни.

Дані щодо поточного розміру території та нової території були відсутні. На рисунку 2.14 показано, як вимірювалася відстань від купе до перекидання. Вимірювання площі було зроблено на оновленому супутниковому знімку пилорами за допомогою інструменту вимірювання відстані. Було проведено картографування місця перекидання поточних класів і того, як вони розмістили різні класи в 50 відсіках під час сортування деревини. Після цього було виміряно відстань між класами, які були розміщені на плані колоди, та їх відсіком. Також було виміряно відстань від котків із деревиною до пилки, щоб можна було розрахувати відстань транспортування за рік. Також були проведені інші вимірювання відстані з довжиною всіх поворотів, шириною поворотів та шириною доріг, показаних у Додатках.



Рисунок 2.14 – Вимірювання відстані в поточному місці

Проект плану деревини.

Поверхня, яка буде використовуватися для проектних пропозицій, була визначена разом з ТОВ «Українські лісопильні». Це була доступна вимощена поверхня при поточній обробці деревини, яка не належала до забороненої зони та показана на рисунку 2.15. Усі пропозиції щодо дизайну мають однакове розташування сортувальника деревини та пилки.



Рисунок 2.15 – Доступна вимощена поверхня на поточному плані деревини

Розташування нової сортувальної деревини.

Розташування нового сортувального пункту деревини було вирішено після ряду зустрічей з проектною групою в ТОВ «Українські лісопильні». Через 330-метрову довжину нового лісосорту, його не можна було розташувати в тому ж місці, що й нинішнє. Замість цього була використана нова ділянка на північ від плану зрубу. Для проектної групи були представлені та проаналізовані різні варіанти розміщення сортувальної деревини. Усі пропозиції мали сортувальник колод, розташований на 20 метрів над поточним сортувальником колод, щоб наблизити його до пилки, водночас маючи можливість запустити поточний сортувальник колод під час розширення нової території.

Способи.

Деякі дороги на новому плані журналу були виправлені та не могли бути змінені. На рисунку 2.16 показано, які дороги залишаються позначеними чорним кольором, де зелена зона – план деревини. Це була дорога, яка вела до

лісопилки, дорога між лісосортувальним заводом і лісопилкою та дві дороги до майбутнього розвантажувального майданчика.

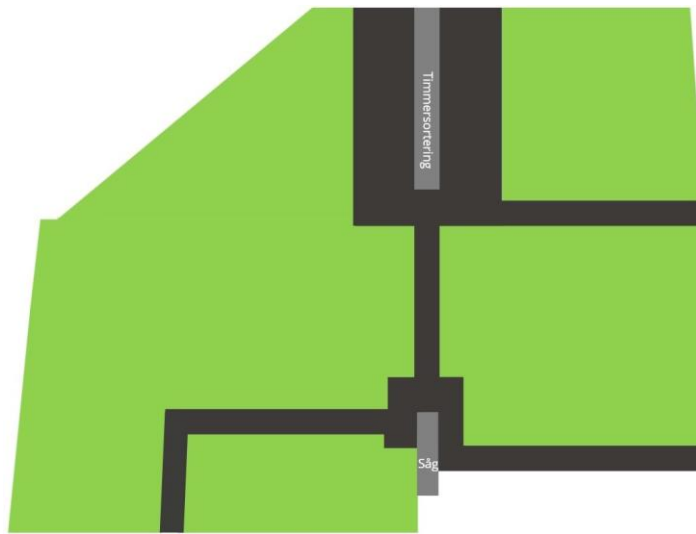


Рисунок 2.16 – Дороги, які не можна було змінити на новому плані деревини, позначені чорним

Було виміряно ширину доріг, якими трактори перевозять деревину, середнє значення 10,71 метра. У всіх проектних пропозиціях було обрано ширину дороги 11 метрів, за винятком сортування деревини, де трактористи бажали більше місця, а ширину було вирішено становити 25 метрів на сторону.

На основі фіксованих доріг нові дороги були розміщені вручну для створення різних проектних пропозицій.

У першій проектній пропозиції нові дороги були розташовані подібно до поточної ситуації. Згідно з інформацією від трактористів і спостереженнями з інших лісопильних заводів, під час сортування лісоматеріалів не було обрано більше доріг, щоб залишити можливість поставити ролики навпроти бункерів. На рівні зберігання 15 000 м³ і 20 000 м³ було виявлено, що багато точок перекидання були довшими порівняно з необхідними, що призвело до більших транспортних відстаней. Згодом було створено конструкційну пропозицію 2 з метою створення коротших перекидів, що дозволило інший шлях між сортувальником колод і пилою. Після аналізу з водіями тракторів було виявлено, що дорога посередині між сортувальником колод і пилою буде сильно завантажена в проектних пропозиціях 1 і 2. Це призвело до створення

третьої проектної пропозиції, яка була схожа на проектну пропозицію 2, але з вертикальним розташуванням рулонів посередині площини деревини. Вертикальні котки в середині плану колоди дозволяють трактористам забирати та залишати деревину з різних боків котків. Щоб звільнити місце для більшої кількості катків, одну з трьох доріг прибрали між сортувальною станцією та пилою.

Ролики.

Для кожної проектної пропозиції точки перелому розміщувалися вручну на основі розташування доріг. Під час розробки нового плану деревини було вибрано середнє значення ширини прокату 6,67 метрів, де на рисунку 2.17 показано приклад розташування рулонів деревини поруч один з одним.

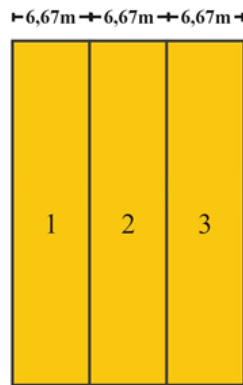


Рисунок 2.17 – Ширина рулону на площині деревини для трьох рулонів поруч один з одним

Розміщення класів.

Розташування класів у бункерах ґрунтувалося на тому, як часто трактор спустошує бункер, причому найактивніші класи розміщувалися нижче в сортуванні колод, а ті, які рідко спорожняються, — вище. Виходячи з класового медіанного об'єму при розпилюванні, кількості розпилів та об'єму середнього захоплення розраховували кількість обертів для трактора. Клас, який отримав найменшу кількість обертів з огляду на те, як часто його розпилювали, поміщався на вершину сортування деревини, а потім класи заповнювалися по ходу. Щоб скористатися транспортною відстанню під час сортування деревини, перший клас почався в бункері 16, який можна було

вибрати, оскільки було 70 бункерів і лише 55 класів деревини. Рівняння (19) нижче описує розрахунок кількості витків щодо кількості розрізів.

$$A = \frac{V_M}{V_G} * s \quad (19)$$

де V_M — середній об'єм класу, V_G — середній об'єм хвата для всіх класів, s кількість розрізів і A кількість поворотів щодо кількості розрізів.

Відстань.

Масштабне зображення сортування деревини було розміщено в Google Earth Pro для вимірювання відстані від бункера до перекидання. Для проектної пропозиції 1 із 81 місцем перекидання це призвело до 5670 точок вимірювання, де кожна точка вимірювання представляла вузол у моделі оптимізації. Оскільки необхідно було знайти найкоротший шлях проїзду від відсіку до перекидання та від перекидання до пилки, вимірювали відстані від кожного перекидання до пилки. Для кожної дизайнерської пропозиції були оновлені відстані між лотками та рулонами, відстані від рулону до пилки та довжини рулонів. Потім були створені пропозиції щодо дизайну масштабу для результату.

3. ПРОЄКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Оптимізаційна модель

Щоб знайти, де класи деревини повинні бути розміщені в роликах з огляду на максимальну відстань для кожного класу, кількість деревини та найкоротшу відстань, використовувався угорський алгоритм, який описано в теоретичній частині в алгоритмі 1. Раніше угорський алгоритм був запущеної в Matlab, матриця витрат була завантажена з Excel, яка була створена подібно до задачі призначення, але з двома додатковими співумовами, показаними в рівняннях (23) і (24). Кількість класів становила 55, а в проектній пропозиції 1 було 81 можливе місце перекидання.

Вартість для класу i , якому було призначено скасування j , становила c_{ij} .

Визначення змінної:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо клас деревини, що знаходиться у відсіку } i, \text{ присвоюється перекинутим } j \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

Використані позначення:

$$l_j^{(v)} = \text{довжина перекиду } j \text{ метрів на площу, } j=1, \dots, 81$$

$$l_j^{(s)} = \text{довжина розпилу від перекидання } i, \text{ метр, } j=1, \dots, 81$$

$$L_i = \text{довжина перекидання в метрах для деревини класу } i, \quad i=16, \dots, 70$$

$$m_i = \text{максимальна відстань від пилки для деревини класу } i \text{ метри, } i=1, \dots, 70$$

$$\min \sum_{i=16}^{70} \sum_{j=1}^{81} c_{ij} x_{ij} \quad (20)$$

$$\sum_{j=1}^{81} x_{ij} = 1, \quad i = 16, \dots, 70 \quad (21)$$

$$\sum_{i=16}^{70} x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, 81 \quad (22)$$

$$\sum_{i=16}^{70} L_i \leq l_j^{(v)}, \quad j = 1, \dots, 81 \quad (23)$$

$$m_i \geq l_j^{(v)} + l_j^{(s)}, \quad j = 1, \dots, 81 \quad (24)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 16, \dots, 70, \quad j = 1, \dots, 81 \quad (25)$$

Цільова функція (20) мінімізувала відстань для сортування колод i , призначену для нової сортування колод, яка складалася з 70 бункерів, де сорти колод були розміщені в бункерах 16-70, щоб бути ближче до пилки. Умова (21) призначає клас деревини i рівно одному рулону, а умова (22) призначає кожному рулону j точно один клас деревини. Підумова (23) гарантувала, що довжина рулону деревини класу i була розміщена в рулоні j , і (24) що деревина класу i була розміщена на максимальній відстані до приймального отвору пилки, щоб не спричинити зупинки виробництва. Співумова (25) обмежує двійковість змінних.

Вартість c_{ij} арок на рисунку 3.1 — це відстань для транспортування деревини від відділення i до центру ролика j і від центру ролика j до пилки та вся відстань назад. На рисунку нанесено чотири класи деревини та перекидання, що означає, що клас 70 не виявив перекидання в позиціях 1, 2, 3 або 81, але має інші можливі місця перекидання між 3 і 81, що показано пунктирними лініями з коробка.

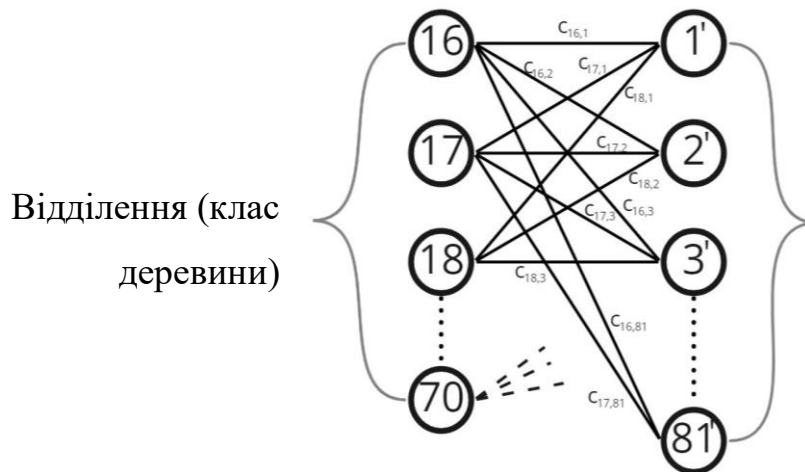


Рисунок 3.1 – Двродольний граф для проектної пропозиції 1 із 55 класами та 81 поворотом

Матриця витрат була створена в Excel, де вартість класу пиломатеріалів, який не можна було помістити в рулон, була замінена великим числом, яке було розраховане згідно з рівнянням (26).

$$tal = s_t \times m_v + 1 \quad (26)$$

де s_t — максимальне значення в матриці витрат, а m_v — кількість можливих рулонів.

Коли алгоритм не знаходив оптимального рішення, об'єм лісоматеріалів поділяли на клас, який дозволяв мати більше перекидів, а потім алгоритм запускався знову. Великий об'єм призводив до отримання довгих рулонів, і тому класи деревини з найбільшим об'ємом були спочатку розділені. Процес тривав до тих пір, поки алгоритм не знайшов допустиме рішення. При рівні запасу 35 000 м³ не вдалося знайти прийнятне рішення із заданими вторинними умовами. Щоб знайти рішення, співумови (23) були пом'якшені, де допускалися переповнені рулони. Відсоткове співвідношення зі ступенем заповнення роликів було знижено до рівнів, якомога ближчих до 100 відсотків, завдяки зниженню допустимого ліміту кількості метрів, на які міг бути переповнений ролик. Для різних проектних пропозицій вхідні дані були скориговані відповідно до кількості рулонів на плані колод, запасів і рівня виробництва. Коли було знайдено оптимальне рішення, було збережено загальну відстань за рік і в якій позиції на плані деревини розміщувався клас деревини. Для відповідних проектних пропозицій, положення кочення класів деревини було вписано в масштабовані проектні пропозиції. Кількість годин водіння на проектну пропозицію було розраховано шляхом поділення загальної відстані за рік, отриманої в результаті моделі оптимізації, на середню швидкість тракторів.

3.2. Результати оптимізації

Сортування деревини.

На рисунку 2.19 чорним кольором показано розташування нової сортувальної деревини. Червоні зони заборонені, а зелені – це зона для плану журналу. Пунктирна червона лінія показує заборонену зону, яку потрібно використовувати для обробки невиміряної деревини.

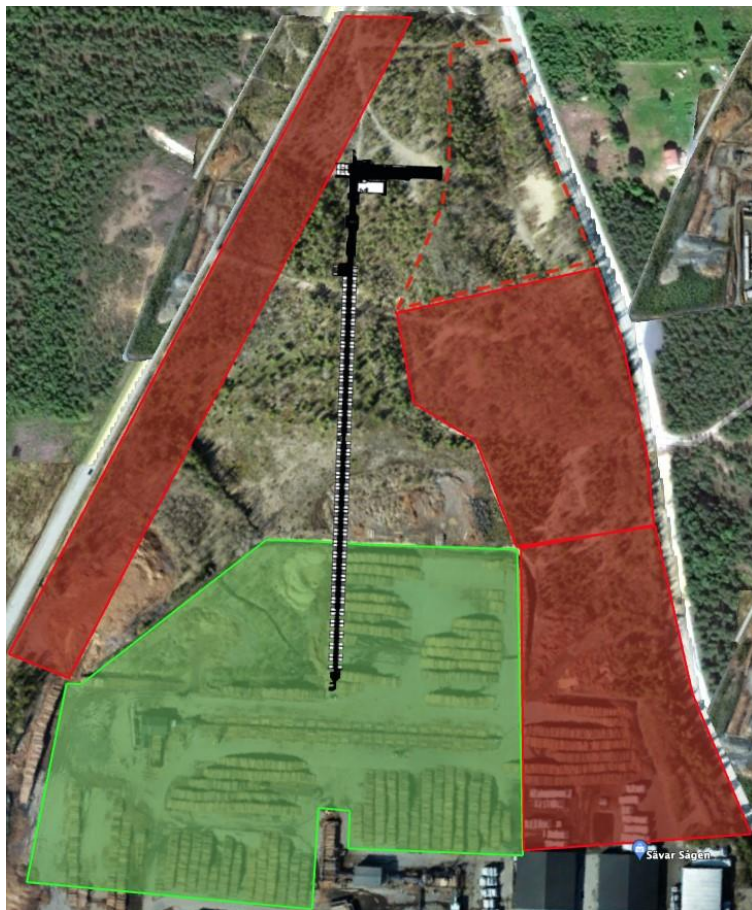


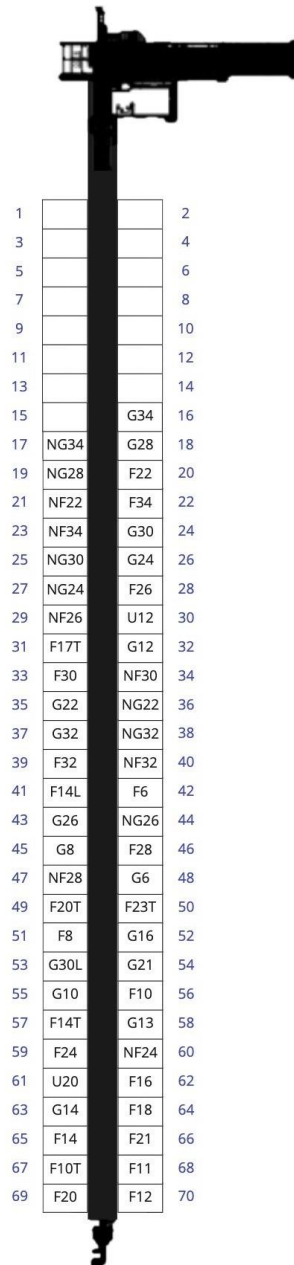
Рисунок 3.2 – Місце сортування деревини

Розміщення колод

Новий сортувальник колод, показаний на рисунку 3.3, має 70 сортувальних ящиків. Загалом буде 55 класів деревини, тобто перші 15 відсіків порожні. Щоб більш наочно представити розташування відсіків класів лісоматеріалів, рисунок 3.3.

Транспортна відстань і години їзди.

У цьому розділі представлені транспортна відстань і кількість годин водіння для поточної ситуації та три різні пропозиції щодо дизайну. Поточна ситуація має рівень запасів 15 000 м³ і рівень виробництва 320 000 м³ на рік. Проектні пропозиції представлені з трьома можливими рівнями запасів і виробництва.



1		2
3		4
5		6
7		8
9		10
11		12
13		14
15		G34
17	NG34	G28
19	NG28	F22
21	NF22	F34
23	NF34	G30
25	NG30	G24
27	NG24	F26
29	NF26	U12
31	F17T	G12
33	F30	NF30
35	G22	NG22
37	G32	NG32
39	F32	NF32
41	F14L	F6
43	G26	NG26
45	G8	F28
47	NF28	G6
49	F20T	F23T
51	F8	G16
53	G30L	G21
55	G10	F10
57	F14T	G13
59	F24	NF24
61	U20	F16
63	G14	F18
65	F14	F21
67	F10T	F11
69	F20	F12
		70

Рисунок 3.3 – Візуальний опис розташування відсіків класів деревини на новому сортуванні деревини

Поточна ситуація.

Транспортні відстані та години водіння на рік для поточної ситуації наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Відстань транспортування та години водіння на рік для рівня виробництва 320 000 м3

Рівень запасів (м3)	Транспортна відстань (км)	Години водіння (год)
15 000	4475	2991

3.2.1. Річний обсяг виробництва 320 000 м3

У таблицях 3.2 і 3.3 представлено транспортні відстані та години руху для трьох різних проектних пропозицій з урахуванням трьох різних рівнів запасів, коли рівень виробництва становить 320 000 м3 на рік.

Таблиця 3.2 – Відстань транспортування для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 320 000 м3

Рівень запасів (м3)	Відстань транспортування (км)		
	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	4058	4007	3486
20 000	4174	4041	3664
35 000	4571	4502	4279

Таблиця 3.3 – Кількість годин водіння для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 320 000 м3.

Рівень запасів (м3)	Години водіння (год)		
	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	2713	2678	2330
20 000	2790	2701	2449
35 000	3055	3009	2860

3.2.2. Річний обсяг виробництва 340 000 м3

У таблицях 3.4 і 3.5 наведено транспортні відстані та години руху для трьох різних проектних пропозицій при рівні виробництва 340 000 м3 на рік.

Таблиця 3.4 – Відстань транспортування для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 340 000 м³

	Транспортна відстань (км)		
Рівень запасів (м ³)	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	4312	4258	3704
20 000	4434	4293	3893
35 000	4857	4783	4547

Таблиця 3.5 – Кількість годин водіння для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 340 000 м³

	Години водіння (год)		
Рівень запасів (м ³)	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	2882	2846	2476
20 000	2964	2870	2602
35 000	3247	3197	3039

3.2.3. Річний обсяг виробництва 500 000 м³

У таблицях 3.6 і 3.7 нижче наведено транспортні відстані та кількість годин водіння для трьох різних проектних пропозицій при рівні виробництва 500 000 м³ на рік.

Таблиця 3.6 – Відстань транспортування для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 500 000 м³

	Транспортна відстань (км)		
Рівень запасів (м ³)	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	6341	6261	5447
20 000	6521	6313	5725
35 000	7142	7034	6687

Таблиця 3.7 – Кількість годин водіння для кожної проектної пропозиції та рівень запасів для річного виробництва 500 000 м³

Рівень запасів (м ³)	Години водіння (год)		
	Проектна пропозиція 1	Проектна пропозиція 2	Проектна пропозиція 3
15 000	4239	4189	3641
20 000	4359	4220	3827
35 000	4774	4702	4470

3.3. Розміщення роликів

На наступних рисунках представлені результати для розміщення перевернутих для різних пропозицій для кожного рівня шару. Для кожної дизайнерської пропозиції існує відповідна таблиця, яка вказує ступінь заповнення роликів. Рівень заповнення 100 відсотків або менше відображається із зеленим фоновим кольором, тоді як рулони переповнення понад 100 відсотків мають червоний фоновий колір. Цифри для проектних пропозицій мають масштаб, і кожна проектна пропозиція має три різні рівні шару. Помаранчеві ролики представляють котки з деревиною, а жовті – це запасні ролики, які порожні та можуть бути використані за потреби. Показана лише частина сортування деревини з пронумерованими бункерами. Довжини роликів для різних проектних пропозицій представлені в Додатках.

Кількість розпиляних кубів на рік впливає лише на відстань транспортування трактора, а не на стан кочення класів деревини для тієї самої конструкції. Таким чином, було розроблено лише одну проектну пропозицію на рівень шару.

Проектна пропозиція 1

На рисунках 26-28 показано оптимальне рішення прокатних місць для проектної пропозиції 1 з різними рівнями запасів. У першій проектній пропозиції є 81 можливе розташування валків, де більшість валків

розташовані горизонтально, а 14 валків розташовані вертикально зліва від пилки.

Результат для рівня запасу 15 000 м³ показано на рисунку 26. Є лише один коток на клас деревини, що залишає місце для 26 запасних котків. Ступінь заповнення роликів представлена в таблиці 3.8.

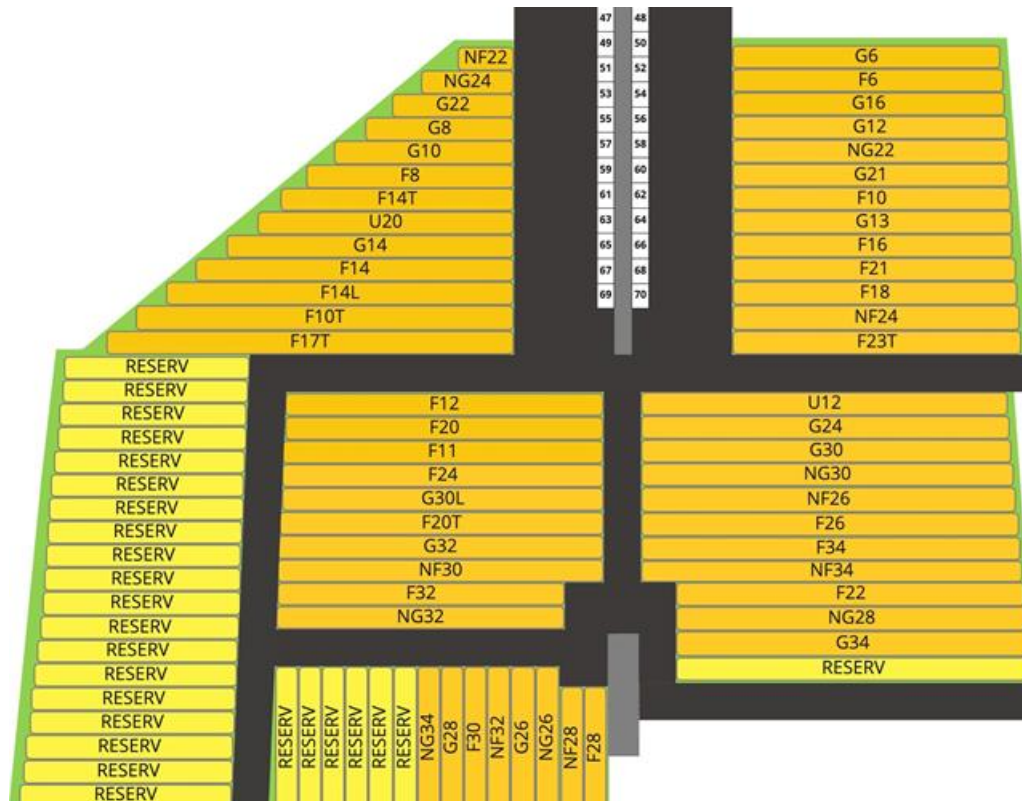


Рисунок 3.8 – Розташування рулонів для проектної пропозиції 1 з об’ємом зберігання 15 000 м³

Результат для рівня запасів 20 000 м³ показано на рисунку 3.9. Трьом класам деревини було призначено два рулони, а решта – один рулон. Кількість запасних роликів 23 шт.

Таблиця 3.8 – Рівень заповнюваності для проектної пропозиції 1 із рівнем запасу 15 000

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1
F10	1	61%
F10T	1	99%
F11	1	99%
F12	1	99%
F14	1	76%
F14L	1	91%
F14T	1	99%
F16	1	76%
F17T	1	64%
F18	1	80%
Q20	1	91%
F20T	1	51%
F21	1	81%
F22	1	18%
F23T	1	67%
F24	1	51%
Q26	1	24%
F28	1	99%
Q30	1	72%
F32	1	41%
Q34	1	19%
F6	1	61%
F8	1	76%
G10	1	99%
G12	1	45%
G13	1	74%
G14	1	97%
G16	1	69%
G21	1	76%
G22	1	93%
G24	1	24%
G26	1	95%
G28	1	50%
G30	1	25%

G30L	1	62%
G32	1	37%
G34	1	19%
G6	1	62%
G8	1	95%
NF22	1	93%
NF24	1	58%
NF26	1	25%
NF28	1	99%
NF30	1	31%
NF32	1	83%
NF34	1	19%
NG22	1	41%
NG24	1	93%
NG26	1	95%
NG28	1	20%
NG30	1	25%
NG32	1	42%
NG34	1	48%
U12	1	37%
U20	1	85%

Таблиця 3.9 – Рівень заповнюваності для проектної пропозиції 1 із рівнем запасу 20 000

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь перекидання заповнення 2
F10	1	76%	-
F10T	2	78%	79%
F11	2	76%	77%
F12	1	99%	-
F14	1	96%	-
F14L	2	61%	62%
F14T	1	84%	-
F16	1	95%	-
F17T	1	90%	-
F18	1	100%	-
Q20	1	99%	-

F20T	1	99%	-
F21	1	91%	-
F22	1	51%	-
F23T	1	74%	-
F24	1	65%	-
Q26	1	78%	-
F28	1	52%	-
Q30	1	100%	-
F32	1	100%	-
Q34	1	24%	-
F6	1	76%	-
F8	1	74%	-
G10	1	93%	-
G12	1	54%	-
G13	1	92%	-
G14	1	95%	-
G16	1	87%	-
G21	1	95%	-
G22	1	92%	-
G24	1	28%	-
G26	1	50%	-
G28	1	58%	-
G30	1	30%	-
G30L	1	79%	-
G32	1	39%	-
G34	1	55%	-
G6	1	77%	-
G8	1	99%	-
NF22	1	75%	-
NF24	1	72%	-
NF26	1	78%	-
NF28	1	51%	-
NF30	1	99%	-
NF32	1	100%	-
NF34	1	60%	-
NG22	1	50%	-
NG24	1	85%	-
NG26	1	50%	-

NG28	1	23%	-
NG30	1	30%	-
NG32	1	39%	-
NG34	1	55%	-
U12	1	44%	-
U20	1	96%	-

Таблиця 3.10 – Рівень заповнюваності для проектної пропозиції 1 із рівнем запасу 35 000

Клас деревин и	Кількіст ь рулонів	Ступінь заповнення перекиданн я 1	Ступінь перекиданн я заповнення 2	Ступінь заповнення перекиданн я 3	Ступінь заповнення перекиданн я 4
F10	1	93%	-	-	-
F10T	4	99%	99%	90%	89%
F11	2	100%	90%	-	-
F12	2	100%	94%	-	-
F14	2	100%	78%	-	-
F14L	2	100%	100%	-	-
F14T	2	98%	77%	-	-
F16	3	100%	47%	-	-
F17T	2	103%	100%	-	-
F18	2	100%	74%	-	-
Q20	2	100%	92%	-	-
F20T	1	102%	-	-	-
F21	2	100%	72%	-	-
F22	1	51%	-	-	-
F23T	2	100%	95%	-	-
F24	1	91%	-	-	-
Q26	1	79%	-	-	-
F28	1	78%	-	-	-
Q30	1	94%	-	-	-
F32	1	77%	-	-	-
Q34	1	100%	-	-	-
F6	1	96%	-	-	-
F8	1	102%	-	-	-
G10	1	99%	-	-	-

G12	1	83%	-	-	-
G13	2	102%	99%	-	-
G14	2	100%	92%	-	-
G16	2	102%	73%	-	-
G21	2	98%	94%	-	-
G22	1	97%	-	-	-
G24	1	84%	-	-	-
G26	2	100%	72%	-	-
G28	1	84%	-	-	-
G30	1	80%	-	-	-
G30L	3	102%	92%	92%	
G32	2	100%	89%	-	-
G34	1	50%	-	-	-
G6	1	102%	-	-	-
G8	1	100%	-	-	-
NF22	1	90%	-	-	-
NF24	1	90%	-	-	-
NF26	1	80%	-	-	-
NF28	1	73%	-	-	-
NF30	1	93%	-	-	-
NF32	1	78%	-	-	-
NF34	1	100%	-	-	-
NG22	1	74%	-	-	-
NG24	1	95%	-	-	-
NG26	2	100%	72%		-
NG28	1	54%	-	-	-
NG30	1	86%	-	-	-
NG32	2	100%	89%	-	-
NG34	1	79%	-	-	-
U12	1	92%	-	-	-
U20	2	100%	76%	-	-

Проектна пропозиція 2.

Пропозиція 2 містить 88 можливих місць перекидання, де розташування доріг створює більше коротких перекидів. Рисунок 3.11 до 3.13 показано проектну пропозицію для трьох різних рівнів зберігання. У пропозиції є три шляхи до розпилу від сортування деревини.

Результат із оптимальним розміщенням роликів для рівня зберігання 15 000 м³ показано на рисунку 3.11. Є 16 класів деревини, яким призначено два ролики, решта мають один ролик, що створило місце для 17 запасних роликів. Більшість запасних роликів розташовано в нижньому лівому куті плану колоди, але є також запасний ролик з правого боку. Ступінь заповнення роликів наведено в таблиці 3.11.

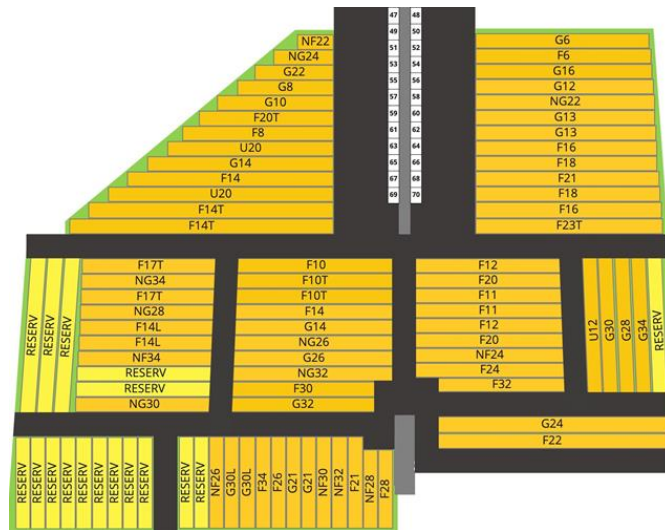


Рисунок 3.11 – Розташування рулонів для проектної пропозиції 2 з об'ємом зберігання 15 000 м³

Коли рівень зберігання збільшується до 20 000 м³ футів для проектної пропозиції 2, оптимальне рішення має 17 запасних роликів, як показано на рисунку 3.12. Усі ролики заповнені нижче 100 відсотків, де відсотки представлені в таблиці 3.12. Є 16 класів деревини, які були заповнені. призначено два ролики, решта мають один перекид.

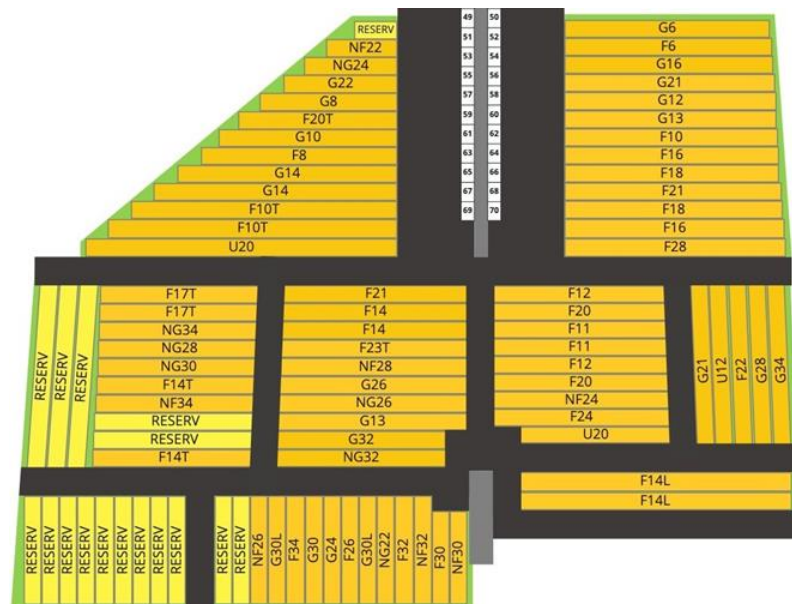


Рисунок 3.12 – Розташування рулонів для проектної пропозиції 2 зі сховищем 20 000 м³

Результат для рівня запасу 35 000 м3 показано на рисунку 3.13, де немає запасних роликів. Класи деревини мають один, два або три ролики, куди може поміститися вся деревина, коли 43 ролики переповнені. Найвищий переповнений ролик має рівень заповнення 109 відсотків, усі відсотки наведені в таблиці 3.13.

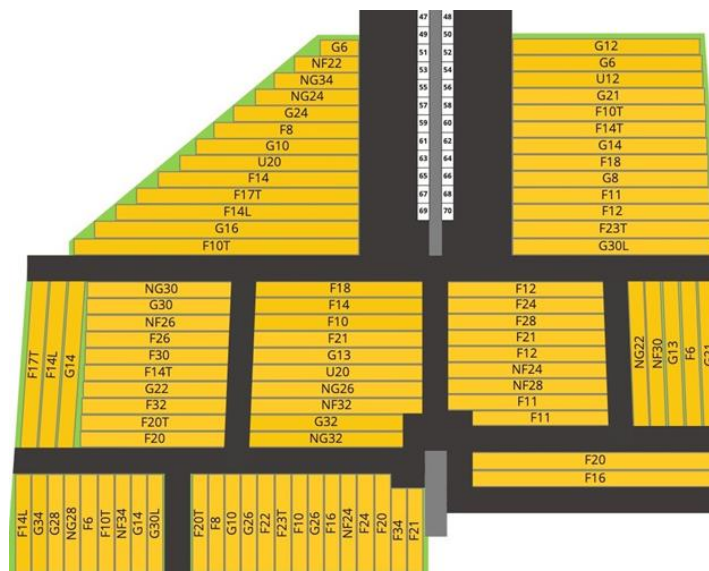


Рисунок 3.13 – Розташування рулонів для проектної пропозиції 2 зі складом
35 000 м3

Таблиця 3.11 – Рівень заповнення для проектної пропозиції 2 з рівнем зберігання 15 000 м3

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь заповнення перекидання 2
F10	1	72%	-
F10T	2	85%	85%
F11	2	79%	78%
F12	2	80%	78%
F14	2	43%	57%
F14L	2	84%	84%
F14T	2	33%	35%
F16	2	44%	43%
F17T	2	71%	71%
F18	2	47%	46%
Q20	2	74%	72%
F20T	1	79%	-
F21	2	46%	94%
F22	1	18%	-
F23T	1	67%	-
F24	1	73%	-
Q26	1	65%	-
F28	1	99%	-
Q30	1	47%	-
F32	1	58%	-
Q34	1	52%	-
F6	1	61%	-
F8	1	67%	-
G10	1	99%	-
G12	1	45%	-
G13	2	43%	43%
G14	2	65%	54%
G16	1	69%	-
G21	2	86%	86%
G22	1	93%	-
G24	1	25%	-
G26	1	54%	-
G28	1	33%	-

G30	1	45%	-
G30L	2	83%	83%
G32	1	55%	-
G34	1	32%	-
G6	1	62%	-
G8	1	95%	-
NF22	1	93%	-
NF24	1	73%	-
NF26	1	65%	-
NF28	1	99%	-
NF30	1	72%	-
NF32	1	83%	-
NF34	1	35%	-
NG22	1	41%	-
NG24	1	93%	-
NG26	1	55%	-
NG28	1	34%	-
NG30	1	46%	-
NG32	1	49%	-
NG34	1	32%	-
U12	1	64%	-
U20	2	37%	48%

Таблиця 3.12 – Ступінь заповнення проектної пропозиції 2 зі складом 20 000 м3

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь заповнення перекидання 2
F10	1	76%	-
F10T	2	73%	68%
F11	2	98%	98%
F12	2	97%	100%
F14	2	71%	71%
F14L	2	61%	61%
F14T	2	79%	79%
F16	2	52%	54%
F17T	2	87%	87%
F18	2	56%	57%

Q20	2	90%	92%
F20T	1	98%	-
F21	2	68%	57%
F22	1	34%	-
F23T	1	100%	-
F24	1	90%	-
Q26	1	78%	-
F28	1	51%	-
Q30	1	100%	-
F32	1	100%	-
Q34	1	60%	-
F6	1	76%	-
F8	1	74%	-
G10	1	93%	-
G12	1	54%	-
G13	2	59%	53%
G14	2	67%	67%
G16	1	87%	-
G21	2	70%	54%
G22	1	92%	-
G24	1	75%	-
G26	1	67%	-
G28	1	39%	-
G30	1	80%	-
G30L	2	100%	100%
G32	1	67%	-
G34	1	37%	-
G6	1	77%	-
G8	1	99%	-
NF22	1	75%	-
NF24	1	91%	-
NF26	1	78%	-
NF28	1	61%	-
NF30	1	99%	-
NF32	1	100%	-
NF34	1	41%	-
NG22	1	99%	-
NG24	1	85%	-

NG26	1	67%	-
NG28	1	40%	-
NG30	1	54%	-
NG32	1	67%	-
NG34	1	37%	-
U12	1	79%	-
U20	2	78%	39%

Таблиця 3.13 – Ступінь заповнення проектної пропозиції 2 зі складом 35 000 м³

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь заповнення перекидання 2	Ступінь заповнення перекидання 3
F10	2	100%	100%	-
F10T	3	107%	106%	106%
F11	3	107%	104%	102%
F12	3	105%	102%	98%
F14	2	105%	100%	-
F14L	3	104%	102%	100%
F14T	2	108%	108%	-
F16	2	104%	93%	-
F17T	2	108%	100%	-
F18	2	100%	98%	-
Q20	3	100%	99%	98%
F20T	2	106%	106%	-
F21	3	100%	100%	83%
F22	1	71%	-	-
F23T	2	100%	100%	-
F24	2	103%	102%	-
Q26	1	81%	-	-
F28	1	106%	-	-
Q30	1	92%	-	-
F32	1	108%	-	-
Q34	1	100%	-	-
F6	2	107%	102%	-
F8	2	100%	100%	-
G10	2	105%	104%	-
G12	1	89%	-	-

G13	2	103%	100%	-
G14	3	104%	100%	100%
G16	1	104%	-	-
G21	2	100%	92%	-
G22	1	106%	-	-
G24	1	89%	-	-
G26	2	105%	105%	-
G28	1	84%	-	-
G30	1	83%	-	-
G30L	2	106%	103%	-
G32	1	106%	-	-
G34	1	79%	-	-
G6	2	109%	108%	-
G8	1	100%	-	-
NF22	1	105%	-	-
NF24	2	102%	100%	-
NF26	1	81%	-	-
NF28	1	103%	-	-
NF30	1	90%	-	-
NF32	1	90%	-	-
NF34	1	88%	-	-
NG22	1	104%	-	-
NG24	1	105%	-	-
NG26	1	107%	-	-
NG28	1	84%	-	-
NG30	1	83%	-	-
NG32	1	105%	-	-
NG34	1	90%	-	-
U12	1	98%	-	-
U20	2	100%	96%	-

Проектна пропозиція 3

Проектна пропозиція 3 показана на рисунках 3.14-3.16 і містить 90 можливих рулонів з двома шляхами від сортувальника колод до пилки. Ролики у верхній частині плану колоди, які наближені до сортування колоди, горизонтальні, а також два в нижньому правому куті. Решта рулонів вертикальні.

Результат для рівня зберігання 15 000 м³ показано на рисунку 3.14. Існує 31 запасний ролик, багато з яких розташовані в нижньому лівому куті, а шість – у правій стороні. Таблиця 3.14 показує, що всі ролики заповнені менше ніж на 100 відсотків і що чотирьом класам деревини було призначено два ролики, а решті – один ролик.

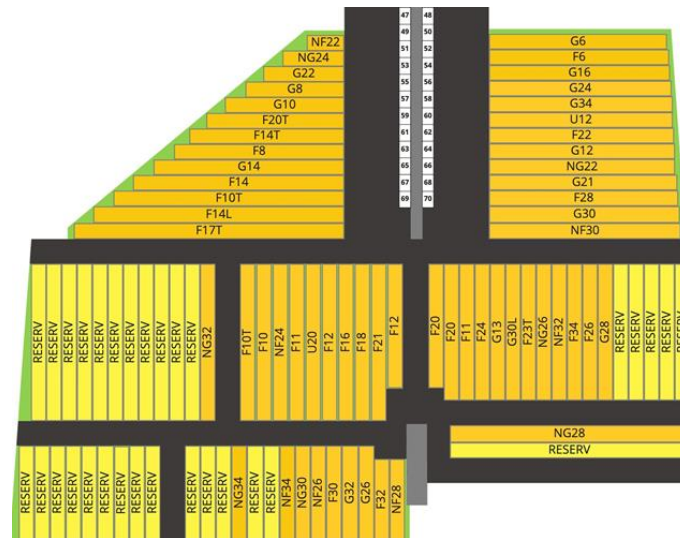


Рисунок 3.14 – Розташування рулонів для проектної пропозиції 3 з об’ємом зберігання 15 000 м³

Результат, коли рівень запасу збільшився до 20 000 м³, показаний на рисунку 3.15. За оптимальним рішенням все ще залишився 31 запасний ролик. Деякі місця розміщення запасних роликів змінено порівняно з рівнем запасу 15 000 м³. Багато запасних роликів все ще розташовано далеко внизу від плану колоди, але є невеликий запасний ролик високо вгорі зліва. Таблиця 3.15 показує, що всі ролики заповнені менше ніж на 100 відсотків, де чотирьом класам деревини було призначено два ролики та один, що залишився.

Таблиця 3.14 – Ступінь заповнення для проектної пропозиції 3 з рівнем зберігання 15 000 м3

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь заповнення перекидання 2
F10	1	72%	-
F10T	2	85%	73%
F11	2	73%	84%
F12	2	73%	91%
F14	1	76%	-
F14L	1	84%	-
F14T	1	99%	-
F16	1	89%	-
F17T	1	64%	-
F18	1	96%	-
Q20	2	79%	86%
F20T	1	79%	-
F21	1	97%	-
F22	1	22%	-
F23T	1	94%	-
F24	1	81%	-
Q26	1	44%	-
F28	1	43%	-
Q30	1	72%	-
F32	1	95%	-
Q34	1	35%	-
F6	1	61%	-
F8	1	59%	-
G10	1	99%	-
G12	1	44%	-
G13	1	99%	-
G14	1	97%	-
G16	1	69%	-
G21	1	74%	-
G22	1	93%	-
G24	1	32%	-
G26	1	95%	-
G28	1	34%	-

G30	1	33%	-
G30L	1	97%	-
G32	1	86%	-
G34	1	24%	-
G6	1	62%	-
G8	1	95%	-
NF22	1	93%	-
NF24	1	70%	-
NF26	1	65%	-
NF28	1	99%	-
NF30	1	35%	-
NF32	1	56%	-
NF34	1	52%	-
NG22	1	41%	-
NG24	1	93%	-
NG26	1	65%	-
NG28	1	20%	-
NG30	1	67%	-
NG32	1	51%	-
NG34	1	48%	-
U12	1	49%	-
U20	1	94%	-

Таблиця 3.15 – Ступінь заповнення для проектної пропозиції 3 з рівнем зберігання 20 000 м3

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь перекидання заповнення 2
F10	1	89%	-
F10T	2	90%	96%
F11	2	91%	91%
F12	2	91%	91%
F14	1	96%	-
F14L	1	99%	-
F14T	1	84%	-
F16	1	95%	-
F17T	1	93%	-
F18	1	100%	-

Q20	2	97%	85%
F20T	1	100%	-
F21	1	100%	-
F22	1	26%	-
F23T	1	84%	-
F24	1	100%	-
Q26	1	46%	-
F28	1	78%	-
Q30	1	99%	-
F32	1	100%	-
Q34	1	41%	-
F6	1	77%	-
F8	1	93%	-
G10	1	93%	-
G12	1	55%	-
G13	1	92%	-
G14	1	95%	-
G16	1	99%	-
G21	1	95%	-
G22	1	92%	-
G24	1	38%	-
G26	1	69%	-
G28	1	40%	-
G30	1	54%	-
G30L	1	71%	-
G32	1	71%	-
G34	1	37%	-
G6	1	86%	-
G8	1	99%	-
NF22	1	75%	-
NF24	1	100%	-
NF26	1	78%	-
NF28	1	78%	-
NF30	1	100%	-
NF32	1	68%	-
NF34	1	60%	-
NG22	1	50%	-
NG24	1	85%	-

NG26	1	79%	-
NG28	1	58%	-
NG30	1	80%	-
NG32	1	71%	-
NG34	1	55%	-
U12	1	61%	-
U20	1	96%	-

Таблиця 3.16 – Ступінь заповнення для проектної пропозиції 3 з рівнем зберігання 35 000 м3

Клас деревини	Кількість рулонів	Ступінь заповнення перекидання 1	Ступінь заповнення перекидання 2	Ступінь заповнення перекидання 3
F10	2	100%	86%	-
F10T	3	100%	100%	95%
F11	3	104%	100%	100%
F12	3	103%	100%	100%
F14	2	104%	100%	-
F14L	3	100%	100%	97%
F14T	2	105%	104%	-
F16	2	104%	100%	-
F17T	3	100%	100%	99%
F18	3	100%	100%	95%
Q20	3	105%	104%	100%
F20T	2	107%	75%	-
F21	2	100%	99%	-
F22	1	71%	-	-
F23T	2	102%	100%	-
F24	2	100%	79%	-
Q26	1	81%	-	-
F28	1	99%	-	-
Q30	1	100%	-	-
F32	1	94%	-	-
Q34	1	100%	-	-
F6	2	89%	89%	-
F8	2	99%	99%	-
G10	1	104%	-	-
G12	1	89%	-	-

G13	2	100%	92%	-
G14	3	103%	103%	100%
G16	2	104%	100%	-
G21	2	100%	95%	-
G22	1	104%	-	-
G24	1	77%	-	-
G26	2	105%	105%	-
G28	1	84%	-	-
G30	1	83%	-	-
G30L	2	102%	100%	-
G32	2	100%	89%	-
G34	1	79%	-	-
G6	1	105%	-	-
G8	1	100%	-	-
NF22	1	105%	-	-
NF24	2	103%	100%	-
NF26	1	81%	-	-
NF28	1	99%	-	-
NF30	1	92%	-	-
NF32	1	94%	-	-
NF34	1	88%	-	-
NG22	1	106%	-	-
NG24	1	105%	-	-
NG26	2	105%	105%	-
NG28	1	84%	-	-
NG30	1	83%	-	-
NG32	1	98%	-	-
NG34	1	90%	-	-
U12	1	98%	-	-
U20	2	105%	105%	-

3.3. Аналіз отриманих результатів

Місце сортування деревини.

Обмеження та побажання призвели до того, що можливості для розміщення нової сортування деревини були обмежені. Після того як проектна група проаналізувала різні варіанти дизайну, було визначено остаточне місце розташування. Перевага нового розташування полягає в тому, що вимірювальна станція розташована на півночі, а це означає, що конвеєр для сортування деревини можна використовувати для транспортування колод ближче до пили. Недоліком розміщення є те, що пунктирна несанкціонована зона повинна використовуватися для обробки невимірної деревини. ТОВ «Українські лісопильні» вважав, що викреслена несанкціонована ділянка може бути використана для невимірної деревини, оскільки вони сподівалися засипати більшу частину піщаного кар'єру. ТОВ «Українські лісопильні» хотіла дослідити, чи можна уникнути цієї ситуації, але не вважала місце розташування саме по собі проблемою.

Розміщення купе.

Клас пиломатеріалів, поміщених у відсік у верхній частині, мав найбільшу відстань до пилки. Відстань зменшилася вздовж сортувальної деревини, де 22 бункери опинилися в зоні вимірюваної деревини та мали можливість перекинутися навпроти свого бункера. Залежно від того, як часто заповнювався відсік, потрібно було більше поїздок до цього відсіку, збільшуючи дальність транспортування тракторів. Тому вважалося доцільним розмістити класи деревини у відсіку залежно від об'єму та частоти спорожнення класу, де найбільш активні відсіки заповнювалися знизу, найближчого до пилки. Перша ідея полягала в тому, що найгрубіші класи використовуватимуть сортування колод для транспортування колод найближче до пилки. Він базувався на інформації з поточного опису, згідно з яким лише товщі колоди були найближче до пилки, оскільки вони мали бути ближче до дерев'яного столу пилки, щоб уникнути простою пилки. Після

розрахунків максимальної відстані між класами деревини було виявлено, що найгрубіші колоди не обов'язково повинні бути найближче до пилки, де один із найгрубіших класів деревини поміщають у відділення 16.

Розміщення класів лісоматеріалів у різних відсіках не обов'язково має бути оптимальним, тому що дані про об'єм і кількість розпилів на клас датуються 2022 роком. За два роки об'єм і кількість розпилів певних класів деревини могли змінитися. Аналіз показує, що 22 класи деревини, розміщені в зоні плану деревини, можуть зробити розміщення більш ефективним за допомогою оптимізації. Його можна покращити, беручи до уваги, де було розміщено перекидання класу, і переміщаючи туди, де клас деревини потрапив у відсік, щоб зменшити транспортні відстані.

Дизайнерська пропозиція

У новій сортувальній частині деревини на 20 відділень більше та на 14 додаткових класів деревини порівняно з нинішньою ситуацією. Незважаючи на збільшення кількості класів і відсіків, усі три проектні пропозиції мають коротші транспортні відстані порівняно з поточною ситуацією для обсягів зберігання 15 000 м³ і 20 000 м³ при рівні виробництва 320 000 м³. Однією з причин, чому наразі відстані стають довшими, може бути горизонтальне розташування сортувальної станції, що означає, що тракторам час від часу доводиться об'їжджати її, щоб дістатися до лісопилки. Це також може бути тому, що класи деревини не оптимально розміщені на плані деревини або під час сортування деревини, що призводить до непотрібних транспортних відстаней. Коли рівень запасу зростає до 35 000 м³, лише проектна пропозиція 3 все ще отримує меншу відстань транспортування, ніж поточна ситуація, хоча поточна ситуація містить лише 15 000 м³ на плані деревини. Основна відмінність між проектною пропозицією 3 та двома іншими полягає в тому, що всі ролики в середині площини деревини розташовані вертикально. Це дає можливість водіям тракторів від'їжджати та забирати деревину з різних сторін ролика, що може призвести до скорочення відстаней. Оскільки відстань між рулоном і пилою зменшується, більше класів деревини можуть бути в більшій

кількості положень рулонів завдяки максимальній відстані, що може покращити розміщення класів деревини при оптимізації.

Таблиці у результатах показують, що збільшення рівня запасів призводить до збільшення відстаней транспортування та збільшення кількості годин водіння для всіх проектних пропозицій. Проектна пропозиція 1 має найдовшу транспортну відстань, що призводить до найбільшої кількості годин водіння, а проектна пропозиція 3 має найкоротшу транспортну відстань із найменшою кількістю годин водіння. Найбільша різниця в відстані становить 894 км та 598 годин їзди, що є між проектною пропозицією 1 і проектною пропозицією 3, коли рівень запасів становить 15 000 м³, а річний обсяг виробництва становить 500 000 м³. Коли катки заповнені, трактори залишають деревину в самій внутрішній частині катка, що означає, що довгі катки збільшують відстань. Це може пояснити, чому проектна пропозиція 1 має найдовшу відстань, де більша довжина перекидань порівняно з іншими пропозиціями, і в той же час існує найменша кількість можливих перекидань. При низьких запасах все ще використовується багато довгих точок перекидання, що призводить до низького ступеня заповнення та великих відстаней транспортування. Для проектної пропозиції 2 і проектної пропозиції 3 відстань транспортування трохи збільшується, коли рівень зберігання збільшується з 15 000 м³ до 20 000 м³, але значно збільшується, коли рівень зберігання досягає 35 000 м³. Це означає, що у випадку великого складу різниця в транспортній відстані між проектними пропозиціями зменшується. Це тому, що план деревини заповнений для всіх проектних пропозицій, що означає, що катки змушені використовувати далеко, що збільшує відстань транспортування та кількість годин водіння.

Під час оптимізації розміщення класів деревини в роликах у зоні першою думкою було те, що більш грубі класи автоматично потраплять ближче до пилки, а тонші колоди далі, тому що це була інформація про те, як на той час був структурований план деревини.

Результат проектних пропозицій показує, що це не обов'язково, коли більш грубі класи можуть опинитися вище в плані деревини. NG34 для

проектної пропозиції 1 об'ємом 35 000 м³ знаходиться майже на вершині. У той же час більш тонкі колоди можуть лежати досить близько до пилки, де F11 знаходиться трохи вище пилки в проектній пропозиції 2 35 000 м³. Коли плановий обсяг колоди становив 15 000 м³ або 20 000 м³, рішення були подібні до інформації від трактористів, де більшість більш грубих сортів були найближче до пилки, а тонші – далі. Причина, чому це не так при 35 000 м³, можливо, пов'язана з тим, що були використані всі місця перекидання, що зробило рішення кращим, якщо деякі більш грубі сорти закінчувалися вище в плані деревини. Коли для класу потрібно більше ніж одне місце для рулонів, рулони не завжди знаходяться поруч один з одним, що на перший погляд сприймалося як проблема. Після обговорення з трактористами, це не було проблемою, коли вони за допомогою комп'ютерної системи можуть бачити, де знаходиться клас деревини на різних перевалах в районі. Те, що один і той самий клас лісоматеріалів знаходиться в різних місцях у цьому районі, є звичайним у їхній повсякденній роботі, де не завжди є два порожніх сміттєзвалища поруч одне з одним. Коли всім класам деревини було призначено розташування роликів, було показано зв'язок між проектними пропозиціями та розташуванням запасних роликів. У більшості випадків запасні ролики потрапляли в нижній лівий кут. Розташування є розумним, оскільки ця зона має найбільшу відстань від відсіку до перекидання та від перекидання до пилки.

Щоб заощадити гроші під час розширення, мета полягала в тому, щоб дослідити, чи підходить деревина до існуючого плану деревини, враховуючи обмеження та побажання. Оптимальний дизайн плану деревини залежить від розміру вальців деревини, того, наскільки великі об'єми обробляються, обмежень щодо площі та того, які транспортні засоби транспортують матеріал. У дипломному проекті ці фактори були зважені, щоб спробувати отримати надійний результат. Коли було знайдено оптимальне рішення для проектної пропозиції 1, інші дві проектні пропозиції могли бути створені в тій самій області з різними дорогами та новими місцями на роликах. Спірним є те, чи

існує оптимальне рішення для 35 000 м3, оскільки багато резервуарів переповнені.

За даними ТОВ «Українські лісопильні», 35 000 м3 – це великий склад, який рідко зустрічається в ТОВ «Українські лісопильні». З самого початку вони не вірили, що рішення буде знайдено на великому складі. Тому вони вважали, що переповнені стакани можуть бути включені в модель оптимізації, щоб знайти рішення. Основна мета всіх проектних пропозицій полягала в тому, щоб не спричинити дорогі зупинки виробництва пилки, тому умова максимальної відстані ніколи не змінювалася. Натомість було прийнято, що деякі стакани можуть стати переповненими, оскільки це було більш реалістично через сезонність. Проектна пропозиція 1 має найменшу кількість переповнених рулонів на складі 35 000 м3, що знову ж таки може бути пов'язано з довгими рулонами проектної пропозиції. У всіх пропозиціях рішень для 35 000 кубічних футів відсотки були знижені до рівнів, близьких до 100 відсотків, щоб рішення залишалися реалістичними. Іншою причиною, чому компанія ТОВ «Українські лісопильні» вважає, що переповнення не є проблемою, полягало в тому, що теоретичний об'єм, зазначений у всіх проектних пропозиціях, вдвічі більший, де 35 000 м3 насправді дорівнює 70 000 м3. Насправді це означає, що не всі сорти деревини будуть готові до розпилювання, якщо деякі з них були щойно розпиляні і в них немає деревини. На рівнях зберігання 15 000 м3 і 20 000 м3 не потрібно було використовувати всі місця перекидання, що означало, що якщо будь-яке місце перевантаження було переповнене, його можна було розподілити між двома місцями перекидання.

Компанія ТОВ «Українські лісопильні» вважала, що ширина дороги в 11 метрів є розумною в проектних пропозиціях, оскільки ширина трактора становить 3,08 метра. Це створює простір для двох тракторів з колодами в грейфері, щоб зустрітися один з одним, і все ще залишається місце з боків. Незважаючи на ширину дороги, для проектних пропозицій 1 і 2 існує ризик того, що дорога посередині від сортувальної деревини до лісопилки буде інтенсивною. Це може спричинити час очікування, коли трактор збирає

деревину з перекинутої та виїхав на дорогу в той же час, коли інший трактор їде на високій швидкості, щоб встигнути залишити нову деревину на пилці. Цієї проблеми уникають у проектній пропозиції 3 з вертикальними роликами. Ще одна велика відмінність з новим планом деревини для всіх проектних пропозицій полягає в тому, що дорога буде асфальтована шириною 25 метрів на сортувальній частині деревини, що створює кращий простір для роботи трактористів. Якщо запас збільшиться більш ніж на 35 000 м³, оператори тракторів зможуть створити котки, які будуть на кілька метрів довшими під час сортування колод, і все ще матиме місце для спорожнення бункерів.

Залежно від сезону логістика на лісопилці змінюється, а значить, обсяги по класах пиломатеріалів будуть різними. У разі поганої обкатки з новою деревиною восени, багато класів деревини можуть мати менші обсяги, ніж те, що зазначено в проектних пропозиціях, тоді як обсяги можуть бути набагато більшими протягом зимових місяців. Це стало однією з причин, чому для кожного класу деревини було обрано середній обсяг за рік. У проектних пропозиціях із розрахунками, заснованими на середніх обсягах під час розпилювання та частоті розпилювання класу деревини на рік, пила ТОВ «Українські лісопильні» може отримати натхнення щодо того, як можна використовувати площу для підвищення ефективності логістики деревини під час розширення. Таким чином, може виникнути проблема з фіксованими місцями скидання для кожного класу деревини, коли для класу може знадобитися різна кількість місць скидання залежно від сезону. Таким чином, у всіх проектних пропозиціях метою було створити багато запасних роликів, щоб створити простір для більших об'ємів, але для 35 000 м³ це було неможливо. Незалежно від того, яка проектна пропозиція на рівнях зберігання 15 000 м³ і 20 000 м³ буде реалізована, логістика деревини працюватиме. При 35 000 м³ логістика деревини також працюватиме, але з ризиком утворення заторів на деяких дорогах, де, як вважається, для планування деревини потрібна більша площа.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Безпека праці при експлуатації вантажопідйомної техніки та транспортних засобів на складах деревообробного підприємства

Безпека праці при експлуатації вантажопідйомної техніки

На деревообробному підприємстві безпека при експлуатації вантажопідйомної техніки та транспортних засобів є критично важливою через постійне переміщення важких вантажів та інтенсивний рух техніки. Основними видами техніки на складах виступають автонавантажувачі Volvo L180H HL, вантажопідйомні крани та механізми, конвеєрні системи, грейферні захвати та штабелери.

Кваліфікаційні вимоги до персоналу

Для роботи з вантажопідйомною технікою персонал повинен мати відповідне посвідчення на право керування, регулярно проходити медичний огляд та спеціальне навчання з охорони праці. Важливою складовою є періодична перевірка знань з безпечної експлуатації обладнання. До обов'язків операторів входить перевірка технічного стану обладнання перед початком роботи, дотримання встановлених маршрутів руху, контроль за правильністю стропування вантажів та недопущення перевантаження техніки.

Технічне забезпечення безпеки

Вантажопідйомна техніка повинна проходити регулярне технічне обслуговування згідно графіку. Особлива увага приділяється справності гальмівних систем та механізмів управління, наявності звукової та світлової сигналізації, справності приладів безпеки та блокування. Складські зони мають бути обладнані чітким позначенням транспортних шляхів, достатнім освітленням робочих зон, справним покриттям підлоги без вибоїн та попереджувальними знаками.

Організація безпечної роботи

Безпечна організація робіт передбачає призначення відповідальних осіб, розробку технологічних карт навантажувально-розвантажувальних робіт,

встановлення знаків обмеження швидкості руху та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Регулярно проводяться перевірки технічного стану обладнання, контроль за дотриманням швидкісного режиму, перевірка правильності складування матеріалів та моніторинг стану здоров'я операторів.

Запобігання аварійним ситуаціям

При виникненні небезпеки роботи мають бути негайно припинені, персонал евакуйований із небезпечної зони, постраждалим надана перша допомога та викликані аварійні служби. Для профілактики аварій проводяться регулярні навчання персоналу, відпрацювання дій при надзвичайних ситуаціях, перевірка систем пожежогасіння та забезпечення засобами зв'язку.

Дотримання всіх зазначених вимог та правил дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію вантажопідйомної техніки та транспортних засобів на складах деревообробного підприємства, мінімізувати ризики травматизму та аварійних ситуацій.

Вимоги до технічного стану обладнання

Для забезпечення безпечної експлуатації вантажопідйомної техніки необхідно проводити регулярні технічні огляди та обслуговування. Перед початком кожної зміни оператор зобов'язаний перевірити справність всіх механізмів, гальмівної системи, приладів безпеки та сигналізації. Особлива увага приділяється стану вантажозахоплювальних пристроїв та тросів.

Організація безпечного руху транспорту

На території складу повинні бути чітко визначені та позначені транспортні шляхи, місця розвантаження та завантаження. Швидкість руху транспортних засобів обмежується до 5 км/год на прямих ділянках та до 3 км/год на поворотах. Забороняється перевищувати встановлені норми вантажопідйомності техніки.

Вимоги до складських приміщень

Складські приміщення повинні мати рівну та тверду підлогу без вибоїн та перешкод. Проходи між штабелями матеріалів мають бути не менше 2 метрів для забезпечення безпечного маневрування техніки. Освітленість

робочих зон повинна відповідати нормативним вимогам та становити не менше 200 люкс.

Засоби індивідуального захисту

Працівники, які обслуговують вантажопідйомну техніку, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям, касками, рукавицями та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до умов праці. Забороняється працювати без використання необхідних засобів захисту.

Протипожежні заходи

На складі деревини необхідно дотримуватись особливих вимог пожежної безпеки через підвищену пожежну небезпеку матеріалів. Територія повинна бути обладнана системами пожежогасіння, пожежними щитами та засобами первинного пожежогасіння. Забороняється паління та використання відкритого вогню на території складу.

Навчання персоналу

Всі працівники, допущені до роботи з вантажопідйомною технікою, повинні проходити періодичне навчання та перевірку знань з охорони праці. Навчання включає теоретичні заняття та практичні тренування з безпечних методів роботи та дій в аварійних ситуаціях.

4.2. Організація безпечних умов праці при сортуванні та складуванні деревини

Загальні вимоги до організації безпечної праці

Організація безпечних умов праці при сортуванні та складуванні деревини вимагає комплексного підходу до забезпечення захисту працівників. Основною метою є створення безпечного робочого середовища, яке мінімізує ризики травматизму та професійних захворювань. На деревообробному підприємстві необхідно забезпечити належне освітлення всіх робочих зон, особливо в місцях сортування та складування матеріалів.

Вимоги до освітлення складських зон

Освітлення складських приміщень та відкритих майданчиків повинно відповідати нормативним вимогам та забезпечувати достатню видимість для безпечного виконання робіт. Для відкритих складських майданчиків необхідно передбачити як природне, так і штучне освітлення з показником освітленості не менше 200 люкс. Особливу увагу слід приділити освітленню зон навантаження-розвантаження та місць сортування деревини.

Захист від шкідливих факторів

При роботі на відкритих складських майданчиках працівники піддаються впливу різних погодних умов. Для захисту від опадів та сонячної радіації необхідно обладнати навіси над робочими місцями сортувальників. У зимовий період року слід забезпечити обігрів робочих місць та захист від протягів. Працівники повинні бути забезпечені спеціальним одягом відповідно до сезону та характеру виконуваних робіт.

Організація робочих місць

Робочі місця сортувальників деревини повинні бути обладнані зручними майданчиками з неслизькою поверхнею та надійними огороженнями. Між штабелями необхідно забезпечити проходи шириною не менше 2 метрів для безпечного пересування працівників. Висота штабелів не повинна перевищувати 6 метрів при механізованому укладанні та 3 метри при ручному.

Вентиляція складських приміщень

У закритих складських приміщеннях необхідно забезпечити ефективну систему вентиляції для видалення деревного пилу та підтримання оптимальних параметрів мікроклімату. Система вентиляції повинна забезпечувати не менше 6-кратного повітрообміну за годину. Додатково слід встановити місцеві витяжні пристрої в місцях найбільшого пилоутворення.

Протипожежні заходи

Особливу увагу при організації складування деревини необхідно приділити протипожежній безпеці. Територія складу повинна бути обладнана системою пожежогасіння, пожежними щитами та первинними засобами пожежогасіння. Між штабелями необхідно передбачити протипожежні

розриви не менше 6 метрів. Забороняється паління та використання відкритого вогню на території складу.

Навчання персоналу

Всі працівники, зайняті на сортуванні та складуванні деревини, повинні проходити періодичне навчання з питань охорони праці та пожежної безпеки. Особливу увагу слід приділити навчанню безпечним методам роботи та правилам надання першої допомоги. Керівники робіт повинні проводити щоденний інструктаж перед початком зміни.

Медичне забезпечення

На підприємстві повинен бути організований медичний пункт для надання першої допомоги. Всі працівники складу повинні проходити періодичні медичні огляди. У місцях виконання робіт необхідно розмістити аптечки першої допомоги та забезпечити можливість швидкого виклику медичної допомоги.

Контроль за дотриманням вимог безпеки

Керівництво підприємства повинно забезпечити постійний контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт. Необхідно регулярно проводити перевірки стану робочих місць, справності обладнання та інструментів. При виявленні порушень вимог безпеки роботи повинні бути негайно припинені до їх усунення.

Дотримання всіх зазначених вимог дозволить створити безпечні умови праці при сортуванні та складуванні деревини, знизити ризик виробничого травматизму та професійних захворювань працівників деревообробного підприємства.

4.3. Організація та проведення невідкладних аварійно-відновлювальних робіт на автотранспортному підприємстві

Загальні положення щодо організації аварійно-відновлювальних робіт

На автотранспортному підприємстві деревообробної промисловості організація та проведення невідкладних аварійно-відновлювальних робіт

вимагає чіткого планування та координації дій всіх підрозділів. Першочерговим завданням є створення системи оперативного реагування на надзвичайні ситуації, яка включає підготовлений персонал, необхідне обладнання та матеріальні ресурси.

Порядок проведення аварійно-відновлювальних робіт

При виникненні аварійної ситуації на складах деревини керівник підприємства негайно створює оперативний штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації. Штаб координує роботу аварійно-рятувальних підрозділів та визначає першочергові заходи з локалізації та ліквідації наслідків аварії.

Аварійно-відновлювальні роботи проводяться в три етапи:

Розвідка та оцінка ситуації

Локалізація аварії та ліквідація її наслідків

Відновлення нормального функціонування об'єкта

Організація безпечної евакуації матеріальних цінностей

При загрозі пошкодження матеріальних цінностей проводиться їх евакуація згідно з заздалегідь розробленим планом. Особлива увага приділяється збереженню найбільш цінних матеріалів та обладнання. Для евакуації використовується наявний автотранспорт підприємства, який розподіляється згідно з планом евакуації.

Технічне забезпечення аварійно-відновлювальних робіт

Для проведення аварійно-відновлювальних робіт на підприємстві створюється необхідний запас матеріально-технічних засобів:

Аварійно-рятувальне обладнання

Засоби пожежогасіння

Інструменти та пристосування

Засоби індивідуального захисту

Відновлення роботи транспортно-складської системи

Після ліквідації наслідків аварії проводяться роботи з відновлення нормального функціонування транспортно-складської системи. Ці роботи включають:

Ремонт пошкодженого обладнання
Відновлення електропостачання
Налагодження систем управління
Перевірку працездатності всіх систем
Навчання персоналу

Важливим елементом підготовки до аварійних ситуацій є регулярне навчання персоналу діям в надзвичайних ситуаціях. Навчання включає теоретичну підготовку та практичні тренування з відпрацювання дій при різних сценаріях аварійних ситуацій.

Документальне забезпечення

На підприємстві розробляється та підтримується в актуальному стані комплект документів з організації аварійно-відновлювальних робіт:

План ліквідації аварійних ситуацій
Схеми евакуації
Інструкції для персоналу
Журнали обліку тренувань
Взаємодія з зовнішніми службами

При великих аваріях організовується взаємодія з міськими аварійно-рятувальними службами:

Пожежною охороною
Медичною службою
Поліцією
Комунальними службами
Контроль та звітність

Після завершення аварійно-відновлювальних робіт проводиться детальний аналіз їх ефективності:

Оцінка дій персоналу
Аналіз використання ресурсів
Розробка заходів з удосконалення системи реагування
Підготовка звітної документації

Така комплексна система організації аварійно-відновлювальних робіт дозволяє мінімізувати наслідки аварійних ситуацій та забезпечити швидке відновлення роботи підприємства.

4.4. Забезпечення протипожежної стійкості об'єкта транспорту (автотранспортного підприємства, автомобільного господарства), промислового підприємства машинобудівного профілю

Особливості протипожежного захисту деревообробного підприємства.

На деревообробному підприємстві основну пожежну небезпеку становить специфіка матеріалів та технологічних процесів. Температурний режим займання різних порід деревини коливається в межах 250-300°C, причому тривале нагрівання може призвести до самозаймання при нижчих температурах. Суттєву небезпеку створює деревний пил, який у певних концентраціях утворює з повітрям вибухонебезпечні суміші.

Протипожежне зонування території

Територія підприємства розділяється на протипожежні зони з урахуванням категорій приміщень за вибухопожежною небезпекою. Між зонами створюються протипожежні розриви та протипожежні стіни. Особлива увага приділяється розміщенню складів готової продукції та сировини на безпечній відстані від виробничих цехів.

Системи раннього виявлення загорянь

Для своєчасного виявлення загорянь впроваджується багаторівнева система сповіщення:

- Теплові датчики в місцях можливого перегріву обладнання
- Димові сповіщувачі у складських приміщеннях
- Системи відеоспостереження з функцією виявлення диму
- Автоматична передача сигналу на пульт пожежної охорони
- Автоматичні системи пожежогасіння

У виробничих та складських приміщеннях встановлюються автоматичні системи пожежогасіння, адаптовані до особливостей деревообробного виробництва:

- Спринклерні системи з підвищеною інтенсивністю зрошення
- Дренчерні завіси на шляхах евакуації
- Системи пінного пожежогасіння для складів ПММ
- Автономні модулі порошкового пожежогасіння
- Протипожежна профілактика
- Профілактичні заходи включають:
- Регулярне очищення території від деревних відходів
- Контроль вологості деревини на складах
- Перевірку справності електрообладнання
- Моніторинг температурного режиму в місцях складування

Такий комплексний підхід до протипожежного захисту забезпечує необхідний рівень безпеки підприємства з урахуванням специфіки деревообробної галузі.

ВИСНОВКИ

Щоб відповісти на питання про те, як ТОВ «Українські лісопильні» має розробити новий план деревини, щоб мінімізувати відстань транспортування на ТОВ «Українські лісопильні», рекомендована проектна пропозиція 3. Ця пропозиція має коротші транспортні відстані та години водіння порівняно з поточною ситуацією та двома іншими проектними пропозиціями для всіх рівні зберігання. Трактористи оцінили те, що пропозиція має найбільше переломних моментів і те, що багато з них розташовані вертикально, що спростить їх щоденну роботу. Вертикальні ролики в середині складу спрощують логістику на складі, оскільки деревину можна залишати та забирати з різних боків. Це також веде до дороги в середині плану деревини між сортуванням деревини та пилою, яка не є такою завантаженою, як у проектних пропозиціях 1 і 2.

З результатів видно, що для більшого складу в 35 000 м3 є перевага з довгими роликами, де проектна пропозиція 1 має найменшу кількість переливних роликів. У той же час, з великим складом в 35 000 м3, різниця в транспортній відстані між проектними пропозиціями не така велика. У майбутньому, якщо щоденний рівень запасів становитиме близько 35 000 м3, вищі витрати на транспортування для проектної пропозиції 1 можуть компенсувати всю деревину, яка буде розміщена в плані деревини. Рівень запасу 35 000 м3 рідко зустрічається на пилі ТОВ «Українські лісопильні», і тому ТОВ «Українські лісопильні» рекомендує виходити з проектної пропозиції 3.

Оптимізацію розміщення відсіків на сортуванні деревини можна здійснити, наприклад, за допомогою локальної оптимізації для мінімізації транспортних відстаней. Подальший розвиток полягає в аналізі потреби в місткості транспортних засобів для обробки деревини з новим сортуванням деревини та зміненою логістикою. Можна вивчити інші моделі оптимізації, щоб, можливо, знайти ту, яка краще відповідає задачі та може обробляти

динамічні позиції відсіку та положення перекидання, наприклад, із моделюванням для покращення положень перекидання деревини залежно від сезону. Також можна створити більше пропозицій щодо дизайну, які можна порівняти одна з одною.

Для розрахунків використовувався середній об'єм на грейфер, де кількість деревини, яку може перевезти трактор на клас, насправді різна. Довжина колод також була розрахована із середнім значенням 4,6 метра, де довжина може бути від 3,0 до 5,6 метра. Для майбутнього проекту було б цікаво вивчити більш точні значення для кожного класу деревини як в об'ємі захоплення, так і в довжині колоди. З точнішою довжиною колоди макет плану колоди буде відповідним чином адаптований до ширини рулону. Щоб ще більше підвищити надійність, під час обчислення середніх значень у всіх розрахунках можна використовувати декілька значень вимірювань.

Щоб підвищити рівень прийняття проектних пропозицій серед водіїв тракторів, можливо, можна додати додаткову умову, яка означає, що більш товсті колоди мають пріоритет у точках перекиду, найближчих до пилки. Це в основному стосується випадків, коли рівень запасу становив 35 000 м³, тому що деякі більш грубі сорти потрапляли далі від пилки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- Berendt, F., Wolfgramm, F., & Cremer, T. (2021). Reliability of photo-optical measurements of log stack gross volume. *Silva Fennica*, 55(3), 1-13. doi.org/10.14214/sf.10555
- Cococcioni, M., & Fiaschi, L. (2021). The Big-M method with the numerical infinite M. *Optimization Letters*, 15(7), 2455-2468. doi.org/10.1007/s11590-020-01644-6
- Daniel, A. M. (2008). Graph Theory (A Problem Oriented Approach). *The Mathematical Association of America: Washington, DC, USA*.
- Dramm, J. R. (2004). *Log sort yard economics, planning and feasibility* (Vol. 146). US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Drożdż, W., Vovk, Y., Widera, K., Łopatka, A., & Gawlik, A. (2023). Sustainability assessment of the energy generation systems. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 8(2), 249-258.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European journal of operational research*, 203(3), 539-549. doi:10.1016/j.ejor.2009.07.031
- Natalia Rozhko, Dmytro Mironov Liubomyr Slobodian, Anatolii Matviishyn, Maria Babii. Main aspects of third party logistics activities in modern transport realities // Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 101-108
- Natalia Rozhko, Oleg Tson, Uliana Plekan, Anatolii Matviishyn, Assoc. Prof., Bogdan Gevko. The use of network intralogistics and fulfillment for the functioning of transport and warehouse complexes// Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2023. Col.7(38), Part II
- Rahman, A., Yella, S., & Dougherty, M. (2014). Simulation and optimisation techniques for sawmill yard operation: A literature review. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 6(1), 21-34. doi.org/10.4236/jilsa.2014.61003

Robichaud, S. V., Beaudoin, D., & Lebel, L. (2014, November). Log yard design using discrete-event simulation: First step towards a formalized approach. In *MOSIM 2014, 10ème Conférence Francophone de Modélisation, Optimisation et Simulation*.

Rozhko N, Plekan U., Tson O., Matviishyn A. [Digitalization of truck companies: current challenges and development prospects](#). Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2022, Col.6(37): 208-214

Sakhno, V., Poliakov, V., Lyashuk, O., Murovanyi, I., Stelmashchuk, V., Onyschuk, V., Tson, O., Rozhko, N. To the comparative evaluation of three-unit lorry convoys of the different component systems by maneuverability. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 121, 189-201. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.121.12>.

Sarrazin, F., LeBel, L., & Lehoux, N. (2018). Identifying key factors for the success of a regional logistic center. *Forest Science*, 64(3), 233-245. doi:10.1093/forsci/fxy001

Trzcianowska, M., Beaudoin, D., & LeBel, L. (2019). Current practices in log yard design and operations in the Province of Quebec, Canada. *Forest Products Journal*, 69(4), 248-259. doi:10.13073/FPJ-D-19-00018.

Victor Aulin, Oleg Lyashuk, Serhii Lysenko, Oleg Tsonb, Andrii Hrynkiv, Natalia Rozhko. Extension of the service term of the resource-determining elements of vehicle units based on the artificial neural network model of their defects. VII International Conference “In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction (DMDP 2023) *Procedia Structural Integrity* 59 (2024) 436–443

Volvo. (2016). L180H High-Lift Volvo. <https://www.volvoce.com>.

Vovk, I., Tson, O., Vovk, Y., Vovk, Y., & Rozhko, N. (2024). Mobility as a Service for tourism: Challenges and opportunities for meeting the needs of tourists in urban environments. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 9(2), 137-149.

Валяшек В.Б. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при

взаємодії різних видів транспорту // Центральнуукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133

Вовк Ю.Я., Ляшук О.Л., Мосейко Ю.В., Хавтур П.В., Заривенний А.Р. Дорожній рух та його безпека: Програма «нульова смертність на дорогах» // Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 12 листопада 2019 року). Кривий Ріг, 2019. 346 с. – С. 71-74.

Вовк, Ю. Я., Вовк, І. П., Худобей, В. Р., Питлик, С. В., & Вовк, Я. Ю. (2023). Мобільність як послуга (МaaS): доцільність впровадження у малих міських або сільських районах. *ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ*, 62.

Н.Я. Рожко У. М. Плекан, О. Л. Ляшук, О. П. Цьонь, Ю. Ю. Буренніков Методика дослідження та прогнозування виробничого потенціалу автотранспортного підприємства // Вісник Машинобудування та транспорту, №2 (18), с. 148–154

Н.Я. Рожко, О.Л. Ляшук, М.Я. Сташків, О.П. Цьонь, Б.Р. Гевко У.М. Плекан [Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом](#) //Центральнуукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.І. — С. 219-229

Н.Я.Рожко, О.Л. Ляшук, У.М. Плекан, О.П. Цьонь, Б.Р. Гевко Т.Д. Навроцька, О.П. Антонюк. Вплив середовища на кон'юнктуру ринку автомобільних перевезень України. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця, 2022. №2(16). С. 101-109

О. Л. Ляшук, У. М. Плекан, Н.Я. Рожко, О.П. Цьонь Удосконалення соціальної функції транспортної галузі України // Центральнуукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч.І. — С. 157-166.

ДОДАТКИ

Додаток А

Опис поточного стану

Додаток 1 – Довжина роликів на даний час

Перевертатися	Загальна довжина (м)	Перевертатися	Загальна довжина (м)
1	53,60	29	50,38
2	54,91	30	51,69
3	37,04	31	53,61
4	41,92	32	52,34
5	49,37	33	51,55
6	36,79	34	35,60
7	50,70	35	50,01
8	16,96	36	46,14
9	45,97	37	45,76
10	22,64	38	46,29
11	38,34	39	23,37
12	31,41	40	55,50
13	31,87	41	73,26
14	48,26	42	67,49
15	50,16	43	82,79
16	49,50	44	32,99
17	51,30	45	34,60
18	43,42	46	39,88
19	43,53	47	45,50
20	15,72	48	44,52
21	64,43	49	32,33
22	63,78	50	31,87
23	48,72	51	38,68
24	78,87	52	18,64
25	69,78	53	36,00
26	20,38	54	37,78
27	28,30	55	35,54
28	43,99	56	37,42

Додаток 2 – Ширина рулонів у поточному місці

Кількість рулонів поруч	Довжина (м)	Ширина рулону (м)
8	50,95	6,37
6	39,13	6,52
5	33,27	6,65
14	97,53	6,97
7	48,68	6,95
8	53,28	6,66
3	20,02	6,67
5	32,69	6,54
	Середнє значення	6,67

Дослідження часу

Додаток 3 – Дія 1, щоб заповнити ручку деревиною від перекидання, і дія 2, щоб залишити деревину біля пилки

Заповнити хват у перекиданні	Час (с)	Спорожніть рукоятку на впускному отворі пилки	Час (с)
1	21,33	1	10,54
2	26,00	2	18,80
3	31,31	3	15,22
4	20,02	4	9,35
5	21,90	5	11,99
6	21,10	6	10,32
7	26,33	7	15,97
8	22,09	8	9,85
9	26,36	9	13,40
10	17,69	10	9,30
Середнє значення	23,41	Середнє значення	12,47

Додаток 4 – Дія 3 містить дані для розрахунку середньої швидкості трактора

Від вальцювання до пиляння	Час (с)	Відстань (м)	Швидкість (м/с)	Швидкість (км/год)
1	37,32	159,10	4,26	15,35
2	45,07	185,15	4,11	14,79
3	39,85	159,40	4,00	14,40
4	36,33	163,12	4,49	16,16
5	47,14	165,05	3,50	12,60
6	41,22	167,51	4,06	14,63
7	38,25	169,76	4,44	15,98
8	37,01	172,29	4,66	16,76
9	46,08	187,01	4,06	14,61
10	13,06	51,83	3,97	14,29
Середнє значення	38,13	158,02	4,15	14,96

Дані

Додаток 5 – Довжина конічної ділянки для 10 повних рулонів

Перевертатися	Довжина конічної ділянки (м)
1	7,50
2	15,00
3	9,00
4	7,50
5	8,00
6	10,00
7	9,50
8	8,00
9	9,00
10	13,00
Середнє значення	9,65

Додаток 6 – Ширина тракторних доріг

Виміряне значення	Ширина колії трактора (м)
1	13,12
2	12,51
3	10,69
4	11,63
5	11,35
6	8,05
7	12,70
8	10,17
9	8,48
10	8,38
Середнє значення	10,71

Додаток 7 – Класи деревини і діаметр колод

Клас деревини	Діаметр (мм)
F6	137-147
G6	145-151
F8	146-150
G8	152-159
F10	151-155
F10T	155-175
G10	160-168
F11	156-167
F12	168-180
G12	169-175
U12	169-175
G13	176-183
F14	181-191
F14L	181-191
F14T	178-194
G14	184-191
F16	192-201
G16	192-196
F17T	192-201
F18	202-208
Q20	203-226
F20T	209-222
U20	197-204
F21	223-231
G21	205-210
F22	232-240
G22	211-223
F23T	232-240
F24	241-257
G24	224-231
Q26	258-265
G26	232-249
F28	266-282
G28	250-257
Q30	283-297
G30	258-287
G30L	254-277
F32	298-327
G32	288-337

Q34	328-429
G34	338-429
NF22	232-240
NG22	211-223
NF24	241-257
NG24	224-231
NF26	258-265
NG26	232-249
NF28	266-282
NG28	250-257
NF30	283-297
NG30	258-287
NF32	298-327
NG32	288-337
NF34	328-429
NG34	338-429

Додаток 8 – Середні обсяги при розпилі та кількість розпилів для кожного класу деревини

Клас деревини	Середній обсяг (м3)	Кількість розрізів
F6	587,48	11
G6	586,20	13
F8	547,17	16
G8	487,88	15
F10	606,15	17
F10T	1503,49	12
G10	633,96	16
F11	1252,00	19
F12	1242,13	21
G12	397,16	13
U12	452,71	10
G13	762,45	15
F14	926,92	18
F14L	1249,09	5
F14T	882,49	12
G14	1106,19	13
F16	794,44	18
G16	691,29	13
F17T	1003,56	5

F18	865,60	19
Q20	1143,53	21
F20T	586,60	13
U20	839,26	15
F21	874,04	20
G21	780,01	13
F22	131,11	19
G22	359,49	15
F23T	709,62	12
F24	590,07	20
G24	245,68	16
Q26	259,72	16
G26	446,19	16
F28	390,92	19
G28	166,23	12
Q30	304,36	17
G30	271,05	12
G30L	744,11	13
F32	367,74	16
G32	386,12	14
Q34	176,47	15
G34	151,51	9
NF22	131,11	19
NG22	359,49	15
NF24	590,07	20
NG24	245,68	16
NF26	259,72	16
NG26	446,19	16
NF28	390,92	19
NG28	166,23	12
NF30	304,36	17
NG30	271,05	12
NF32	367,74	16
NG32	386,12	14
NF34	176,47	15
NG34	151,51	9

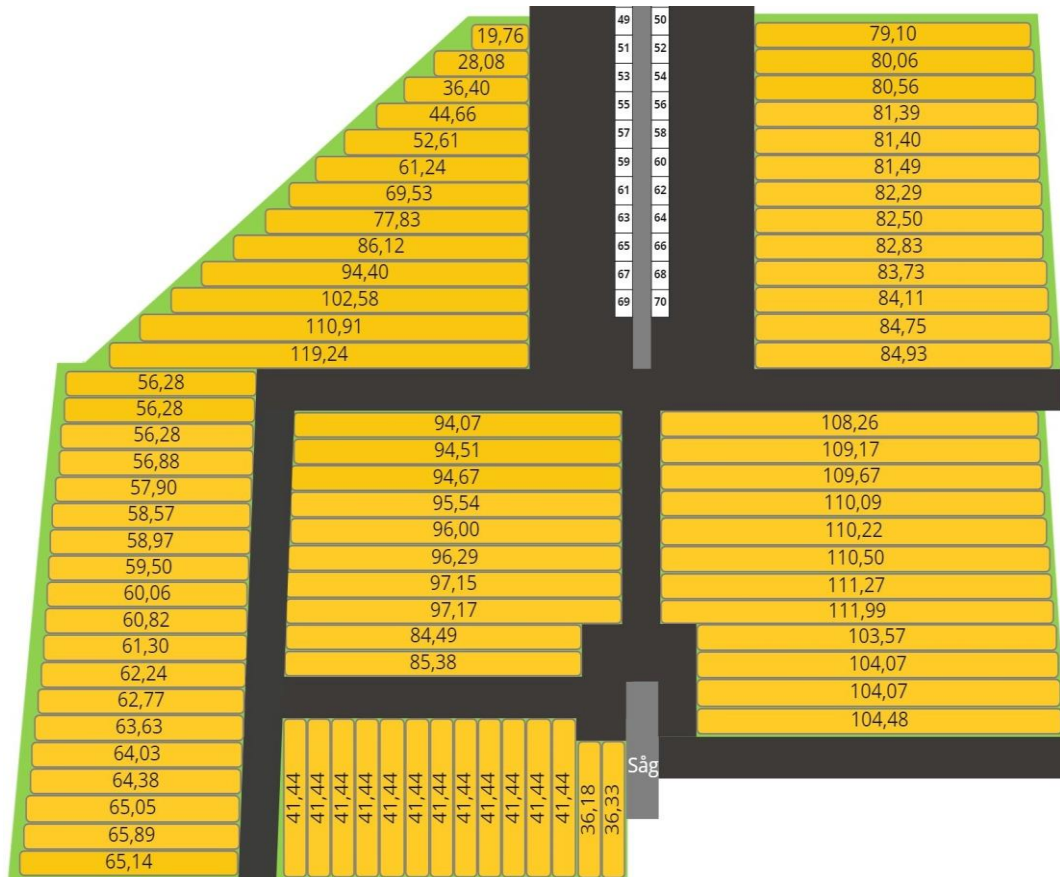
Додаток 9 – Максимальна відстань у метрах для всіх класів деревини.

Клас деревини	Максимальна відстань (м)
F6	468,12
G6	497,78
F8	443,70
G8	507,86
F10	424,48
F10T	424,48
G10	463,36
F11	389,25
F12	382,37
G12	425,46
U12	437,96
G13	346,10
F14	351,09
F14L	351,09
F14T	351,09
G14	314,46
F16	332,89
G16	324,55
F17T	332,89
F18	296,63
Q20	232,14
F20T	232,14
U20	296,63
F21	248,13
G21	302,05
F22	247,75
G22	263,14
F23T	211,61
F24	215,28
G24	270,09
Q26	197,95
G26	199,80
F28	223,52
G28	218,33
Q30	212,17
G30	216,43
G30L	216,43
F32	174,18
G32	169,19

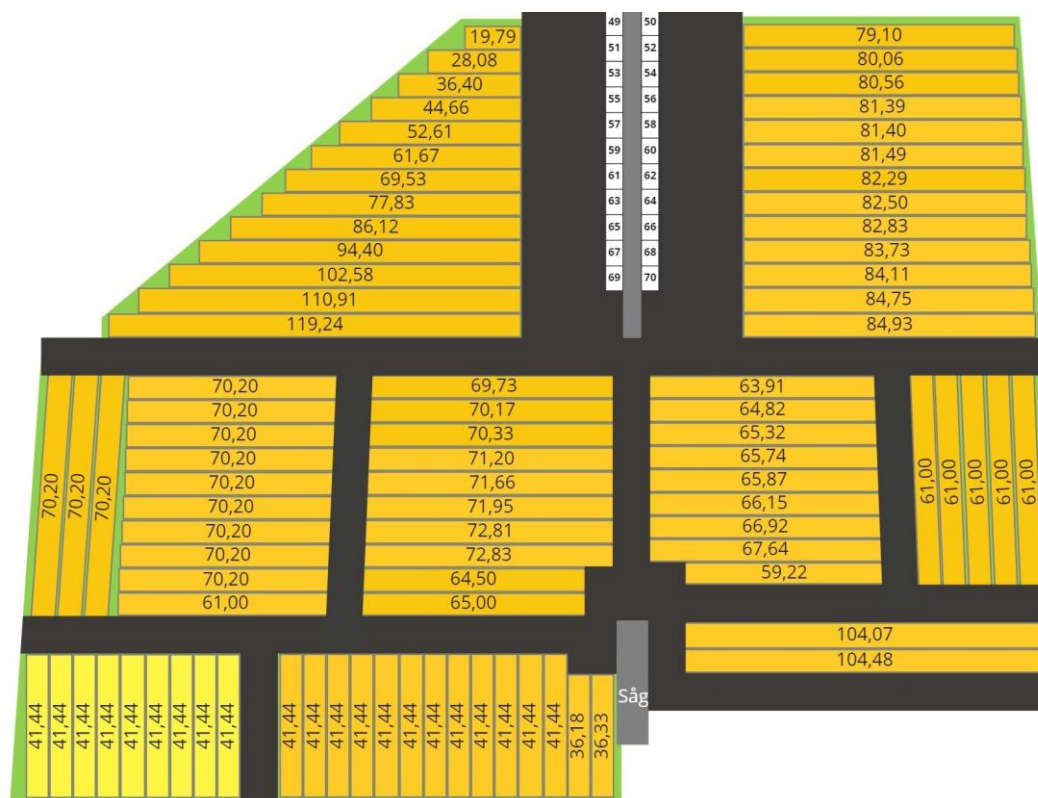
Q34	170,43
G34	258,71
NF22	247,75
NG22	263,14
NF24	215,28
NG24	270,09
NF26	197,95
NG26	199,80
NF28	223,52
NG28	218,33
NF30	212,17
NG30	216,43
NF32	174,18
NG32	169,19
NF34	170,43
NG34	258,71

Довжини прокату проектних пропозицій

Додаток 10 – Довжина роликів у метрах для проектної пропозиції 1



Додаток 11 – Довжина роликів у метрах для проектної пропозиції 2



The chart displays a series of data points across different categories. The values are as follows:

Category	Value
1	19,79
2	28,08
3	36,40
4	44,66
5	52,61
6	61,67
7	69,53
8	77,83
9	86,12
10	94,40
11	102,58
12	110,91
13	119,24
14	79,10
15	80,00
16	80,56
17	81,39
18	81,40
19	81,49
20	82,29
21	82,50
22	82,83
23	83,73
24	84,11
25	84,75
26	84,93
27	41,44
28	41,44
29	41,44
30	41,44
31	41,44
32	41,44
33	41,44
34	41,44
35	41,44
36	41,44
37	41,44
38	41,44
39	41,44
40	41,44
41	41,44
42	41,44
43	41,44
44	41,44
45	41,44
46	41,44
47	41,44
48	41,44
49	41,44
50	41,44
51	41,44
52	41,44
53	41,44
54	41,44
55	41,44
56	41,44
57	41,44
58	41,44
59	41,44
60	41,44
61	41,44
62	41,44
63	41,44
64	41,44
65	41,44
66	41,44
67	41,44
68	41,44
69	41,44
70	41,44
71	41,44
72	41,44
73	41,44
74	41,44
75	41,44
76	41,44
77	41,44
78	41,44
79	41,44
80	41,44
81	41,44
82	41,44
83	41,44
84	41,44
85	41,44
86	41,44
87	41,44
88	41,44
89	41,44
90	41,44
91	41,44
92	41,44
93	41,44
94	41,44
95	41,44
96	41,44
97	41,44
98	41,44
99	41,44
100	41,44
101	41,44
102	41,44
103	41,44
104	41,44
105	41,44
106	41,44
107	41,44
108	41,44
109	41,44
110	41,44
111	41,44
112	41,44
113	41,44
114	41,44
115	41,44
116	41,44
117	41,44
118	41,44
119	41,44
120	41,44
121	41,44
122	41,44
123	41,44
124	41,44
125	41,44
126	41,44
127	41,44
128	41,44
129	41,44
130	41,44
131	41,44
132	41,44
133	41,44
134	41,44
135	41,44
136	41,44
137	41,44
138	41,44
139	41,44
140	41,44
141	41,44
142	41,44
143	41,44
144	41,44
145	41,44
146	41,44
147	41,44
148	41,44
149	41,44
150	41,44
151	41,44
152	41,44
153	41,44
154	41,44
155	41,44
156	41,44
157	41,44
158	41,44
159	41,44
160	41,44
161	41,44
162	41,44
163	41,44
164	41,44
165	41,44
166	41,44
167	41,44
168	41,44
169	41,44
170	41,44
171	41,44
172	41,44
173	41,44