

**Міністерство освіти і науки України
Університет митної справи та фінансів**

**Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики**

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики,
к.т.н., доцент

_____ А. І. Кузьменко
(підпис)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
на тему:
«УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ»**

Виконала: студентка групи Т23-1м
спеціальності 275 Транспортні
технології (на автомобільному
транспорті)

Кругтякова Вероніка Романівна

Керівник: _____
(підпис)

кандидат технічних наук, доцент
Леснікова Ірина Юріївна

Рецензент _____
(підпис)

УМСФ, доцент кафедри
транспортних технологій та
міжнародної логістики,
кандидат технічних наук
Халіпова Наталя Володимирівна

Дніпро
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ

Факультет інноваційних технологій
Кафедра транспортних технологій та міжнародної логістики
Ступінь вищої освіти – магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики
к.т.н., доц.,

А. І. Кузьменко

(підпис)

«01» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
з підготовки кваліфікаційної роботи магістра
студентки групи Т23-1м
КРУТЯКОВОЇ ВЕРОНІКИ РОМАНІВНИ

1. Тема роботи: Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень деревини територією України

Керівник кваліфікаційної роботи магістра: Леснікова Ірина Юріївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій та міжнародної логістики

Затверджено наказом ректора УМСФ від «11» листопада 2024 р. № 949 кс.

2. Дата подання студентом готової кваліфікаційної роботи магістра на кафедру: «30» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра:

3.1 Статистичні дані щодо попиту на матеріали з деревини.

3.2 Загальна виробничо-транспортна схема промислової ситуації



4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, потрібних для опрацювання):
- 4.1 Проаналізувати статистичні дані щодо попиту на матеріали з деревини.
 - 4.2 Проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень.
 - 4.3 Побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі.
 - 4.4 Скласти кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми
 - 4.5 Розробити оптимізацію маршрутів за методом потенціалів.
 - 4.6 Проаналізувати отримані результати та написати висновки.

5. Перелік графічних матеріалів:

- 1 Аналіз організації вантажних перевезень деревини в Україні під час війни
- 2 Бірж індексів на деревину від Української енергетичної біржі
- 3 Побудова математичної моделі виробничої задачі
- 4 Розв'язування задачі виробничої ситуації
5. Розв'язування задачі про максимальний потік
6. Розв'язування нелінійної задачі градієнтним методом
7. Оптимізація маршруту за методом потенціалів
8. Алгоритм оптимізації транспортних перевезень та отримані результати

6. Дата видачі завдання: «30» вересня 2024 р.

Студентка

(підпис)

(Крутякова В.Р.)

Керівник кваліфікаційної роботи магістра

(підпис)

(Леснікова І.Ю)

АНОТАЦІЯ

Крутякова В.Р. Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень деревини територією України.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Університет митної справи та фінансів, Дніпро, 2025.

1. Кваліфікаційна робота магістра присвячена удосконаленню транспортно-логістичної схеми перевезень деревини територією України. У даній роботі було виконано аналіз статистичних даних щодо попиту на матеріали з деревини та проаналізувано наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень. Було побудовано математичну та фізичну моделі транспортної задачі, складено кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми. Друга частина роботи присвячена розробці оптимізації маршрутів за методом потенціалів, проаналізувано отримані результати.

THE SUMMARY

Krutyakova V.R. Improving the transport and logistics scheme of wood transportation across the territory of Ukraine.

Master's qualification work for obtaining the degree of «Master» in the specialty 275 Transport technologies (in road transport). University of Customs and Finance, Dnipro, 2025.

1. Master's qualification work is devoted to improving the transport and logistics scheme of wood transportation across the territory of Ukraine. In this work, an analysis of statistical data on the demand for wood materials was performed and scientific works devoted to improving transport and logistics systems of freight transportation were analyzed. A mathematical and physical model of the transport problem was constructed, and the final version of the production and transport scheme was compiled. The second part of the work is devoted to the development of route optimization using the potential method, and the results obtained were analyzed.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Удосконалення транспортно-логістичної схеми перевезень деревини територією України» 68 с., 23 рис., 15 табл., 43 джерела, 1 додаток на 9 стор.

Мета роботи: знайти максимального обсягу переробки деревини фабрикою за місяць з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону.

Об'єкт дослідження – вантажні перевезення.

Предмет дослідження – перевезення деревини у виробничо-транспортній схемі.

Методи дослідження: методи математичної статистики, теорія систем масового обслуговування.

2. У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні **завдання:** проаналізувати статистичні дані щодо попиту на матеріали з деревини; проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень; побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі; скласти кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми; розробити оптимізацію маршрутів за методом потенціалів; проаналізувати отримані результати та написати висновки.

Ключові слова: ВИРОБНИЧА ЗАДАЧА; ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДЕРЕВИНИ; ПОШУК ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМ; МЕТОД ПОТЕНЦІАЛІВ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ.....	9
1.1 Аналіз організації вантажних перевезень деревини в Україні під час війни .	9
1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно- логістичних систем вантажних перевезень	21
2 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧОЇ ЗАДАЧІ.....	26
2.1 Постановка завдання.....	26
2.2 Загальний опис виробничої ситуації.....	26
2.3 Загальна схема розв’язування	30
3 РОЗВ’ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ВИРОБНИЧОЇ СИТУАЦІЇ.....	32
3.1 Опис етапів розв’язування виробничої задачі	32
3.2 Розв’язування задачі виробничої ситуації.....	33
4 ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТУ ЗА МЕТОДОМ ПОТЕНЦІАЛІВ.....	42
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56
Додаток А.....	59

					КРМ 275 16 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ ТЕРИТОРІЄЮ УМСФ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Крутякова В.Р.</i>						5	73
<i>Перевір.</i>	<i>Леснікова І.Ю.</i>							
<i>Реценз.</i>	<i>Халіпова Н.В.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Леснікова І.Ю.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Кузьменко А.І.</i>					УМСФ, ГР. Т23-1м		

ВСТУП

Деревина є одним із ключових ресурсів економіки України, що використовується в багатьох галузях, включаючи будівництво, меблеву промисловість, енергетику та виробництво паперу. Ефективна організація перевезень деревини територією країни має важливе значення для забезпечення стабільної роботи підприємств, розвитку регіональної економіки та підтримки експортного потенціалу.

В умовах сучасних викликів, пов'язаних із воєнними діями та післявоєнним відновленням, транспортно-логістичні системи в Україні зазнають значних змін. Руйнування доріг, мостів, залізничних вузлів, а також зростання витрат на транспортування змушують шукати нові рішення для організації ефективного перевезення деревини. Це актуально як для внутрішнього споживання, так і для забезпечення міжнародних контрактів.

Одним із ключових напрямів удосконалення транспортно-логістичних схем є впровадження інноваційних підходів, таких як цифровізація процесів перевезень, кластерний аналіз для оптимізації маршрутів, використання мультимодальних перевезень та інтеграція екологічно сталих рішень. Застосування цих підходів дозволить підвищити швидкість, знизити витрати на логістику та забезпечити безперебійне постачання деревини навіть за умов обмеженої інфраструктури.

Дослідження транспортно-логістичної схеми перевезень деревини територією України є необхідним для забезпечення ефективного управління ресурсами, підтримки економічної стабільності та відновлення промислових процесів. Удосконалення цих схем сприятиме не лише подоланню існуючих викликів, але й створенню умов для сталого розвитку галузі в майбутньому.

Мета роботи: знайти максимального обсягу переробки деревини фабрикою за місяць з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Об'єкт дослідження – вантажні перевезення.

Предмет дослідження – перевезення деревини у виробничо-транспортній схемі.

Методи дослідження: методи математичної статистики, теорія систем масового обслуговування.

У процесі написання кваліфікаційної роботи магістра були виконані наступні завдання: проаналізувати статистичні дані щодо попиту на матеріали з деревини; проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень; побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі; скласти кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми; розробити оптимізацію маршрутів за методом потенціалів; проаналізувати отримані результати та написати висновки.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТА НАУКОВИХ ПРАЦЬ З ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ

1.1 Аналіз організації вантажних перевезень деревини в Україні під час війни

В Україні лісова рослинність охоплює 9,6 млн га, що складає значну частину території, але рівень лісистості залишається нижчим за оптимальний і становить лише 15,9%. Він варіюється в залежності від кліматичних зон — від 0-4,9% до 30-60%. Лісові насадження приблизно рівномірно складаються з хвойних та твердолистяних порід, при цьому середній вік дерев становить 60 років. Це свідчить про старіння лісів, що негативно впливає на їх санітарний стан [1].

Обсяг деревини нараховує 2,3 млрд м³, а середньорічний приріст — 35 млн м³. Запаси деревини на один гектар у лісах під управлінням Держлісагентства перевищують середній показник по Україні, проте в останні десять років спостерігається уповільнення темпів росту цих запасів [1].

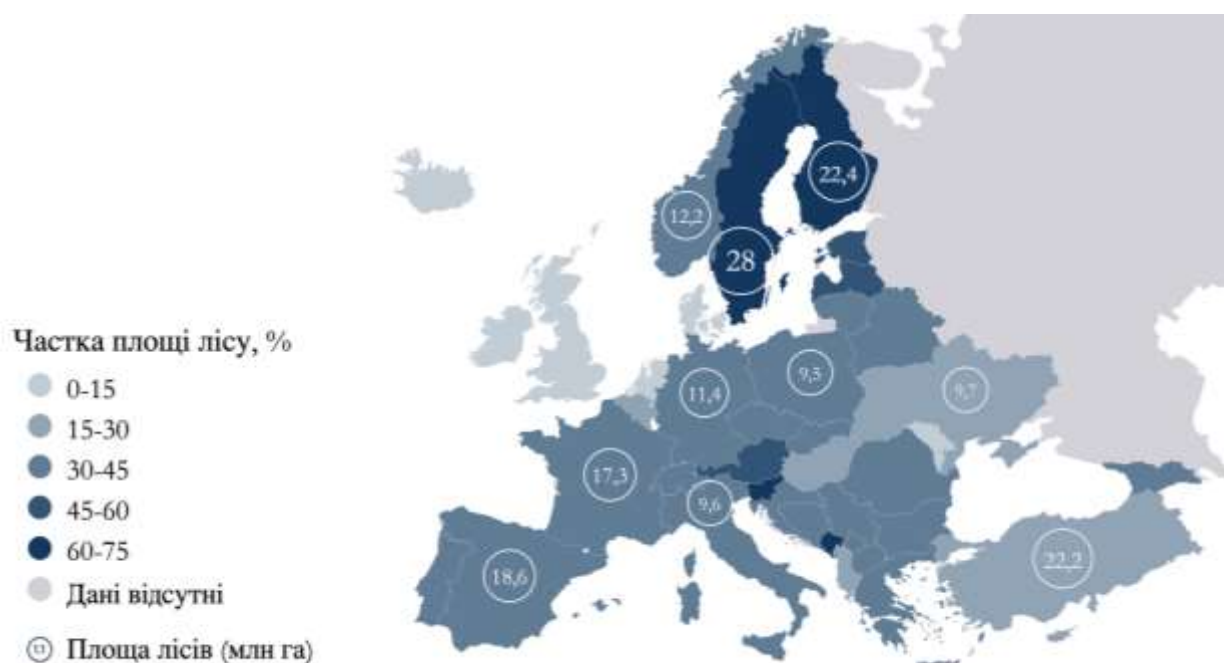


Рисунок 1.1 – Площа лісів та частка площі лісу в загальній площі європейських країн, 2020, млн га та % [2]

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Держава залишається головним власником лісових ресурсів, а державні лісові господарства – основними користувачами. Хоча у світі в приватній власності знаходиться близько 22% лісів, в Україні частка приватних лісів значно менша. У Європі цей показник становить 9% [2].

Серед європейських країн Україна посідає 9-те місце за площею лісів, але має один із найнижчих рівнів лісистості. Водночас вона знаходиться на 9-му місці серед топ-15 країн Європи за обсягами запасів деревини на гектар.

Отже, на карті зображено частку площі лісів у відсотках у різних європейських країнах, а також загальну площу лісів у мільйонах гектарів (млн га). Дані дають уявлення про рівень лісистості та масштаб лісових територій у цих країнах [2].

1. Лідери за площею лісів:

- Швеція: Площа лісів становить 28 млн га, що покриває значну частину її території.
- Фінляндія: Має найбільшу частку лісів — 22,4 млн га (близько 60-75% території).
- Франція: Ліси займають 17,3 млн га, що складає 30-45% території країни.
- Іспанія: Має 18,6 млн га лісів, теж у діапазоні 30-45% від загальної площі [3].

2. Низький рівень лісистості:

- У таких країнах, як Велика Британія та деякі східноєвропейські держави (наприклад, Україна), частка лісів є значно нижчою — 0-15%.

3. Країни з середньою лісистістю (15-30% площі вкрито лісами):

- Німеччина: Ліси займають 11,4 млн га.
- Україна: Лісова площа складає 9,6 млн га, з лісистістю приблизно 15-30%.

Ці дані свідчать про суттєву різницю у рівнях лісистості між країнами, що значною мірою залежить від географічного положення та кліматичних умов.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірює	Леснікова І.Ю.				10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Скандинавські країни мають найвищий рівень лісового покриття, тоді як країни Південної та Східної Європи мають нижчі показники [4].

Щодо даних по території України розглянемо рисунок 1.2.



Рисунок 1.2 – Рівень лісистості у розрізі регіонів, % [2]

Можемо сформулювати наступні висновки:

1. Найвища лісистість (30-60%):
 - Західні та північно-західні області, такі як Волинська, Рівненська, Житомирська та Закарпатська, мають найвищий рівень лісового покриття [4].
2. Помірна лісистість (15-29,9%):
 - Області Центральної України, такі як Київська, Чернігівська, Львівська, Івано-Франківська, мають значний, але нижчий рівень лісистості.
3. Низька лісистість (0-9,9%) [2]:
 - Південно-східні та південні регіони, такі як Херсонська, Миколаївська, Запорізька області, мають найменший відсоток площі, вкритої лісами.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Отже, найбільш лісисті області зосереджені на заході та півночі країни, тоді як південні та східні регіони мають значно нижчий рівень лісового покриття, що відображає географічні та кліматичні особливості цих територій [4].

Для того, щоб розуміти транспортні перевезення деревини в цілому необхідно розглянути експортно-імпортні перевезення деревини. Можна сказати, що такі перевезення відіграють важливу роль в економіці України, оскільки деревообробна промисловість є одним із ключових секторів господарства країни. В умовах війни, що триває з 2022 року, цей сектор зазнав значних змін та викликів. З одного боку, військові дії та зруйнована інфраструктура вплинули на логістичні можливості, експортні маршрути та потужності виробників деревини. З іншого боку, зростаючий попит на паливну деревину в Європі через енергетичну кризу, викликану санкціями проти Росії, стимулював українських експортерів до пошуку нових ринків збуту та адаптації до нових умов.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд паливної деревини [6]

У контексті військових дій, експорт деревини став стратегічно важливим, оскільки він забезпечує притік валютних коштів в умовах економічної нестабільності. Водночас, імпорт деревини також змінився, оскільки низка

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

ключових ринків залишилася недоступною, а наявні канали перевезень зазнали пошкоджень або блокад. Аналіз експортно-імпортних перевезень деревини під час війни є важливим не лише з економічної точки зору, але й з огляду на стратегії відновлення України та формування нових логістичних ланцюгів у післявоєнний період [7].

Розглянемо більш детально статистичні дані щодо експортно-імпортних операціях деревини. У 2023 році імпорт деревини зменшився в 55 разів – було поставлено понад 1,2 мільйона тонн паливної деревини, а також деревної тріски і стружки (надалі – деревина). Ці дані оприлюднені на офіційному сайті Державної митної служби України [7].

Обсяг експорту деревини на 15,4% більший, ніж у 2022 році, проте на 0,8% нижчий, ніж у 2021 році. Наприклад, у 2023 році експорт становив понад 1,04 мільйона тонн, а в 2021 році – більше 1,21 мільйона тонн.

Дохід від експорту деревини у 2023 році склав понад 186,75 мільйона доларів, що на 3,4% менше, ніж у 2022 році, але на 51,4% більше, ніж у 2021 році. Для порівняння, у 2022 році виручка становила близько 193,27 мільйона доларів, а у 2021 році – понад 123,36 мільйона доларів [7].

У той же час імпорт деревини у 2023 році складав 245 тонн, що в понад 55 разів менше, ніж у 2022 році, і в понад 126 разів менше, ніж у 2021 році. Для прикладу: у 2022 році імпорт перевищував 13,58 тисяч тонн, а у 2021 році – понад 30,96 тисяч тонн [7].

Вартість імпорту деревини у 2023 році склала 187 тисяч доларів, що більше ніж у 8 разів менше за показники 2022 року і в майже 13 разів менше за 2021 рік. Для порівняння: у 2022 році вартість імпорту становила понад 1,53 мільйона доларів, а у 2021 році – близько 2,4 мільйона доларів [8].

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

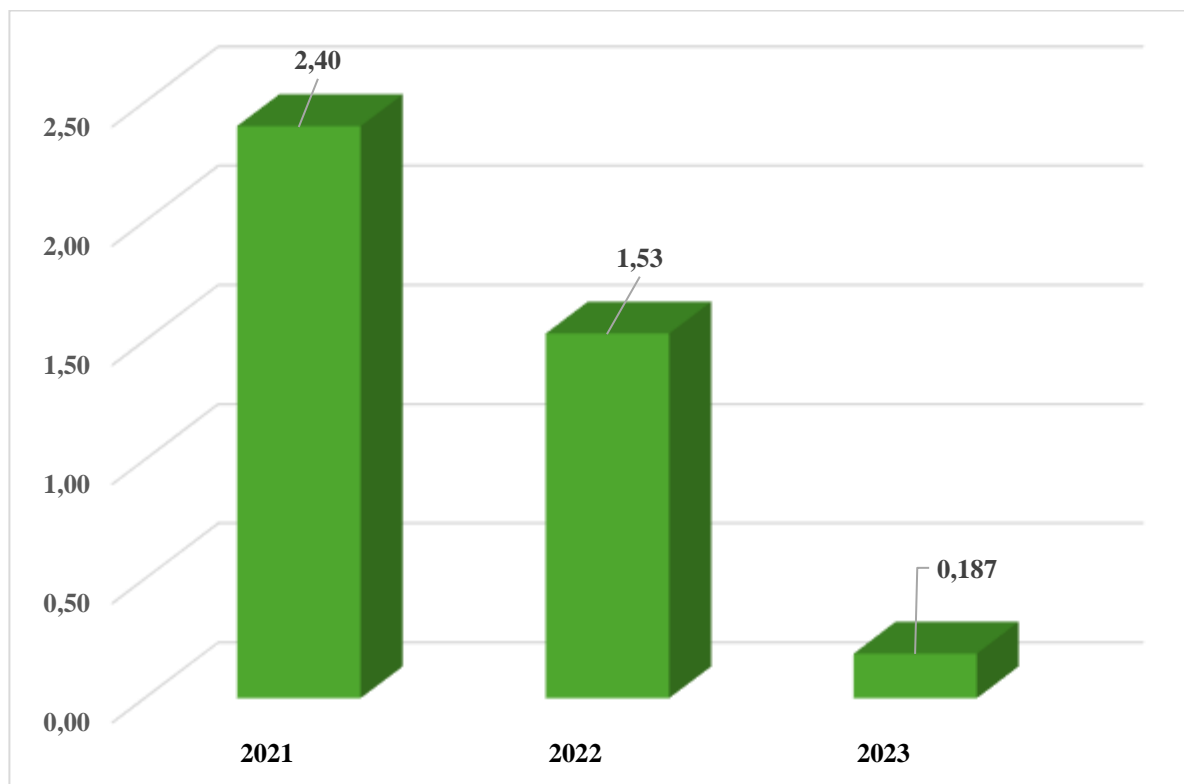


Рисунок 1.4 – Вартість імпорту деревини за роками, млн. дол [Розроблено автором]

Розглянемо країни, до яких було експортовано деревину у 2023 році.

У 2023 році основними країнами-імпортерами української деревини стали:

- Румунія – імпортувала приблизно 442,98 тисяч тонн (що становить 36,9% від загального експорту деревини) на суму понад 45,58 мільйона доларів (або 24,4% від загальної вартості експорту) [7];
- Польща – обсяг експорту склав приблизно 229,09 тисяч тонн (це 19,1% від загального експорту деревини) на суму близько 39,74 мільйона доларів (що відповідає 21,3% загальної вартості експорту) [7];
- Німеччина – було експортовано 151,93 тисяч тонн (що дорівнює 12,6% від загального обсягу експорту) на суму близько 30,28 мільйона доларів (або 16,2% від загальної вартості).

Таким чином, на ці три країни припадає 68,6% від загального обсягу експорту деревини та 61,9% від загальної вартості експорту [8].

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

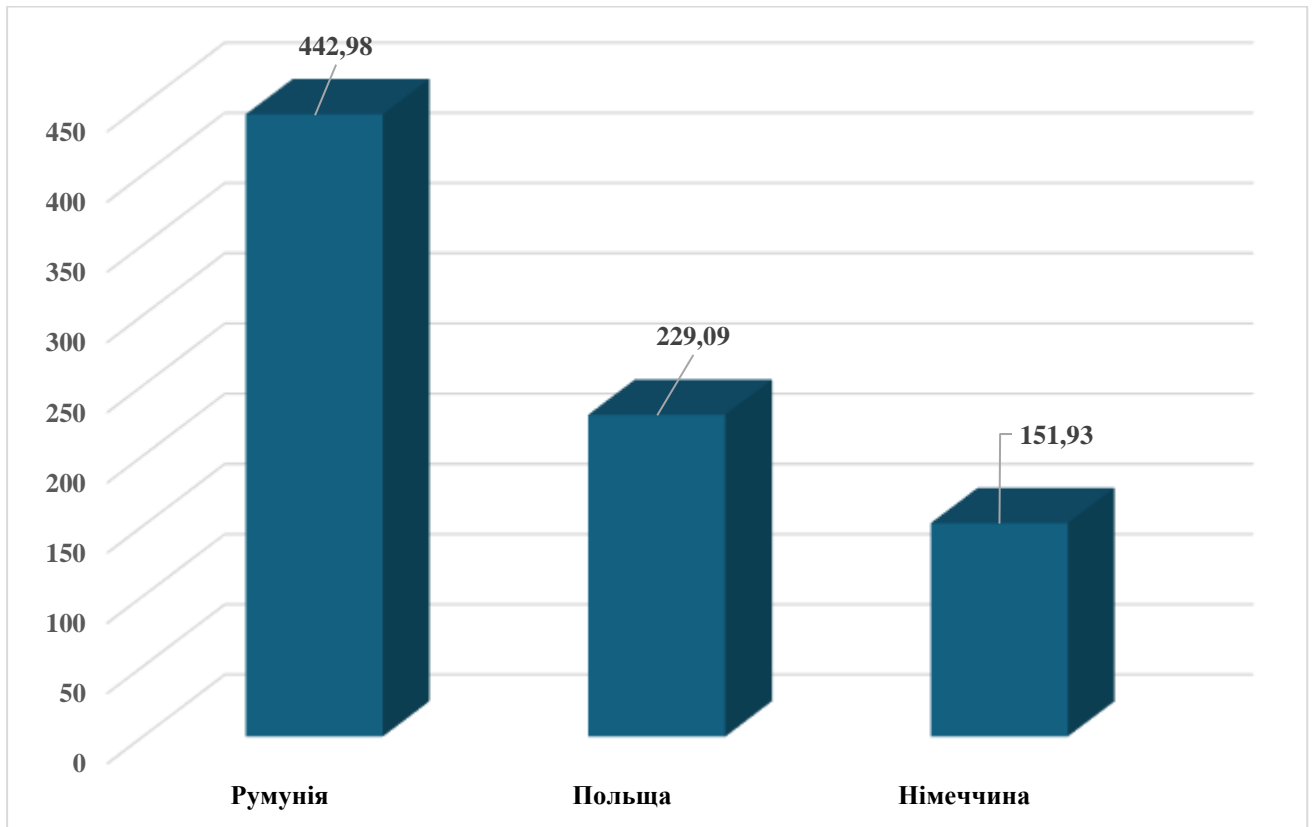


Рисунок 1.5 – Найбільший експорт деревини за країнами у 2023 році
[Розроблено автором]

У 2023 році найбільше деревини імпортовано з наступних країн:

- Польща – 137 тонн (55,9% від загального обсягу імпорту деревини) на 55 тис. дол. (29,4% від загальної вартості імпорту деревини) [7];
- Нідерланди – 59 тонн (24,1% від загального обсягу імпорту деревини) на 26 тис. дол. (13,9% від загальної вартості імпорту деревини);
- Німеччина – 37 тонн (15,1% від загального обсягу імпорту деревини) на 34 тис. дол. (18,2% від загальної вартості імпорту деревини);
- Франція – 6 тонн (2,4% від загального обсягу імпорту деревини) на 48 тис. дол. (25,7% від загальної вартості імпорту деревини). Складемо діаграму для наочності [8].

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

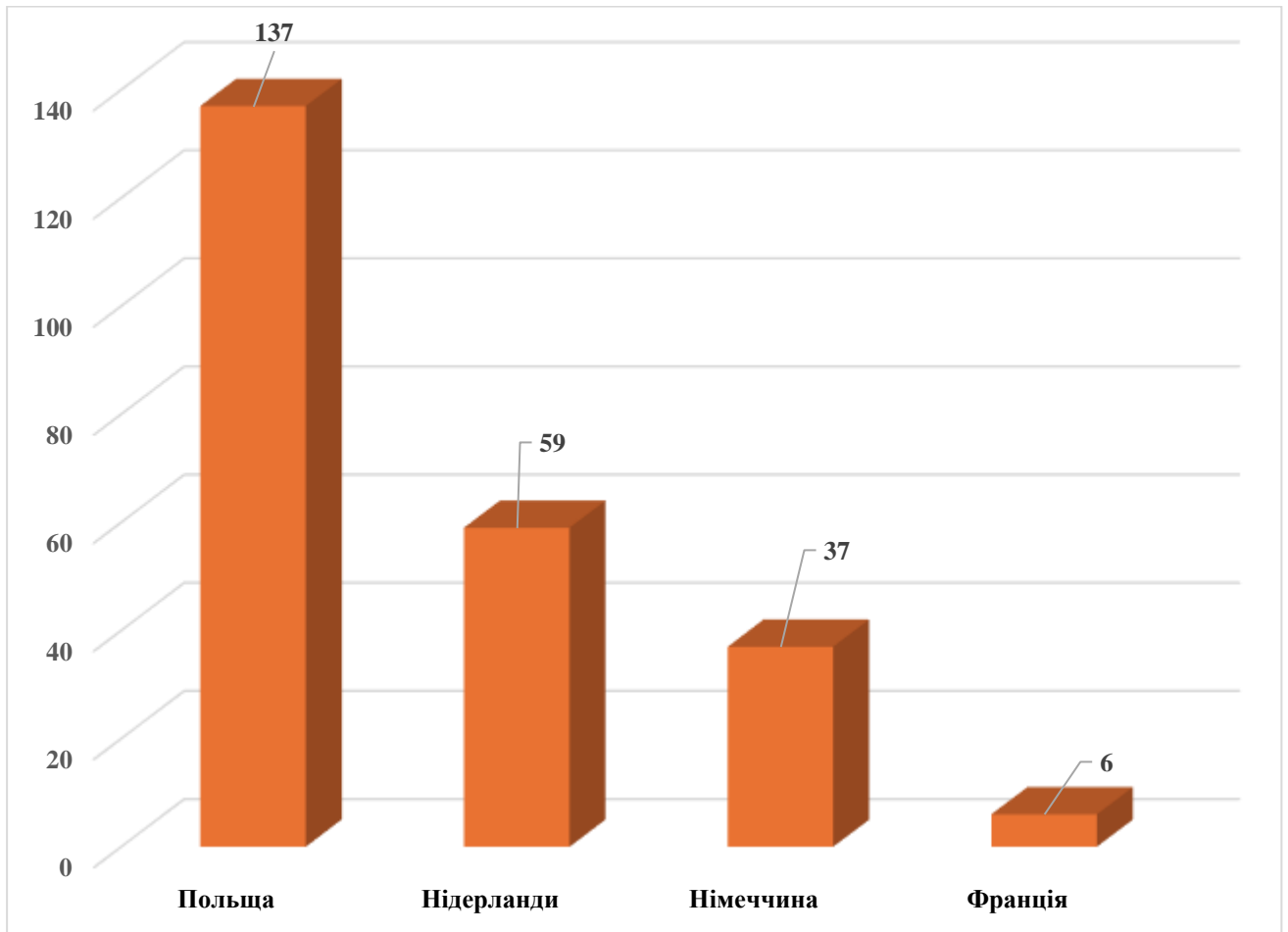


Рисунок 1.6 – Найбільший імпорт деревини за країнами у 2023 році [Розроблено автором]

Разом на зазначені країни припадає 97,5% загального обсягу імпорту деревини та 87,2% загальної вартості імпорту деревини.

За результати розрахунків, середня ціна експортованої деревини за 9 місяців 2023 року становила \$157,57 за тону, у 2022 році – \$185,66, у 2021 році – \$101,91, у 2020 році – \$94,42, у 2019 році – \$97,68.

Також повідомлялося, що у 2023 році в межах України реалізовано лісової продукції близько 14,25 млн куб. м [7].

Надалі проаналізуємо динаміку зовнішньої торгівлі України за січень-лютий 2024 року порівняно з аналогічним періодом 2021 року. За перші два місяці 2024 року експорт українських товарів склав 6,7 млрд доларів, тоді як обсяг імпорту досяг 9,8 млрд доларів. У деяких галузях, зокрема хімічній промисловості та виробництві машин і обладнання, імпорт перевищує експорт у

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

10 разів і більше. Загалом, у 2024 році помітне зростання імпорту у таких секторах, як обладнання та машини, продукція хімічної промисловості, промислові вироби, деревина та продукти харчування, порівняно з тим же періодом 2021 року [9].

Водночас експорт демонструє спад у більшості категорій, за винятком продовольчих товарів, обсяг експорту яких збільшився на 34% (або на 1,1 млрд доларів). Торговельний дефіцит, що у січні-лютому 2021 року складав 0,9 млрд доларів, у 2024 році зріс до 3,1 млрд доларів. Однак скорочення імпорту не є виходом, оскільки він часто забезпечує виробництво товарів, необхідних для внутрішнього ринку, включно з продукцією для Збройних сил України [9].

Для покращення ситуації важливо створити сприятливі умови для інвесторів через реалізацію судових реформ та інших ініціатив. Це допоможе розвивати вітчизняний бізнес, зокрема підприємства, орієнтовані на експорт.

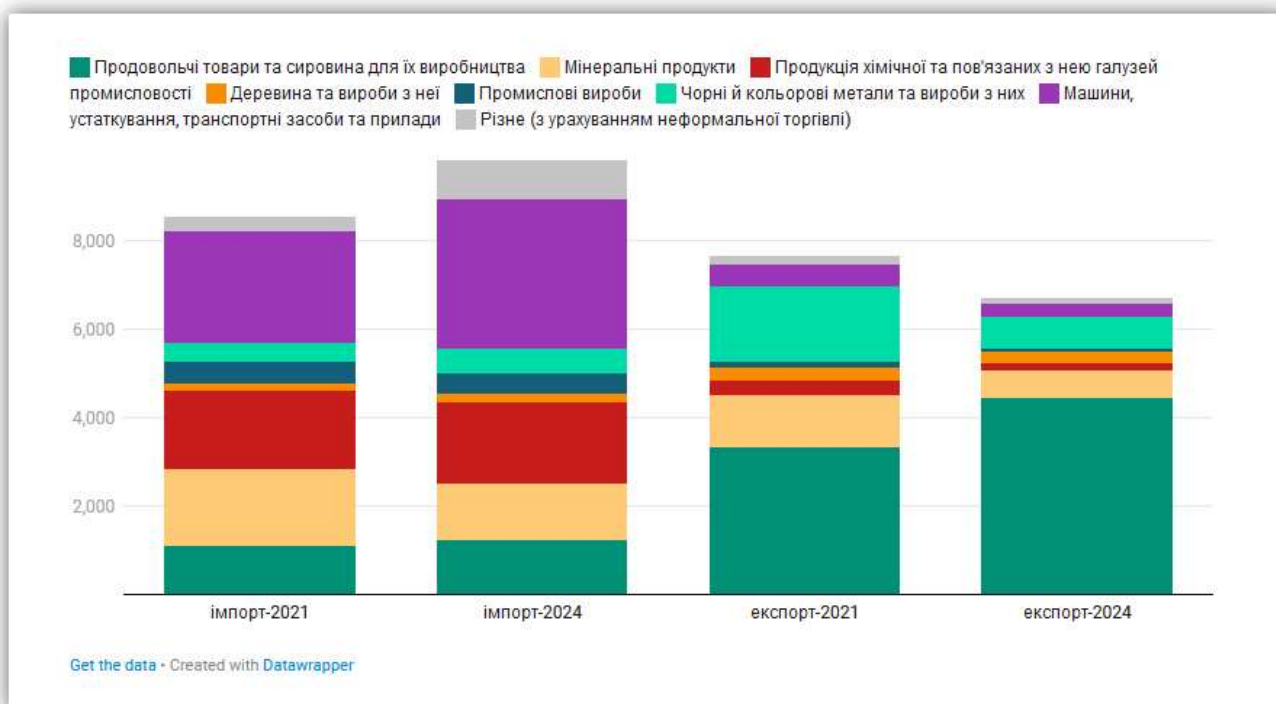


Рисунок 1.7 – Порівняння товарної структури імпорту та експорту за перші два місяці 2021 та 2024 років [9]

Згідно з наявною інформацією, перевезення деревини в Україні в 2023 році здійснювалися переважно підприємствами лісового господарства, підпорядкованими Державному агентству лісових ресурсів України. Ліси в Україні переважно знаходяться у державній власності, і саме державні лісгосподарські підприємства є ключовими гравцями в транспортуванні деревини. У сферу їхньої відповідальності входять не тільки заготівля, але й перевезення деревини до промислових об'єктів або на експорт [1].

У 2023 році значний вплив на лісове господарство мали бойові дії, які призвели до пошкодження близько 2,9 млн га лісів, частина з яких знаходиться під окупацією або на територіях активних бойових дій. Через це перевезення деревини з постраждалих регіонів є обмеженим, але точні дані щодо обсягів перевезень поки що недоступні [10].

Офіційна статистика свідчить, що велика частина лісових ресурсів України залишається у користуванні лісових господарств, що перебувають під контролем державних підприємств. Додатково, транспортні компанії можуть надавати допомогу в перевезенні деревини, особливо в межах міжнародної торгівлі або для підтримки місцевих ринків деревини [1].

Так як транспортна складова відіграє важливу роль при формуванні цін на товари. Розглянемо поточні аналітичні відомості. Українська енергетична біржа публікує індекси середньозважених цін на необроблену деревину, тим забезпечуючи внутрішній ринок надійним ціновим індикативом. Індекси цін на необроблену деревину розраховується на найпопулярніші породи круглих лісоматеріалів помісячно та потижнево, виходячи з середньозваженої ціни відповідної до сортименту, породи та класу якості необробленої деревини. На деревину дров'яну індекси цін розраховуються за типом призначення та за групами порід товару [10].

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 1.1 – Тижневий індекс середньозважених цін на деревину дров'яну

Період	ПВ	НП 1 група	НП 2 група	НП 3 група
30.10-03.11	1 165,95	1 138,20	1 175,20	1 320,00
06.11-10.11	1 088,74	1 342,00	762,62	1 320,00
13.11-17.11	1 300,11	1 404,18	1 128,00	1 320,00
20.11-24.11	1 318,85	1 339,33	705,00	426
27.11-01.12	1 353,20	1 410,49	758,93	426

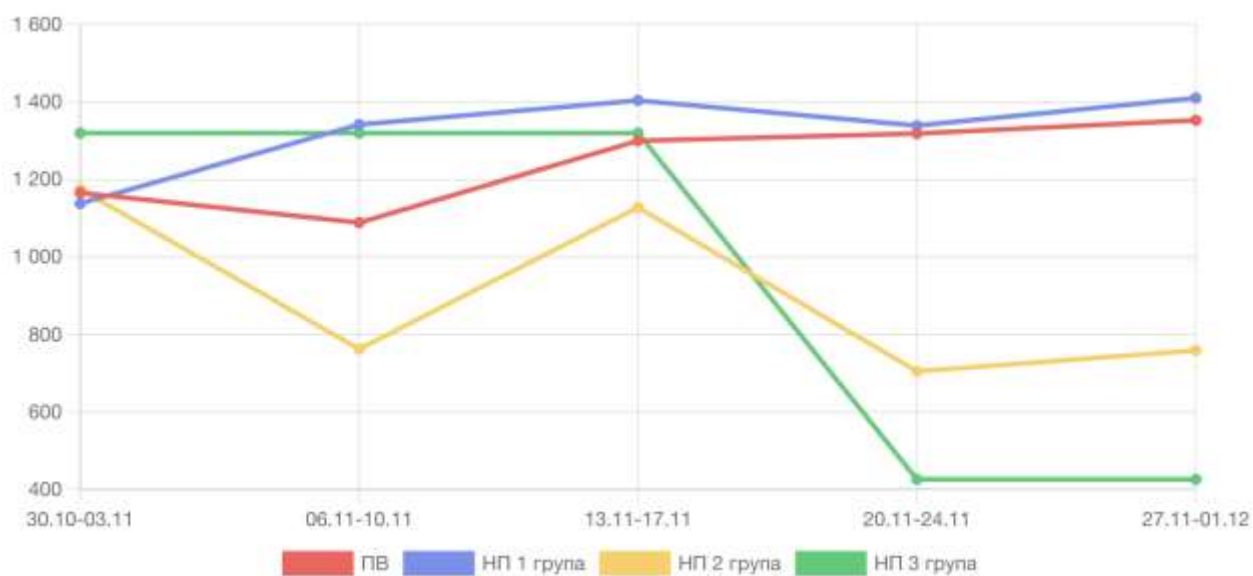


Рисунок 1.8 – Тижневий індекс середньозважених цін на деревину дров'яну [10]

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 1.2 – Тижневий індекс середньозважених цін на круглі лісоматеріали

Період	Береза повисла	Бук лісовий	Вільха чорна	Дуб звичайний	Сосна звичайна	Ялина європейська	Ялиця біла	Ясен звичайний
30.10-03.11	3273,14	3284,46	2989,85	18224,52	2734,91	2766,28	2778,009	6 204,81
06.11-10.11	3185,29	3533,52	3367,32	19005,15	2609,30	3126,75	2 567,05	5 696,32
13.11-17.11	3474,45	3085,30	3083,81	25066,99	2575,78	2807,35	2759,171	5 642,63
20.11-24.11	3736,08	3127,86	2999,56	28742,70	2747,92	2815,88	2662,905	5 335,53
27.11-01.12	3696,16	3878,53	2614,59	15082,40	2708,64	2958,21	2691,792	6 666,11

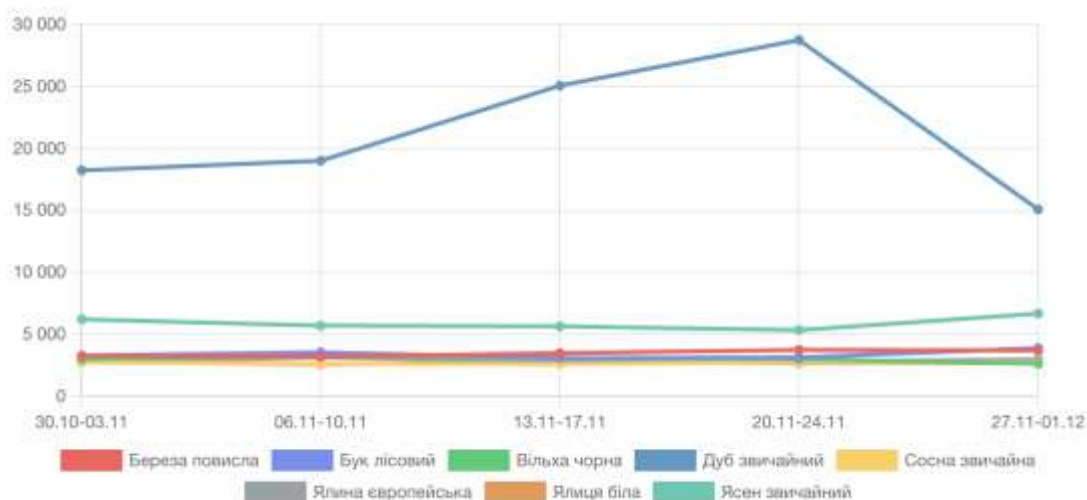


Рисунок 1.9 – Тижневий індекс середньозважених цін на круглі лісоматеріали [10]

Виконав		Крутякова В.Р.		КРМ 275 16 ПЗ				Арк.
Перевірів		Леснікова І.Ю.						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Отже, на графіку відображено обсяги заготівлі деревини за період з 30.10 по 01.12 для різних порід дерев. Найбільші обсяги заготівлі припадають на бук лісовий: його обсяги помітно зросли до 25 000 м³ в період 20.11–24.11, але пізніше зменшилися. Інші породи дерев, як-от осика, береза, та дуб, залишаються відносно стабільними протягом усього періоду, хоча їхні обсяги значно менші, ніж у бука. Це свідчить про значний попит або активність щодо бука, в той час як заготівля інших порід є менш активною.

1.2 Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень

Аналіз наукових праць, присвячених удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень, виявляє кілька ключових напрямів досліджень. Значна увага приділяється оптимізації маршрутів і мінімізації витрат на перевезення, використанню інноваційних технологій (GPS, IoT, штучний інтелект) для управління транспортними потоками, а також покращенню координації між різними видами транспорту в рамках мультимодальних перевезень. Окремі роботи акцентують на екологічній стійкості та зниженні викидів CO₂. Крім того, важливими аспектами є питання безпеки, цифровізації логістичних процесів і підвищення ефективності управління ланцюгами постачання.

Транспортно-логістичні системи (ТЛС) є основою для ефективного переміщення вантажів на національному та міжнародному рівнях. Удосконалення цих систем є важливим завданням для підвищення ефективності економічної діяльності, зниження витрат і підвищення конкурентоспроможності. Сучасні виклики, такі як глобалізація ринків, необхідність швидкої доставки та впровадження екологічно чистих технологій, вимагають нових підходів до організації транспортних процесів.

1. Основні напрямки удосконалення ТЛС. Одним із ключових напрямів удосконалення транспортно-логістичних систем є оптимізація маршрутів перевезень. Це передбачає використання математичних моделей для визначення

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

найбільш економічно вигідних і швидких шляхів доставки товарів. Зокрема, активно впроваджуються системи управління транспортом на основі GPS та інших технологій відстеження, що дозволяють оперативно реагувати на зміни в трафіку або інші непередбачувані обставини.

Також важливою є інтеграція різних видів транспорту (залізничного, автомобільного, морського та авіаційного) в єдину логістичну систему. Такий підхід, відомий як мультимодальні перевезення, дозволяє скоротити час на обробку вантажів і знизити витрати на транспортування.

2. Інноваційні технології у ТЛС. Інновації відіграють вирішальну роль у модернізації логістики. Впровадження Інтернету речей, штучного інтелекту та блокчейну дозволяє значно підвищити ефективність управління ланцюгами постачання. Завдяки цьому та великим даним можливо автоматизувати багато процесів, таких як планування маршрутів, прогнозування попиту або управління складськими запасами.

IoT-технології дозволяють здійснювати постійний моніторинг транспорту і вантажів у реальному часі, що підвищує прозорість процесів і дозволяє оперативно вирішувати проблеми. Використання блокчейну допомагає забезпечити безпеку даних і знизити ризик втрат або шахрайства при перевезеннях.

3. Екологічні аспекти транспортної логістики
Удосконалення транспортно-логістичних систем також пов'язане із завданням зниження екологічного впливу на довкілля. Зокрема, багато досліджень зосереджено на розробці «зелених» логістичних стратегій, які включають використання енергоефективних транспортних засобів, впровадження електромобілів у транспортний флот та оптимізацію маршрутів для зниження викидів CO₂.

Також перспективними є системи управління вантажопотоками, що дозволяють зменшити кількість порожніх пробігів транспортних засобів. Це сприяє економії палива та підвищенню загальної ефективності перевезень.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

4. Безпека і цифровізація. Цифровізація є важливим етапом у розвитку транспортно-логістичних систем. Використання сучасних інформаційних систем для управління логістикою дозволяє знизити ймовірність помилок і підвищити точність у плануванні та виконанні перевезень. Крім того, завдяки цифровим рішенням зростає рівень прозорості процесів, що дозволяє покращити контроль за безпекою вантажів і транспорту.

Безпека перевезень є ще одним важливим напрямом удосконалення ТЛС. Використання сучасних технологій, таких як датчики руху, автоматичне гальмування або системи моніторингу стану водіїв, дозволяє знизити кількість аварій і підвищити рівень безпеки на дорогах.

5. Проблеми та перспективи розвитку ТЛС. Незважаючи на швидкий розвиток технологій, транспортно-логістичні системи стикаються з низкою проблем. Це, зокрема, недостатня інфраструктура в деяких регіонах, високі витрати на впровадження інноваційних рішень та опір змінам з боку учасників ринку.

Проте перспективи розвитку транспортно-логістичних систем є дуже обнадійливими. Впровадження «розумних» логістичних систем, використання дронів та роботизованих складських систем, а також розвиток технологій автономного транспорту обіцяють суттєве підвищення ефективності перевезень та зниження витрат у майбутньому.

Надалі розглянемо українських та зарубіжних вчених, які досліджували обраний напрямок дослідження. В Україні дослідження в галузі організації вантажних перевезень деревини проводяться різними науковцями та установами. Ось декілька наукових праць та авторів, які зробили внесок у цю сферу:

1. О.М. Горяїнов – автор конспекту лекцій «Вантажні перевезення», який охоплює основні матеріали з організації, планування та управління вантажними перевезеннями, включаючи транспортні характеристики вантажів та методи організації руху транспортних засобів [11].

2. Ю. Муравйов та Г. Муравйова – у своїх роботах аналізували кількісні та якісні показники експорту деревини з України, порівнювали обсяги

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

експорту між регіонами та досліджували проблематику товарознавчих досліджень лісо- та пиломатеріалів [12].

3. Науковці УкрНДІЛГА та УкрНДІГірліс – зосереджуються на пріоритетних напрямках, таких як розвиток і вдосконалення управління лісами, лісовідновлення й лісорозведення, що безпосередньо впливає на організацію перевезень деревини.

4. Учасники Міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт та логістика: сучасні виклики та перспективи розвитку» – у збірнику тез доповідей представлені результати наукових досліджень з питань організації перевезень та управління логістичними системами, що можуть включати аспекти перевезення деревини [14].

Ці праці та дослідження сприяють розвитку ефективних методів організації вантажних перевезень деревини в Україні, враховуючи сучасні виклики та тенденції в логістиці та транспорті.

Зарубіжні вчені, що досліджували удосконалення транспортно-логістичних систем:

Мартін Крістофер (Велика Британія) – один із найвідоміших світових фахівців з управління ланцюгами постачання та логістикою. Його роботи охоплюють теми гнучкості, стійкості та ефективності логістичних систем. Він досліджує вплив глобалізації на логістичні процеси [15]. Його праці:

- «Logistics & Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service» (2016) [15]
- «The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets» (2017) [15]

Дональд Бауерсокс (США) – експерт з логістики та управління ланцюгами постачання. Автор багатьох наукових праць і книг, присвячених стратегіям оптимізації ланцюгів постачання та транспортно-логістичних систем. Він також вивчає впровадження інновацій та технологій у логістику. Важливі публікації:

- «Supply Chain Logistics Management» (2013) [16]

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

- «Leading Edge Logistics: Competitive Positioning for the 1990s» (1991) [16].

Жан-Франсуа Дагет (Франція) – фахівець з транспортної інфраструктури та логістики. Його дослідження зосереджені на мультимодальних перевезеннях та інтеграції різних видів транспорту. Вивчає нові підходи до зниження витрат і екологічних наслідків логістичних процесів [17].

- «Multimodal Transport Systems and Sustainable Logistics» (2019)
- «Innovations in European Logistics: Challenges and Prospects» (2020) [17]

Міхаель Браун (Німеччина) – експерт у галузі транспортної логістики, який займається питаннями цифровізації та автоматизації логістичних процесів. Його дослідження охоплюють розвиток інноваційних рішень для інтелектуального управління логістичними мережами.

- «Digitalization of Logistics: How Smart Systems Transform Supply Chains» (2019) [17].
- «Intelligent Transportation Systems and Their Role in Modern Logistics» (2021) [17].

Ці вчені зробили значний внесок у дослідження та розвиток сучасних транспортно-логістичних систем, досліджуючи різні аспекти ефективного управління, інтеграції технологій і стійких практик у галузі перевезень.

Отже, удосконалення транспортно-логістичних систем вантажних перевезень є важливим завданням для сучасної економіки. Використання інноваційних технологій, інтеграція різних видів транспорту, оптимізація маршрутів та підвищення рівня безпеки сприяють покращенню ефективності логістичних процесів. Особливу увагу слід приділяти екологічним аспектам, а також цифровізації і впровадженню нових технологічних рішень, що зроблять транспортно-логістичні системи більш стійкими та ефективними в умовах глобалізації.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

2 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧОЇ ЗАДАЧІ

2.1 Постановка завдання

У даній кваліфікаційній роботі магістра розглядається завдання з пошуку максимального обсягу переробки деревини фабрикою за місяць з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

- 4.1 Проаналізувати статистичні дані щодо попиту на матеріали з деревини.
- 4.2 Проаналізувати наукові праці, присвячені удосконаленню транспортно-логістичних систем вантажних перевезень.
- 4.3 Побудувати математичну та фізичну моделі транспортної задачі.
- 4.4 Скласти кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми
- 4.5 Розробити оптимізацію маршрутів за методом потенціалів.
- 4.6 Проаналізувати отримані результати та написати висновки.

2.2 Загальний опис виробничої ситуації

Shyk Halychyna – це одна з найбільших меблевих фабрик в Україні, заснована у 1996 році в Івано-Франківській області [18].



Рисунок 2.1 – Емблема меблевої фабрики Shyk Halychyna [19]

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Підприємство спеціалізується на виробництві м'яких меблів, використовуючи сучасне обладнання та інноваційні технології. Виробничі потужності фабрики дозволяють виготовляти до 100 тисяч одиниць меблів на рік (рис 2.1). Shyk Halychyna здійснює повний цикл виробництва – від обробки деревини до створення готової продукції. Продукція фабрики експортується в понад 20 країн, включаючи країни ЄС, і відзначається високою якістю та екологічними стандартами [18].



Рисунок 2.2 – Виробничі потужності Shyk Halychyna [18]

Опишемо виробничу задачу. Меблева фабрика може виробляти двоє типів гарнітурів, на які треба x_1 та x_2 тон деревини. Прибуток від цих гарнітурів задано у вигляді нелінійної квадратичної функції та лінійних обмежень на технологію виробництва.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

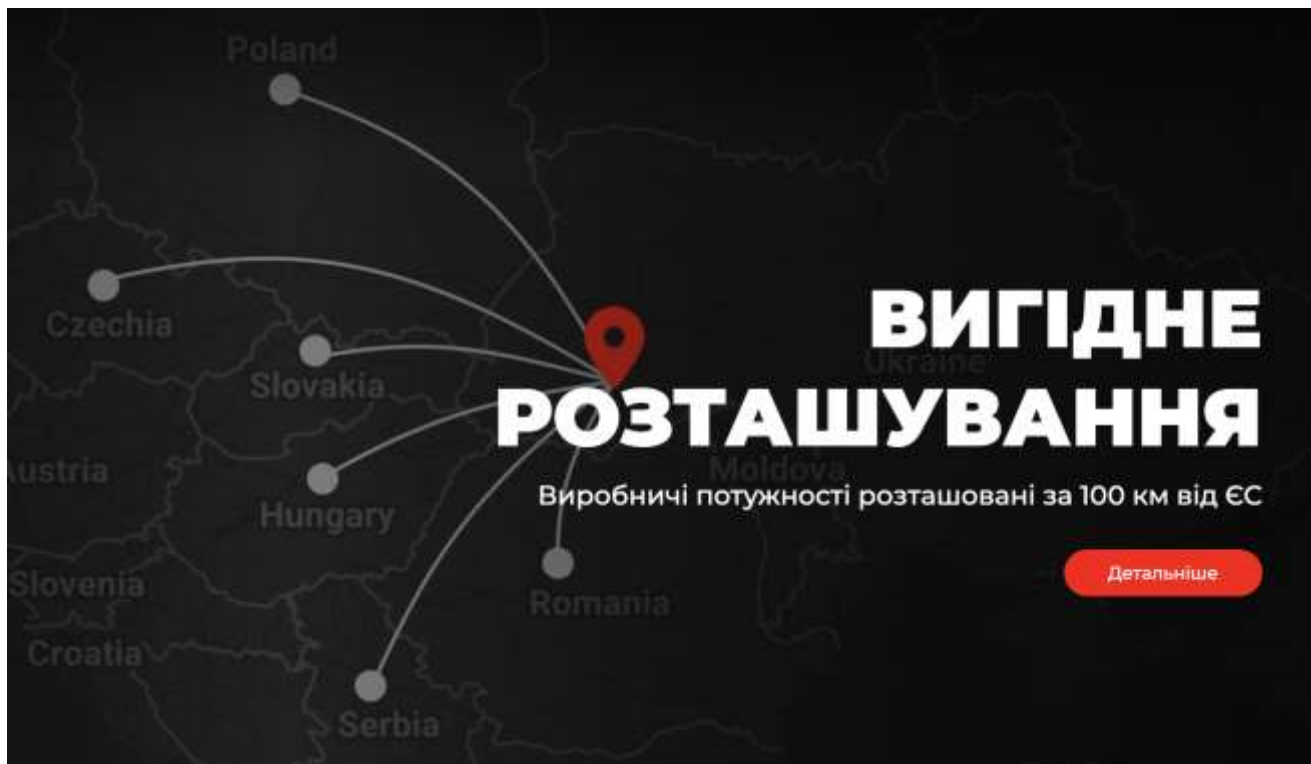


Рисунок 2.3 – Географічне розташування Shyk Halychyna [18]

Необхідно знайти максимальний обсяг переробки деревини в фабрикою за місяць (можливості переборки за місяць дорівнюють B) з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею $S = \{S_{ij}\}$ та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону. Причому кожна k -а контора спроможна накопичувати деревину тільки на одному k -му складі регіону.

Витрати на постачання 1 т деревини від контор до складів задані у вигляді матриці C_m , а вартість перевезення 1т деревини транспортною мережею – матрицею C . У початкових даних для виробничої ситуації можливі додаткові умови, які треба використовувати при визначенні оптимального розв'язку.

Загальна виробничо-транспортна схема промислової ситуації показана на рис. 2.4.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

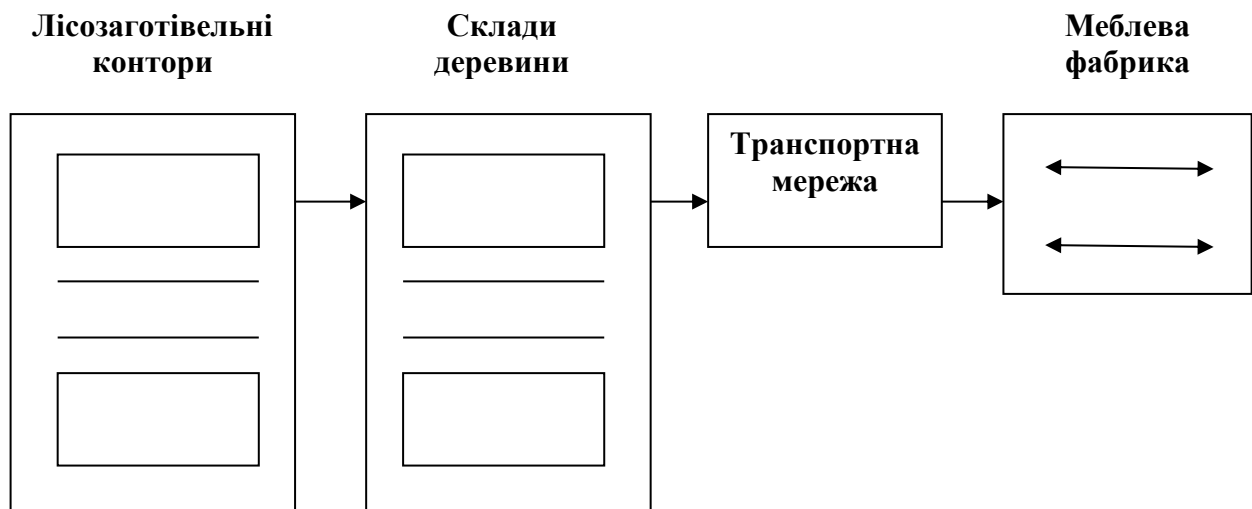


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення постановки завдання виробничої задачі [Розроблено автором]

Умовні позначення:

k – індекс лісозаготівельних контор та складів;

K – кількість лісозаготівельних контор та складів;

$S = \{S_{ij}\}$ - транспортна мережа та її спроможності;

$x = \{x_{ij}\}$ - транспортна мережа постачання;

$V_{max} = b$ - максимальний обсяг постачання деревини;

b_k - обсяги постачання деревини k -м складом;

C_m – матриця витрат на постачання деревини від лісозаготівельних контор до складів;

$\{(pl)\}$ – оптимальні зв'язки між p -ю заготівельною конторою та l -м складом;

C – вартість перевезення 1 т деревини транспортною мережею;

B – можливі обсяги виробництва меблевої фабрики;

$F_H = f\{x_s\}$ – цільова функція виробництва меблів;

$q_r(x_s)(*)b_r$ – обмеження на виробництво меблів.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

2.3 Загальна схема розв'язування

Для розв'язування даної виробничої ситуації використовуються такі задачі оптимізації:

- Задача про максимальний потік;
- Задача про призначення;
- Задача нелінійного програмування (модель у вигляді квадратичної цільової функції та лінійних залежностей).

Схема взаємозв'язку розв'язування задач виробничої ситуації зображена на рис. 2.5. (один з варіантів розв'язування).

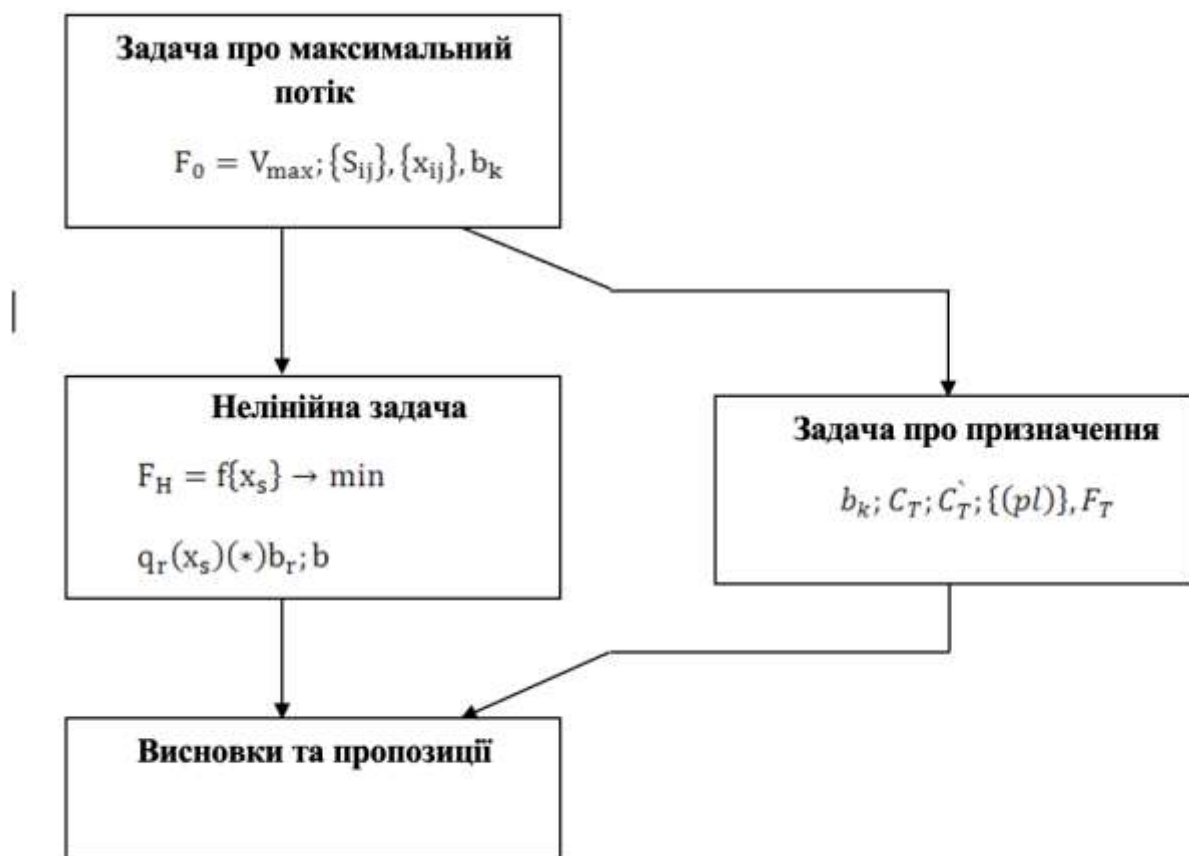


Рисунок 2.5 – Схема взаємозв'язку розв'язування задач виробничої ситуації [Розроблено автором]

Опишемо висновки та пропозиції. Можливі інші варіанти знаходження оптимального розв'язку виробничої ситуації, наприклад, спочатку розв'язується нелінійна задача і визначається потреба меблевої фабрики в деревини b , потім

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

розв'язується задача про максимальний потік та узгоджуються величини b_i і V_{max} ; останньою розв'язується задача про призначення.

Далі розглянемо перший варіант розв'язування виробничої ситуації.

Наявність множини різних розв'язків виробничої ситуації за допомогою взаємозв'язаних задач оптимізації потребує багаторазового пошуку, тому у процесі розв'язування доцільно використовувати ЕОМ. Це дає змогу розглянути більше варіантів розв'язків і вибрати якісний розв'язок виробничої станції.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

3 РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ВИРОБНИЧОЇ СИТУАЦІЇ

3.1 Опис етапів розв'язування виробничої задачі

Опишемо перший етап. Згідно із заданою топологією мережі з її спроможностями $S = \{S_{ij}\}$ складається транспортна мережа з однією початковою точкою, тому що у заданій мережі початкових точок задано стільки, скільки складів деревини K . Для цього вводиться одна фіктивна початкова точка S_0 , а спроможності S_{ij} від точки S_0 до кожного k -го складу дорівнюють [19]

$$S_{ok} = \sum_j S_{kl} \quad (k = \overline{1, K}) \quad (3.1)$$

де S_{kl} – спроможності дуг, які виходять з k -го складу.

Для збудованої мережі розв'язується задача про максимальний потік і знаходяться величини V_{max} і спроможності x_{ij} . Потім для кожного k -го складу визначаються обсяги його постачання [19]:

$$b_k = S_{ok} \quad (3.2)$$

Таким чином, на цьому етапі знаходиться величина постачання від кожного k -го складу до меблевої фабрики, а V_{max} дорівнює максимальному виробництву гарнітурів фабрики.

Витрати на перевезення деревини транспортною мережею дорівнюють:

$$F_0 = C \cdot V_{max} \quad (3.3)$$

Опишемо другий етап. Згідно із заданою матрицею C_T розв'язується задача про призначення і знаходяться прив'язки кожного k -го складу до кожної k -ї заготівельної контори у вигляді пар $\{(pl)\}$.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>KPM 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Потім згідно із обсягами b_k та прив'язками (pl) знаходяться витрати на постачання деревини від лісозаготівельних контор до складів [19]:

$$F_T = \sum_k \sum_p C_{pk} \cdot b_k \quad (3.4)$$

Опишемо третій етап. Розв'язується нелінійна задача градієнтним методом. У конкретних розрахунках треба привести значення контрольних точок та аналіз околу точки оптимуму, якщо аналіз потрібний.

$$\begin{array}{ll} M_1(x_1, x_2), & F_1, a_1 \\ M_2(x_1, x_2), & F_2, a_1, S_1, S_2 \\ M_3(x_1, x_2), & F_3 \end{array}$$

Знаходження F_H . Опишемо четвертий етап. Складається загальна схема постачання сировини та виробництва гарнітурів згідно із знайденим розв'язком, потім визначається загальне значення цільової функції:

$$F = F_H - F_0 - F_T \quad (3.5)$$

Опишемо п'ятий етап. Висновки та пропозиції, повторне розв'язування виробничої ситуації.

3.2 Розв'язування задачі виробничої ситуації

Розглянемо вирішення задачі відповідно до початкових даних у даній кваліфікаційній роботі магістра. Початкові дані маємо наступні.

Транспортна мережа у вигляді зваженого графу $S = \{S_{ij}\}$ (рис.3.1.).

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>KPM 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

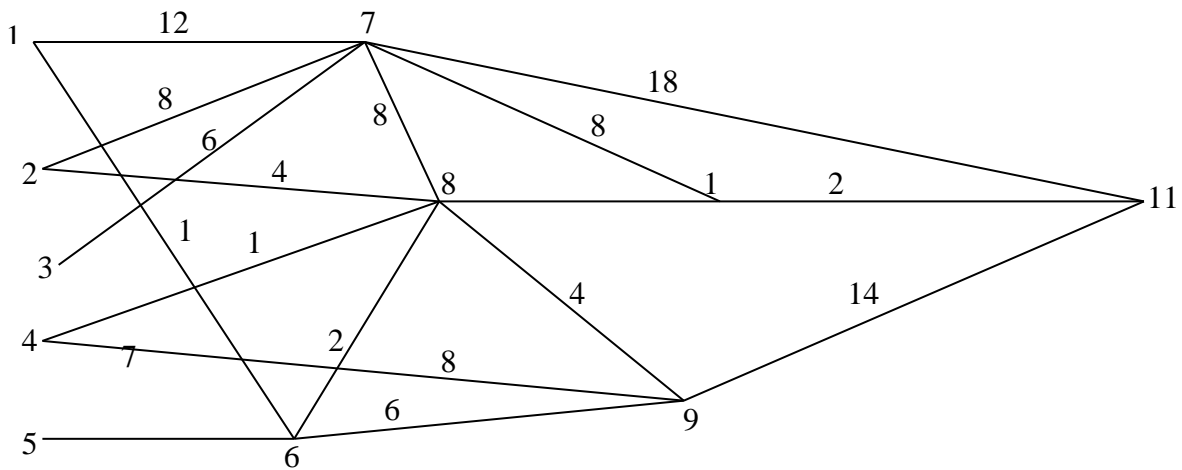


Рисунок 3.1 – Транспортна мережа у вигляді зваженого граф [Розроблено автором]

Вартість перевезення 1 т сировини $C=2$ тис. грн.

Матриця витрат на постачання 1 т деревини від контор до складів, грн.:

$$C_T = 100 \begin{vmatrix} 32 & 40 & 41 & 37 & 45 \\ 38 & 36 & 36 & 37 & 40 \\ 35 & 39 & 42 & 35 & 38 \\ 34 & 42 & 34 & 40 & 33 \\ 39 & 40 & 41 & 32 & 38 \end{vmatrix}$$

Рисунок 3.2 – Матриця витрат на постачання 1 т деревини

Математична модель виробництва меблевої фабрики:

$$F_H = \frac{1}{10} (2x_1^2 + x_1x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max, \quad (3.6)$$

$$x_1 + x_2 \leq b,$$

$$0 \leq x_1 \leq 30,$$

$$B = 60.$$

Додаткові умови. У випадку потреби для кожної дуги (7,8) та (9,11) транспортної мережі можна збільшити величину S_{ij} на 4 т, але додаток буде мати вартість перевезення за 1 т – 4000 грн.

Розглянемо розв'язування даної задачі. До заданої транспортної мережі $S=\{S_i\}$ вводимо початкову вершину S_0 і знаходимо спроможності S_{ij} від точки S_0 кожного із п'яти складів (рис. 3.3).

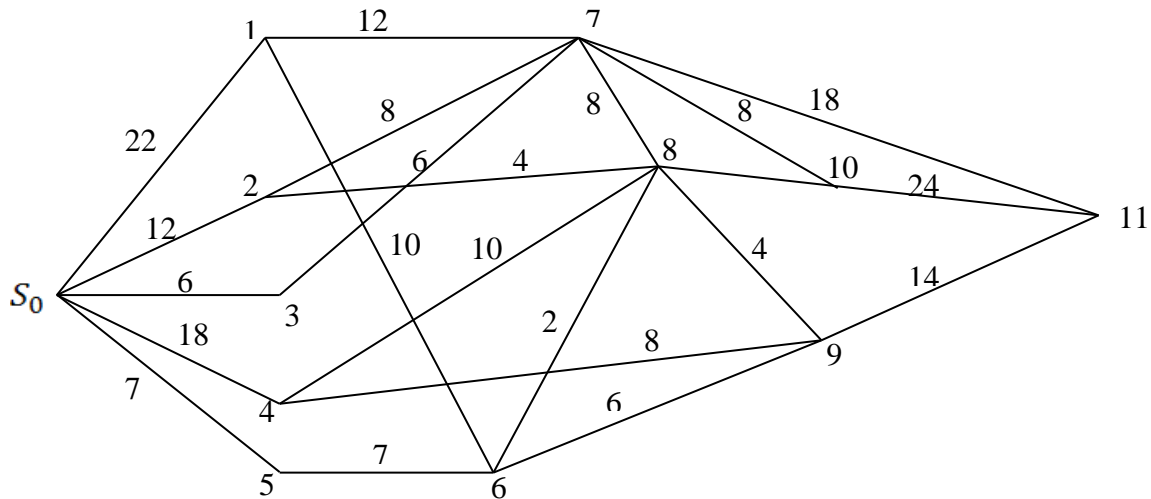


Рисунок 3.3 – Розглянемо розв'язування даної задачі [Розроблено автором]

$$S_{01} = S_{17} + S_{16} = 12 + 10 = 22$$

$$S_{02} = S_{27} + S_{28} = 8 + 4 = 12$$

$$S_{03} = S_{37} = 6$$

$$S_{04} = S_{49} + S_{48} = 8 + 10 = 18$$

$$S_{05} = S_{56} = 7$$

Така транспортна мережа має одну початкову і одну кінцеву точку, тому для неї слід використовувати відомий метод Форда-Фалкерсона для знаходження максимального потоку згідно із заданими пропускними спроможностями.

У процесі розв'язування задач оптимізації ситуації наводяться тільки кінцеві таблиці розв'язку, за якими знаходиться оптимальний варіант. Потім на основі розв'язування попередньої задачі формуються початкові дані наступної

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

задачі оптимізації відповідно до послідовної схеми розв'язування усієї виробничої ситуації.

Розв'язується задача про максимальний потік, потім за кінцевою матрицею потоків X

Таблиця 3.1 – Задача про максимальний потік, потім за кінцевою матрицею потоків X

	S_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S_0	x	14	8	6	18	6						
1		x					2	12				
2			x					8				
3				x				6				
4					x				10	8		
5						x	6					
6							x		2	6		
7								x	6		2	18
8									x		18	
9										x		14
10											x	20
11												x

знаходиться $V_{max} = 14 + 8 + 6 + 18 + 6 = 52$ т та будується транспортна мережа з розрахованими пропускними спроможностями x_{ij} (рис.13.18.).

Таким чином, дуги (2,8),(8,9) – зайві, дуги (1,6),(5,6),(7,8),(7,10) та (10,11) завантажені не повністю (у дужках – задані спроможності S_{ij}).

Обсяги постачання деревини для кожного складу:

$$b_1 = S_{01} = 14$$

$$b_2 = S_{02} = 8$$

$$b_3 = S_{03} = 6$$

$$b_4 = S_{04} = 18$$

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

$$b_5 = S_{05} = 6$$

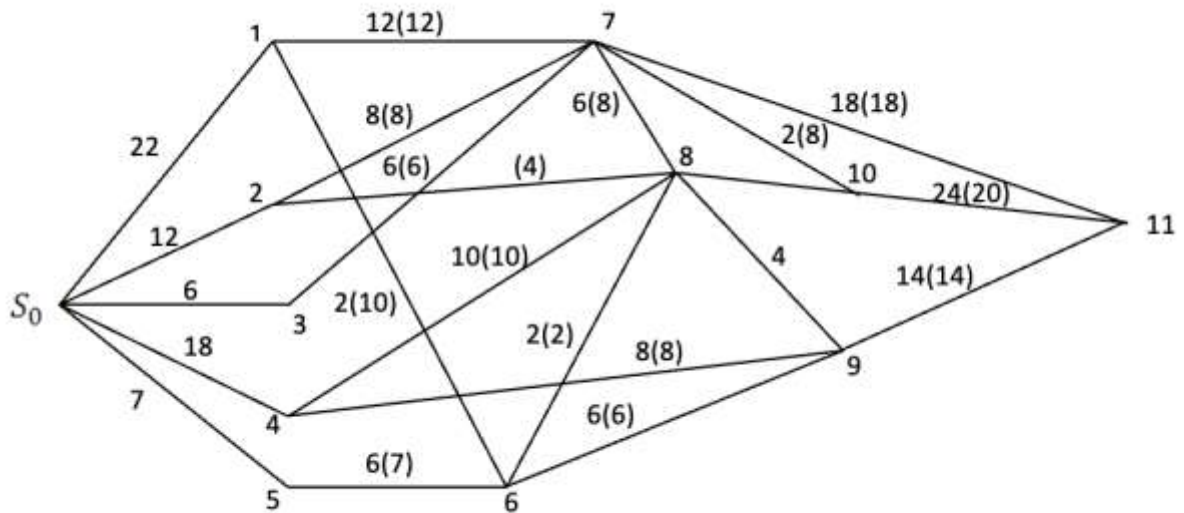


Рисунок 3.4 – Обсяги постачання деревини для кожного складу
[Розроблено автором]

Витрати на перевезення $V_{max} = b = 52$ т деревини:

$$F_0 = 2000 \cdot 52 = 104000 \text{ крб.} = 104 \text{ тис. грн.}$$

Згідно із заданою матрицею C_m розв'язується задача про призначення і знаходяться оптимальні пари (контора - склад) є (pl) . За результатами розрахунків і кінцевої таблиці

0	4	5	5	12
6	0	0	5	7
0	0	3	0	2
4	8	0	10	0
7	4	5	0	3

Рисунок 3.5 – Задача про призначення і знаходження оптимальних пар
[Розроблено автором]

Тобто, оптимальні пари будуть такими: (11)(23)(32)(45)(54).

Витрати на постачання відповідно до знайдених пар та величин b_k :

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

$$F_m = 3200 \cdot 14 + 3600 \cdot 6 + 3900 \cdot 8 + 3300 \cdot 6 + 3200 \cdot 18 = 175000 \text{ крб.} \\ = 175 \text{ тис. грн.}$$

Схема прив'язки лісозаготівельних контор до складів наведена на рисунку 3.6.

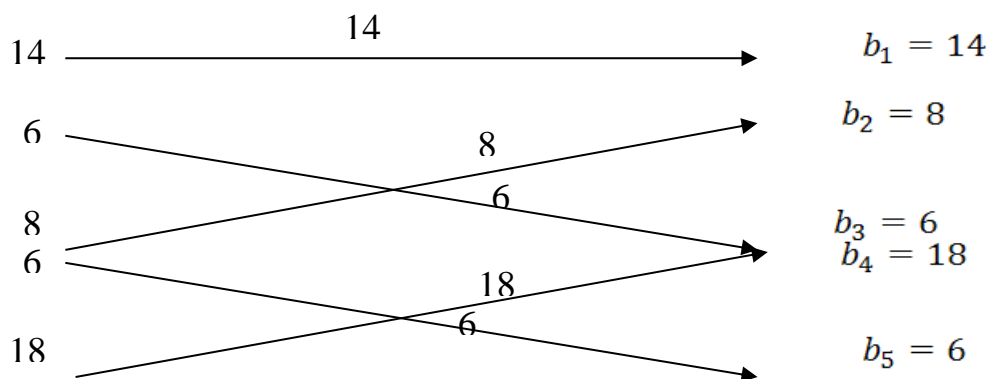


Рисунок 3.6 – Схема прив'язки лісозаготівельних контор до складів
[Розроблено автором]

Наступною дією є розв'язування нелінійної задачі градієнтним методом. Для цього уточнюється математична модель:

$$F_H = \frac{1}{10} (2x_1^2 + x_1x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max \quad (3.7)$$

$$x_1 + x_2 \leq 52$$

$$0 \leq x_1 \leq 30$$

$$0 \leq x_2 \leq 30$$

У процесі розв'язування одержані такі величини:

$$M_1(20,20) \quad F_1 = 280 \quad a_1 = 0,04285$$

$$M_2(24,28) \quad F_2 = 496 \quad a_2 = 17,7$$

У зв'язку з тим, що глобальний та локальний оптимуми збігаються для точки мінімум, то для $F \rightarrow \max$ проводиться аналіз околу точки M_3 для значень a_2 у діапазоні $[0; 17.7]$:

$$a_2 = 0 \quad x_1 = 24 \quad x_2 = 28 \quad F_3 = 496$$

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

$$a_2 = 5 \quad x_1 = 27,5 \quad x_2 = 24,5 \quad F_3 = 458,7$$

$$a_2 = 8,57 \quad x_1 = 30 \quad x_2 = 22 \quad F_3 = 342,8$$

$$a_2 = 10$$

а далі порушується умова невід'ємності $x_k \geq 0$.

Тому згідно з аналізом точка M_3 збігається з точкою M_2 і оптимальним розв'язком є

$$x_1 = 24 \quad x_2 = 28 \quad F_H = F_{max} = 496 \text{ тис.грн.}$$

За результатами розв'язування виробничої ситуації виробничо-транспортна схема має вигляд, показаний на рис. 3.7.

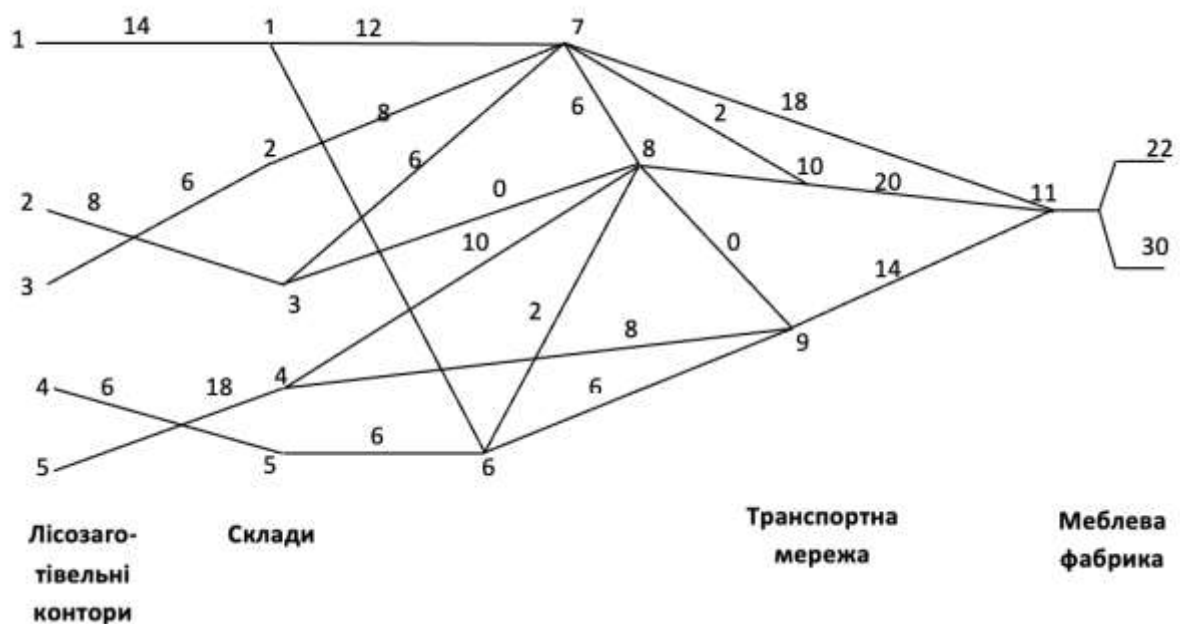


Рисунок 3.7 – Виробничо-транспортна схема [Розроблено автором]

Значення загальної цільової функції:

$$F = 496 - 104 - 175 = 217 \text{ тис. грн.}$$

Опишемо висновки та пропозиції. Згідно із додатковими умовами можна збільшити перевезення сировини на 4 т. Для цього для дуги (9,11) значення $x_{9,11} = 18$ т і додатковий вантаж буде постачатися від складу №2, використовуючи дуги

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

(2,8) та (8,9), для яких $x_{28} = x_{89} = 4$. Тобто транспортна мережа з додатковими умовами має $V_{max} = 56$ т.

Враховуючи це, розглянемо виробництво меблевої фабрики $b=60$ т. Повторно розв'яжемо нелінійну задачу та знайдемо оптимальний режим її роботи за цих умов:

$$F_H = \frac{1}{10} (2x_1^2 + x_1x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max \quad (3.9)$$

$$x_1 + x_2 \leq 60$$

$$0 \leq x_1 \leq 30$$

$$0 \leq x_2 \leq 30$$

Результати розв'язку:

$$M_1(20,20) \quad F_1 = 280 \quad a_1 = 0,055$$

$$M_2(25,30) \quad F_2 = 560 \quad a_2 = -32$$

Аналіз у діапазоні $[0, a_2]$:

$$a_2 = 0 \quad x_1 = 25 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 560$$

$$a_2 = -10 \quad x_1 = 15 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 450$$

$$a_2 = -20 \quad x_1 = 5 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 380$$

$$a_2 = -25 \quad x_1 = 0 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 360$$

тобто є тенденція до зменшення значення цільової функції. Таким чином, оптимальний розв'язок буде при $a_2 = 0$ у точці M_2 :

$$x_1=25$$

$$x_2=30$$

$$F_H=F_{max}=560$$

тис.грн.

Цілком зрозуміло, що загальне виробництво меблевої фабрики

$$b = x_1 + x_2 = 25 + 30 = 55 \text{ т.}$$

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Тому остаточно маємо:

$$V_{max} = 55 \text{ т.}$$

$$x_{9,11} = 17 \quad x_{28} = 4 \quad x_{89} = 4$$

При цьому витрати транспортної мережі збільшуються на $\Delta F_0 = 4,0 \cdot 3 = 12,0$ тис. грн., а перевезення деревини від третьої лісозаготівельної контори до другого складу на $\Delta F_T = 3,9 \cdot 3 = 11,7$ тис. грн.

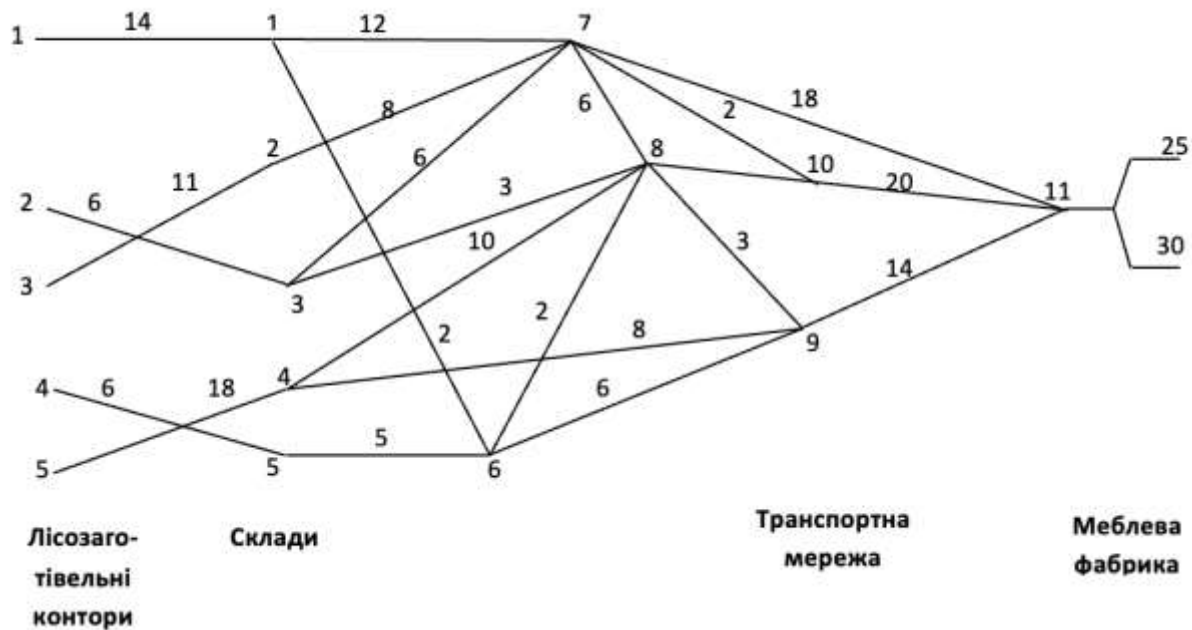


Рисунок 3.8 – Кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми [Розроблено автором]

Таким чином, загальне значення цільової функції

$F = 560 - (104 + 12) - (175 + 11,73) = 257,3$ тис. грн, що на 60,3 тис. грн. більше ніж результат першого розв'язку. Тому кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми має вигляд, показаний на рис. 3.7.

Отже, у даному розділі було розраховано кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

4 ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТУ ЗА МЕТОДОМ ПОТЕНЦІАЛІВ

Для проведення розрахунків і аналізу ефективності необхідно залучити реальні дані, що стосуються вартості та середніх витрат палива, які застосовуються на автотранспортних підприємствах, що здійснюють перевезення в межах області.

Першим етапом оптимізації транспортних перевезень, які були визначені раніше, є збір усіх початкових даних. Ці дані включають потреби споживачів та наявні запаси на складах, а також інформацію про маршрути доставки, вартість перевезень і тарифи, які залежать від потреб кожного споживача [20].

Цей підхід дозволяє детально проаналізувати кожен етап процесу доставки та оптимізувати витрати, враховуючи реальні умови та потреби споживачів.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані щодо потреб споживачів та запасів на складах постачальників, т

	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Запаси
Постачальник 1	50,8	46,3	108,8	92
Постачальник 2	23,4	16,5	52,7	25
Постачальник 3	29,4	36,9	77,7	70
Потреби	63	87	37	187

Оптимізація процесу перевезень буде здійснюватися через кілька етапів, що допоможуть досягти найбільш ефективного використання ресурсів та зниження витрат. Збір даних про вартість перевезень. На цьому етапі здійснюється збір інформації щодо витрат на транспортування від і-го постачальника до j-го споживача. Збираються всі необхідні дані про кожен маршрут, що забезпечує базу для подальшого аналізу [20].

1. Розробка початкового плану перевезень. За допомогою методів, таких як метод північно-західного кута або метод мінімальної вартості,

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

створюється опорний план, який відображає початковий розподіл вантажів між постачальниками та споживачами.

2. Оптимізація початкового плану. Використовуючи метод потенціалів, здійснюється покращення попереднього розподілу. Цей етап спрямований на мінімізацію загальних витрат шляхом застосування математичних розрахунків.

3. Формування остаточного плану перевезень. Після оптимізації створюється фінальний план, який включає конкретні маршрути для транспортування вантажів від постачальників до споживачів.

4. Аналіз і коригування маршрутів. У разі виявлення недоліків або змін у початкових умовах маршрути можуть бути скориговані, що дозволяє адаптувати план до нових обставин.

Такий підхід до оптимізації логістичних процесів сприяє зниженню витрат, підвищенню ефективності транспортування та забезпеченню високого рівня задоволеності споживачів.

Таблиця 4.2 – Дані маршрутів та тарифів перевезення, якими можливо доставити вантажі між кожним постачальником та споживачем

Від поста-чальника (П)	До споживача	Витрати палива (F), л/100 км	Відстань (S), км	Вартість палива (P), грн. за 1 л	Вартість доставки ($C_{\text{доставки}}$)	Потребит	Тариф перевезення (C) за 1 одиницю товару
П 1	Споживач 1	20	500	32	3200	63	50,8
П 1	Споживач 2	28	450		4032	87	46,3
П 1	Споживач 3	18	700		4032	37	108,8

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Продовження таблиці 4.2

П 2	Споживач 1	23	200		1472	63	23,4
П 2	Споживач 2	30	150		1440	87	16,5
П 2	Споживач 3	29	210		1948,8	37	52,7
П 3	Споживач 1	19	305		1854,4	63	29,4
П 3	Споживач 2	25	401		3208	87	36,9
П 3	Споживач 3	27	333		2877,2	37	77,7

На цьому етапі проводиться пошук можливих альтернативних маршрутів та їх подальший аналіз для розрахунку нової вартості доставки. Для цього спочатку збираються актуальні дані щодо завантаженості та стану альтернативних доріг. Коригування маршруту є необхідним, коли з'являється потреба змінити його на етапі перевезення або безпосередньо перед ним, через неможливість реалізації планованого маршруту. Причини для такої зміни можуть бути різними — це можуть бути обстріли, перекриття шляхів через ремонтні роботи, серйозні аварії або навіть погіршення стану доріг через несприятливі погодні умови. У такому разі необхідно також змінити шляховий лист відповідно до нового маршруту.

Коригування маршруту складається з кількох етапів [14]:

– Збір даних про стан і завантаженість альтернативних маршрутів. Це є важливим етапом для правильної роботи нової математичної моделі, адже від цих даних залежить, як будуть коригуватися витрати на доставку.

– Перерахунок вартості перевезення з урахуванням нових даних. Після проведення перерахунку вартості доставки, отримані результати порівнюються з початковими на основі критеріїв оптимальності, встановлених на етапі постановки задачі.

Алгоритм оптимізації маршрутів складається з п'яти етапів, наведених вище, і покладений в основу розробленої вдосконаленої моделі транспортної задачі. Базовий алгоритм представлено на рисунку 4.1 [14]. Після збору даних

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

щодо маршрутів, вартості доставки та тарифів за одиницю товару, необхідно заповнити матрицю тарифів згідно з таблицею 4.2 (результати наведені в таблиці 4.3) та побудувати початковий план перевезень, використовуючи методи північно-західного кута або мінімальної вартості. Оскільки початковий план часто не є оптимальним, наступним кроком є його вдосконалення з урахуванням критеріїв оптимальності за допомогою методу потенціалів. Останнім етапом є отримання оптимального плану перевезень, який наведено в таблиці 4.4.

Таким чином, мінімальні затрати становитимуть: $Z = 50 \cdot 8,5 + 46,3 \cdot 87 + 52,7 \cdot 25 + 29,4 \cdot 58 + 77,7 \cdot 12 = 8437,2$

Щодо фінального етапу, який безпосередньо стосується теми кваліфікаційної роботи магістра, припустимо, що після формування початкового плану перевезень виникла ситуація, коли на одному з обраних маршрутів сталася масштабна аварія, через яку частина дороги виявилася перекритою для проведення ремонтних робіт. Крім того, на іншій ділянці маршруту спостерігається значне погіршення погодних умов, що робить перевезення небезпечним та ризикованим.

Ці проблемні ділянки трапляються в маршрутах, що проходять між Постачальником 1 і Споживачем 1, а також між Постачальником 3 і Споживачем 2. З огляду на це, потрібно оперативно коригувати попередньо сформовані маршрути, враховуючи зміни в умовах доставки. Необхідно виконати новий аналіз для оцінки альтернативних шляхів, які можуть бути використані замість заблокованих або небезпечних ділянок. Цей процес включатиме:

1. Оцінку альтернативних маршрутів, зокрема їх стану, завантаженості та наявності потенційних ризиків, які можуть виникнути на цих шляхах.
2. Перерахунок вартості перевезень з урахуванням нових альтернативних маршрутів, включаючи коригування у разі зростання витрат на паливе, збільшення часу доставки або можливі додаткові ризики.
3. Перевірку критеріїв оптимальності для визначення, чи вигідно додавати нові шляхи в план перевезень або варто обрати інші маршрути.

Ці зміни матимуть значний вплив на фінальні результати оптимізації

Виконав		Крутякова В.Р.		<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>			Арк.
Перевірів		Леснікова І.Ю.					45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

маршрутів, тому важливо провести ретельний аналіз з урахуванням усіх нових факторів.

Таблиця 4.3 – Матриця тарифів

	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Запаси
Постачальник 1	50,8	46,3	108,8	92
Постачальник 2	23,4	16,5	52,7	25
Постачальник 3	29,4	36,9	77,7	70
Потреби	63	87	37	

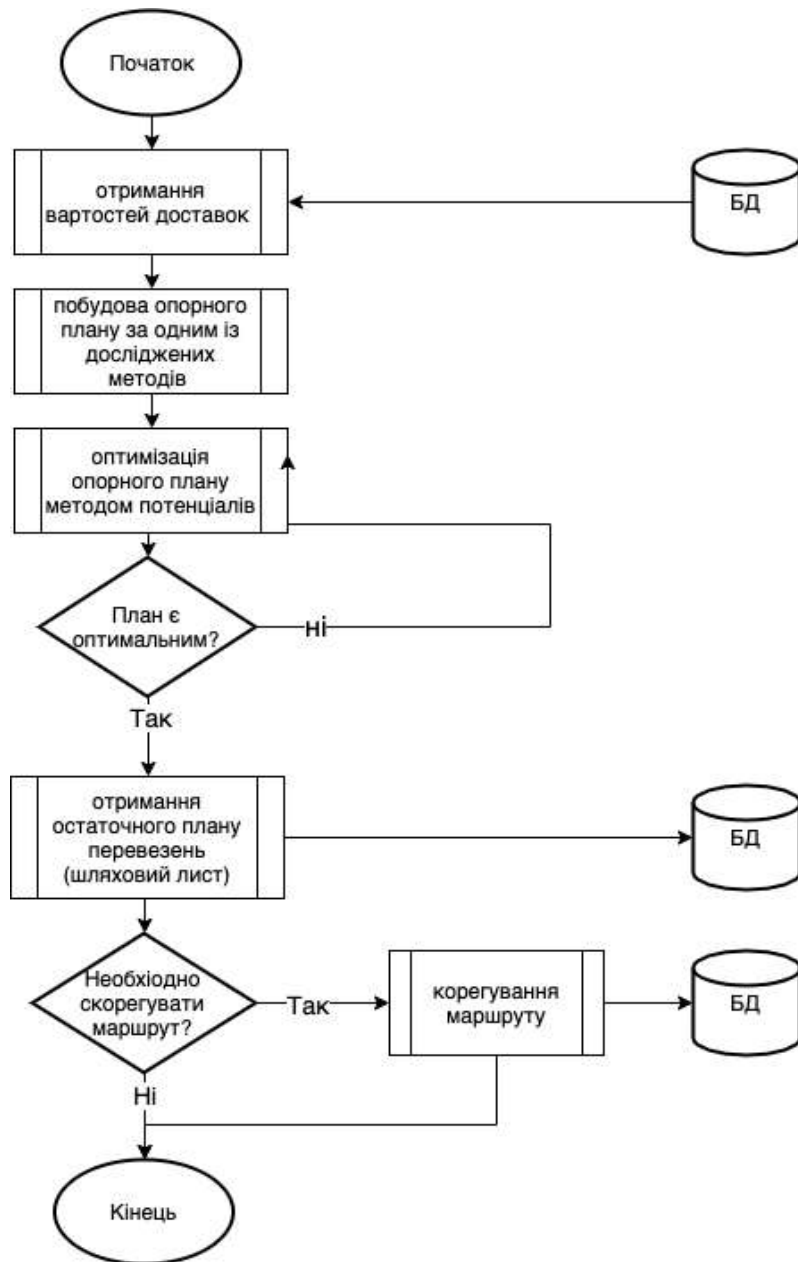


Рисунок 4.1 – Базовий алгоритм оптимізації транспортних перевезень [20]

Таблиця 4.4 – Оптимальний план перевезень

	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Запаси
Постачальник 1	50,8 [5]	46,3 [87]	108,8	92
Постачальник 2	23,4	16,5	52,7 [25]	25
Постачальник 3	29,4 [58]	36,9	77,7 [12]	70
Потреби	63	87	37	

Отже, в даній ситуації основним завданням є швидке виявлення альтернативних маршрутів для перевезення вантажів (етап коригування маршруту), а також перерахунок кінцевих витрат на перевезення з урахуванням змінених умов. Оскільки первісний маршрут став непрактичним через непередбачувані обставини, необхідно провести детальний аналіз нових шляхів, що можуть бути використані замість заблокованих ділянок дороги.

Для цього слід виконати такі кроки:

1. Пошук альтернативних маршрутів: Оцінка доступних шляхів, їх стану, часу в дорозі та вартості.
2. Перерахунок кінцевих витрат: Оновлені маршрути мають бути перевірені з погляду витрат на транспортування, включаючи додаткові витрати на паливо, час та інші фактори.
3. Оцінка ефективності нових маршрутів: Визначення того, наскільки нові шляхи відповідають критеріям оптимальності, які були встановлені на початковому етапі.

Результати цих розрахунків щодо альтернативних маршрутів наведені у таблицях 4.5 та 4.6, що дозволяє здійснити порівняння вартості перевезення і обрати найбільш вигідні варіанти.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 4.5 – Дані альтернативних маршрутів

Перевезення	Альтернативні ділянки маршруту	Відстань(S), км	Максимальна швидкість (V_{max}), км/год	Коефіцієнт пропускної здатності (G)	Коефіцієнт якості покриття (Q)
Постачальник 1 – Споживач 1	Ділянка 1	220	90	1	1
	Ділянка 2	330	87	0,9	0,92
Постачальник 3 –Споживач 2	Ділянка 3	170	75	0,85	0,72
	Ділянка 4	260	70	0,9	0,7

Якщо перевезення ще не розпочалося, але є нові дані щодо тарифів перевезень для альтернативних маршрутів, то наступним кроком є побудова нового оптимального плану перевезень з урахуванням змінених умов.

Алгоритм дій у цьому випадку включатиме такі етапи:

1. Оновлення матриці тарифів: необхідно заново сформувавши матрицю тарифів, яка буде включати нові значення для альтернативних маршрутів. Ці тарифи повинні враховувати зміни, пов'язані з наданими альтернативними шляхами, зокрема, зміни вартості доставки через нові умови доріг, відстані чи затрати часу.

2. Побудова нового опорного плану: використовуємо методи оптимізації, такі як метод північно-західного кута або метод мінімальної вартості, щоб побудувати початковий опорний план перевезень на основі нових тарифів. Це дасть змогу визначити приблизний розподіл вантажів між постачальниками і споживачами.

3. Оптимізація початкового плану: після того, як буде побудовано опорний план, застосуємо метод потенціалів для оптимізації цього плану. Метод дозволяє знизити сумарні витрати на перевезення шляхом коригування кількості вантажів на кожному маршруті таким чином, щоб мінімізувати загальні витрати.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

4. Порівняння результатів: порівнюємо сумарні витрати на перевезення з початковим планом, що базувався на старих тарифах, і новим, що враховує альтернативні маршрути. Аналізуємо зміни в загальних витратах, щоб визначити, чи виправдано коригування маршрутів, та чи покращує це економічну ефективність перевезень.

5. Формування остаточного плану перевезень: після перевірки всіх варіантів і застосування оптимізаційних методів формується остаточний план перевезень, який буде вказувати точні маршрути, кількість вантажів та їх вартості, а також порядок виконання перевезень.

Таким чином, побудова нового оптимального плану перевезень дозволяє забезпечити більш ефективне та економічно вигідне виконання перевезень за умов змінених тарифів і маршрутів.

Таблиця 4.6 – Перерахована вартість доставки та тариф перевезення для альтернативних маршрутів

Перевезення	Альтернативна відстань (S), км	Середня швидкість (V_{sr}), км/год	Витрата палива (F), л/100 км	Вартість палива, грн. (P), за 1 л	Вартість доставки ($C_{доставки}$)	Потреб и	Тариф перевезення (C) за 1 одиницю товару
Постачальник 1-Споживач 1	550	81	15	32	2640	63	41,9
Постачальник 3-Споживач 2	430	45	25		3440	87	39,5

Новий опорний план після корегування маршрутів та перерахунку тарифів перевезень відповідно наведений у таблиці 4.7

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		

Для випадку, коли необхідно скорегувати маршрут вже безпосередньо при виконанні перевезень (за будь-яких форс-мажорних обставинах), етапи будуть ті ж самі, за винятком того, що не потрібно будувати оптимальний план заново, а необхідно лише перерахувати вартість перевезень, враховуючи ці корегування.

Таблиця 4.7 – Оптимальний план перевезень після корегування маршрутів

	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Запаси
Постачальник 1	41,9 [5]	46,3 [87]	108,8	92
Постачальник 2	23,4	16,5	52,7 [25]	25
Постачальник 3	29,4 [58]	39,5	77,7 [12]	70
Потреби	63	87	37	

Таким чином, мінімальні затрати для скорегованого плану перевезень становитимуть:

$$Z_{\text{після корегування}} = 41,9 \cdot 8,5 + 46,3 \cdot 87 + 52,7 \cdot 25 + 29,4 \cdot 58 + 77,7 \cdot 12 = 8192,7$$

Отже, виконавши усі етапи від побудови початкового оптимального плану перевезень до етапу корегування де-яких маршрутів та побудови нового оптимально плану відповідно, можна провести аналіз результатів розробленого рішення згідно сформульованих критеріїв ефективності.

Порівняння результатів щодо вартості скорегованих перевезень та сумарних витрат на перевезення наведено у таблицях 4.8 та 4.9 відповідно

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 4.8 – Результати обчислення критерія ефективності щодо вартості скорегованих перевезень для початкового та скорегованого планів перевезень відповідно

Критерій	Спосіб обчислення	Перевезення	Початковий тариф	Перерахований тариф	Відношення, %
Вартість вантажного перевезення для скорегованого маршруту	$C_{ij} \rightarrow \min$ або $C_{ij}(\text{після корегування}) - C_{ij} \leq 10\%$	Постачальник 1 -Споживач 1	50,8	41,9	- 18 %
		Постачальник 3 -Споживач 2	36,9	39,5	+ 7 %

Згідно з результатів обчислення критеріїв ефективності, можна зробити висновок, що удосконалена модель є ефективною та конкурентоспроможною, а її результати відповідають усім необхідним вимогам ефективності.

Як свідчать дані, наведені в таблиці 4.9, щодо вартості перевезень для коригованих маршрутів, спостерігається зниження вартості перевезення (тарифу) між Постачальником 1 та Споживачем 1 на 18%. Це відбулося завдяки високій якості покриття альтернативних шляхів, що дозволяє знизити витрати, а також через невелику завантаженість цих шляхів, що сприяє зниженню часу і вартості перевезення.

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

Таблиця 4.9 – Результати обчислення критерія ефективності щодо сумарних затрат для початкового та скорегованого планів перевезень відповідно

Критерій	Спосіб обчислення	Початкова вартість	Перерахована вартість	Відношення, %
Мінімум транспортної роботи тонно-кілометрах	$Z = \sum_{i=1} \sum_{j=1} C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$ <p>або</p> $Z_{\text{після корегування}} - Z \leq 10\%$	8437,2	8192,7	- 3 %

У той самий час тариф перевезення від Постачальника 3 до Споживача 2 збільшився на 7%, оскільки альтернативний маршрут у цьому випадку має значно гірший стан доріг і високий рівень трафіку.

Однак, як показують результати, наведені в таблиці 4.9, загальні витрати на всі перевезення знизилися на майже 3%. Це зниження, хоча й невелике, все ж є важливим, оскільки початковий план перевезень уже базується на найбільш ефективних та економічних маршрутах. Для таких маршрутів не завжди можна знайти високоякісні альтернативи, що суттєво впливає на кінцевий результат. Однак, варто зазначити, що навіть зниження витрат на 3% є значним для великих компаній-перевізників, де кожна економія має велике значення.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра було виконано розглянуто завдання з пошуку максимального обсягу переробки деревини фабрикою за місяць з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону.

У першому розділі проаналізовано статистичні дані щодо перевезення виробництва та перевезення деревини.

Можемо сформулювати наступні висновки:

1. Найвища лісистість (30-60%):

Західні та північно-західні області, такі як Волинська, Рівненська, Житомирська та Закарпатська, мають найвищий рівень лісового покриття.

3. Помірна лісистість (15-29,9%):

Області Центральної України, такі як Київська, Чернігівська, Львівська, Івано-Франківська, мають значний, але нижчий рівень лісистості.

4. Низька лісистість (0-9,9%):

Південно-східні та південні регіони, такі як Херсонська, Миколаївська, Запорізька області, мають найменший відсоток площі, вкритої лісами.

Отже, найбільш лісисті області зосереджені на заході та півночі країни, тоді як південні та східні регіони мають значно нижчий рівень лісового покриття, що відображає географічні та кліматичні особливості цих територій.

Згідно з наявною інформацією, перевезення деревини в Україні в 2023 році здійснювалися переважно підприємствами лісового господарства, підпорядкованими Державному агентству лісових ресурсів України. Ліси в Україні переважно знаходяться у державній власності, і саме державні лісогосподарські підприємства є ключовими гравцями в транспортуванні деревини. У сферу їхньої відповідальності входять не тільки заготівля, але й перевезення деревини до промислових об'єктів або на експорт.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

У 2023 році значний вплив на лісове господарство мали бойові дії, які призвели до пошкодження близько 2,9 млн га лісів, частина з яких знаходиться під окупацією або на територіях активних бойових дій. Через це перевезення деревини з постраждалих регіонів є обмеженим, але точні дані щодо обсягів перевезень поки що недоступні.

Офіційна статистика свідчить, що велика частина лісових ресурсів України залишається у користуванні лісових господарств, що перебувають під контролем державних підприємств. Додатково, транспортні компанії можуть надавати допомогу в перевезенні деревини, особливо в межах міжнародної торгівлі або для підтримки місцевих ринків деревини.

У другому розділі було описана виробнича задача та створена математична модель. Меблева фабрика може виробляти двоє типів гарнітурів, на які треба x_1 та x_2 тон деревини. Прибуток від цих гарнітурів задано у вигляді нелінійної квадратичної функції та лінійних обмежень на технологію виробництва.

Необхідно було знайти максимальний обсяг переробки деревини в фабрикою за місяць з урахуванням спроможностей постачання деревини транспортною мережею $S = \{S_{ij}\}$ та оптимальної прив'язки лісозаготівельних контор у процесі накопичення деревини до складів регіону. Причому кожна k -а контора спроможна накопичувати деревину тільки на одному k -му складі регіону.

Витрати на постачання 1 т деревини від контор до складів задані у вигляді матриці C_m , а вартість перевезення 1т деревини транспортною мережею – матрицею C . У початкових даних для виробничої ситуації можливі додаткові умови, які треба використовувати при визначенні оптимального розв'язку.

Для розв'язування даної виробничої ситуації використовувались наступні задачі оптимізації:

- Задача про максимальний потік;
- Задача про призначення;

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

- Задача нелінійного програмування (модель у вигляді квадратичної цільової функції та лінійних залежностей).

Також була створена схема взаємозв'язку розв'язування задач виробничої ситуації.

У третьому розділі було описано хід розв'язання виробничої задачі. Вартість перевезення 1 т сировини складала 2 тис. грн. Була також створена матриця витрат на постачання 1 т деревини від контор до складів. Як результат загальне значення цільової функції дорівнює: $F=560-(104+12) - (175+11,73) = 257,3$ тис. грн, що на 60,3 тис. грн. більше ніж результат першого розв'язку.

У четвертому розділі було проведено оптимізацію маршруту за методом потенціалів. витрат. Цей метод є частиною класичних методів лінійного програмування і дозволяє знайти оптимальний розподіл ресурсів між постачальниками та споживачами.

Метод потенціалів базується на ідеї покрокового покращення опорного (початкового) плану перевезень, отриманого за допомогою одного з базових методів (наприклад, методом північно-західного кута або методом мінімальної вартості). Для цього використовуються потенціали постачальників та споживачів, які дозволяють оцінити можливість зниження загальних витрат на транспортування. Для цього було створено базовий алгоритм оптимізації транспортних перевезень

Однак, як показали результати, загальні витрати на всі перевезення знизилися на майже 3%. Це зниження, хоча й невелике, все ж є важливим, оскільки початковий план перевезень уже базується на найбільш ефективних та економічних маршрутах. Для таких маршрутів не завжди можна знайти високоякісні альтернативи, що суттєво впливає на кінцевий результат. Однак, варто зазначити, що навіть зниження витрат на 3% є значним для великих компаній-перевізників, де кожна економія має велике значення.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державне агенство лісових ресурсів України: веб-сайт. URL: forest.gov.ua
2. Ринок деревини та лісоматеріалів України: веб-сайт. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2021/12/KSE_Rinok_derevini_ta_lisomaterialiv.pdf
3. Довідка щодо лісового господарства України: веб-сайт. URL: <https://komekolog.rada.gov.ua/uploads/documents/36973.pdf>
4. Стан лісових ресурсів західного економічного району України: веб-сайт. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_13/12_Bal.pdf
5. Державне агенство лісових ресурсів України: веб-сайт. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini>
6. Як отримати паливну деревину та хто має на це право: веб-сайт. URL: <https://www.nove.in.ua/2023/10/20/palyvna-derevyna-dlia-zhyteliv-blyzniukivshchynu-yak-otrymaty/>
7. У 2023 році імпорт деревини скоротився в 55 разів : веб-сайт. URL: <https://skilky.skilky.info/u-2023-rotsi-import-derevyny-skorotyvsia-v-55-raziv/>
8. Найбільші країни-експортери деревини в ЄС: веб-сайт. URL: <https://lira-ukraine.com/timber-exporting/>
9. Товарна структура експорту та імпорту України у 2021-2023 роках та січні-лютому 2024 року: веб-сайт. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3859650-tovarna-struktura-eksportu-ta-importu-ukraini-u-20212023-rokaha-ta-sicnilutomu-2024-roku.html>
10. ТОВ «Українська енергетична біржа»: веб-сайт. URL: <https://www.ueex.com.ua/exchange-quotations/wood/indexes/>
11. Вантажні перевезення: веб-сайт. URL: https://eprints.kname.edu.ua/11545/1/2009_%D0%BF%D0%B5%D1%87_%D0%B2%D0%B0%D1%80_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

D0%BA%D1%82_%D0%92%D0%9F_%D0%93%D0%BE%D1%80%D1%8F%D0%
%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B2_2009_8.pdf?utm_source=chatgpt.com

12. Особливості товарознавчого дослідження лісоматеріалів та пиломатеріалів: веб-сайт. URL: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1182912.pdf?utm_source=chatgpt.com

13. Підтримка відновлення і сталого управління лісами України й лісовим сектором України: веб-сайт. URL: https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2023/07/UA-Supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-Ukrainian-forests-and-Ukraines-forest-sector.pdf?utm_source=chatgpt.com

14. Транспорт та логістика: сучасні виклики та перспективи розвитку: веб-сайт. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini>

15. Logistics & Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service»: веб-сайт. URL: https://nps.primo.exlibrisgroup.com/discovery/fulldisplay?vid=01NPS_INST:01NPS&search_scope=MyInst_and_CI&tab=Everything&docid=alma991001179109703791&lang=en&context=L&adaptor=Local%20Search%20Engine&query=sub,exact,Shipping%20--%20Security%20measures,AND&mode=advanced&offset=20

16. «Supply Chain Logistics Management» : веб-сайт. URL: <https://www.mheducation.com/highered/product/Supply-Chain-Logistics-Management-Bowersox.html>

17. «Multimodal Transport Systems and Sustainable Logistics»: веб-сайт. URL: <https://www.forbes.com/councils/forbesbusinessdevelopmentcouncil/2024/05/30/transforming-efficiency-perspectives-on-advanced-logistics-and-multimodal-transport/>

18. Меблева фабрики Shyk Halychyna: веб-сайт. URL: <https://promo.shik-galichina.com/en/>

Виконав	Крутякова В.Р.			КРМ 275 16 ПЗ	Арк.
Перевірю	Леснікова І.Ю.				57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

19. Розв'язування задачі виробничої ситуації: веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/35237/>

20. Метод потенціалів: веб-сайт. URL: https://wiki.cusu.edu.ua/index.php/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B2.

21. Державне агенство лісових ресурсів України: веб-сайт. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini>

22. Панченко О. В. Аналіз організації контейнерних перевезень в Україні під час війни: проблеми та перспективи. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Економіко-правові та управлінсько-технологічні виміри сьогодення: молодіжний погляд». Том 3. Дніпро : Університет митної справи та фінансів, 2023. с. 366-369. https://drive.google.com/file/d/1izpGVnAb8lBPpf7AwQGmTZcLeyzZTQ7_/view

23. Бажан Л. І. Формування підходу до інтелектуалізації моделювання транспортно-логістичної системи. Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Збірник наукових праць МННЦ ІТіС. Вип. 17. Київ, 2012. С. 23-37.

24. Osetskyi V., Klymenko V., Lozova G., Umantsiv Yu. Ensuring the competitiveness and financial stability of transport and logistics companies in the conditions of russian-Ukrainian war. Академічний огляд. № 2 (59). 2023. С. 25-47.

25. Нагорний Є. В., Орда О. О., Кондратенко Д. А. Вибір оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні. Автомобільний транспорт. Вип. 47, 2020. с. 44-50.

26. Кунда Н. Т., Лебедь В. В. Нечетко-множественная модель управления рисками при выполнении перевозок грузов. Вісник ХНАДУ, вип. 85, 2019. с. 117-123.

Виконав	Крутякова В.Р.			<i>КРМ 275 16 ПЗ</i>	Арк.
Перевірів	Леснікова І.Ю.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис		Дата

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УНІВЕРСИТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ ТА ФІНАНСІВ**

ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СХЕМИ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ»**

**студентки групи Т23-1м
КРУТЯКОВОЇ ВЕРОНІКИ РОМАНІВНИ**

**Спеціальність 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)**

Керівник кваліфікаційної роботи магістра:
кандидат технічних наук, доцент кафедри
транспортних технологій та міжнародної
логістики
Леснікова І.Ю

(підпис)

Дніпро
2025

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЕРЕВИНИ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВІЙНИ

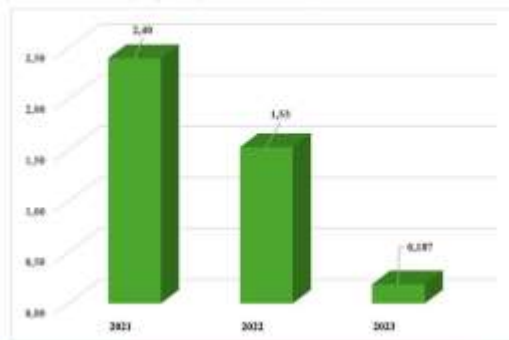
Площа лісів та частка площі лісу в загальній площі європейських країн, 2020, млн га та %



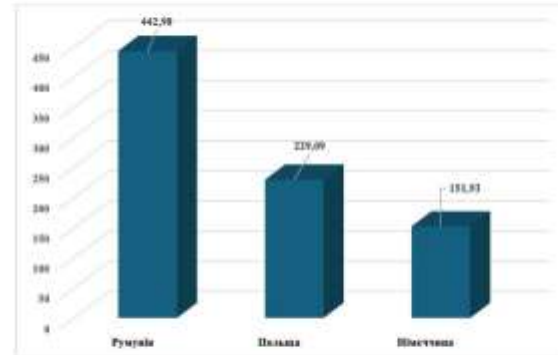
Рівень лісистості у розрізі регіонів, %



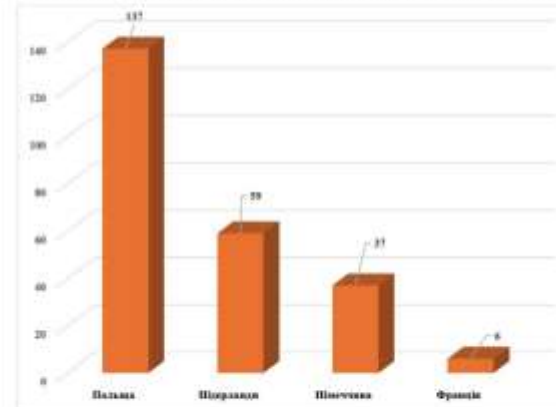
Вартість імпорту деревини за раками, млн. дол



Найбільший експорт деревини за країнами у 2023 році



Найбільший імпорт деревини за країнами у 2023 році



КРМ 275 16 ГЧ			
Місце	№	Назва	Вартість
1	1	Україна (включаючи тимчасово окуповані території)	11
2	2	США	
3	3	Канада	
4	4	Бразилія	
5	5	Індонезія	
6	6	В'єтнам	
7	7	Сингапур	
8	8	Малайзія	
9	9	Таїланд	
10	10	Корея	
11	11	Японія	
12	12	Італія	
13	13	Німеччина	
14	14	Франція	
15	15	Велика Британія	
16	16	Іспанія	
17	17	Нідерланди	
18	18	Словенія	
19	19	Словаччина	
20	20	Литва	
21	21	Латвія	
22	22	Естонія	
23	23	Фінляндія	
24	24	Швеція	
25	25	Норвегія	
26	26	Данія	
27	27	Ірландія	
28	28	Бельгія	
29	29	Нідерланди	
30	30	Італія	
31	31	Франція	
32	32	Велика Британія	
33	33	США	
34	34	Канада	
35	35	Бразилія	
36	36	Індонезія	
37	37	В'єтнам	
38	38	Сингапур	
39	39	Малайзія	
40	40	Таїланд	
41	41	Корея	
42	42	Японія	
43	43	Італія	
44	44	Франція	
45	45	Велика Британія	
46	46	США	
47	47	Канада	
48	48	Бразилія	
49	49	Індонезія	
50	50	В'єтнам	
51	51	Сингапур	
52	52	Малайзія	
53	53	Таїланд	
54	54	Корея	
55	55	Японія	
56	56	Італія	
57	57	Франція	
58	58	Велика Британія	
59	59	США	
60	60	Канада	
61	61	Бразилія	
62	62	Індонезія	
63	63	В'єтнам	
64	64	Сингапур	
65	65	Малайзія	
66	66	Таїланд	
67	67	Корея	
68	68	Японія	
69	69	Італія	
70	70	Франція	
71	71	Велика Британія	
72	72	США	
73	73	Канада	
74	74	Бразилія	
75	75	Індонезія	
76	76	В'єтнам	
77	77	Сингапур	
78	78	Малайзія	
79	79	Таїланд	
80	80	Корея	
81	81	Японія	
82	82	Італія	
83	83	Франція	
84	84	Велика Британія	
85	85	США	
86	86	Канада	
87	87	Бразилія	
88	88	Індонезія	
89	89	В'єтнам	
90	90	Сингапур	
91	91	Малайзія	
92	92	Таїланд	
93	93	Корея	
94	94	Японія	
95	95	Італія	
96	96	Франція	
97	97	Велика Британія	
98	98	США	
99	99	Канада	
100	100	Бразилія	

БІРЖ ІНДЕКСІВ НА ДЕРЕВИНУ ВІД УКРАЇНСЬКОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БІРЖИ

Тижневий індекс середньозважених цін на деревину дров'яну

Період	ПВ	НП 1 група	НП 2 група	НП 3 група
30.10-03.11	1 165,95	1 138,20	1 175,20	1 320,00
06.11-10.11	1 088,74	1 342,00	762,62	1 320,00
13.11-17.11	1 300,11	1 404,18	1 128,00	1 320,00
20.11-24.11	1 318,85	1 339,33	705,00	426
27.11-01.12	1 353,20	1 410,49	758,93	426

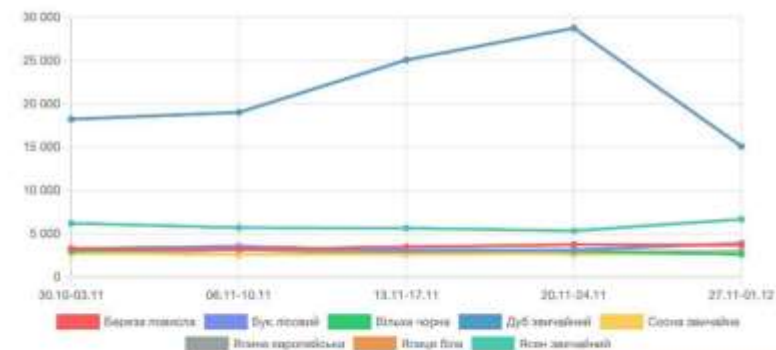
Тижневий індекс середньозважених цін на деревину дров'яну



Тижневий індекс середньозважених цін на круглі лісоматеріали

Період	Береза повисла	Бук лісовий	Вільха чорна	Дуб лісовий	Сосна лісовий	Ялина сиротівська	Ялина біла	Ясень лісовий
30.10-03.11	3273,14	3284,46	2989,83	18224,52	2734,91	2766,28	2778,809	6 204,81
06.11-10.11	3185,29	3533,52	3367,32	19095,15	2609,30	3126,75	2 567,05	5 496,32
13.11-17.11	3474,45	3085,30	3083,81	25066,99	2575,78	2807,35	2759,171	5 642,63
20.11-24.11	3736,08	3127,86	2999,56	28742,70	2747,92	2815,88	2662,905	5 335,53
27.11-01.12	3696,16	3878,53	2614,59	19082,40	2708,64	2958,21	2891,792	6 466,11

Тижневий індекс середньозважених цін на круглі лісоматеріали



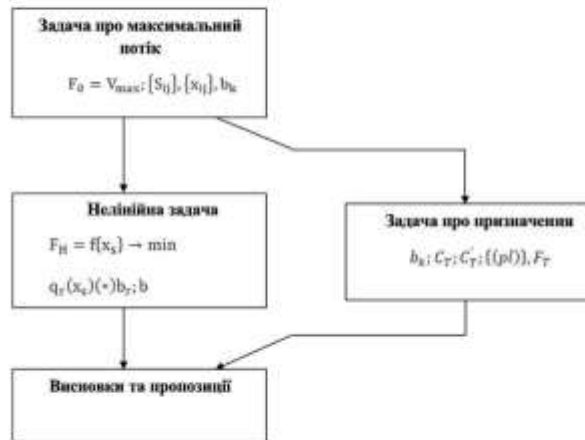
КРМ 275 16 ГЧ

№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
11	11	11	11	11	11	11	11

УКСФ. Ф. 123-В

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧОЇ ЗАДАЧІ

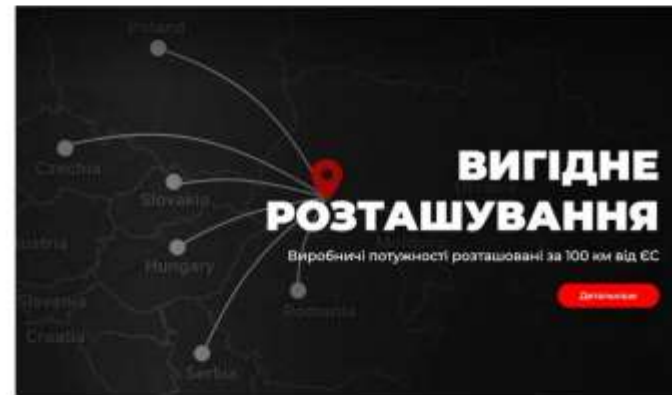
Схема взаємозв'язку розв'язування задач виробничої ситуації



Схематичне зображення постановки завдання виробничої задачі



Географічне розташування Shyk Halychyna

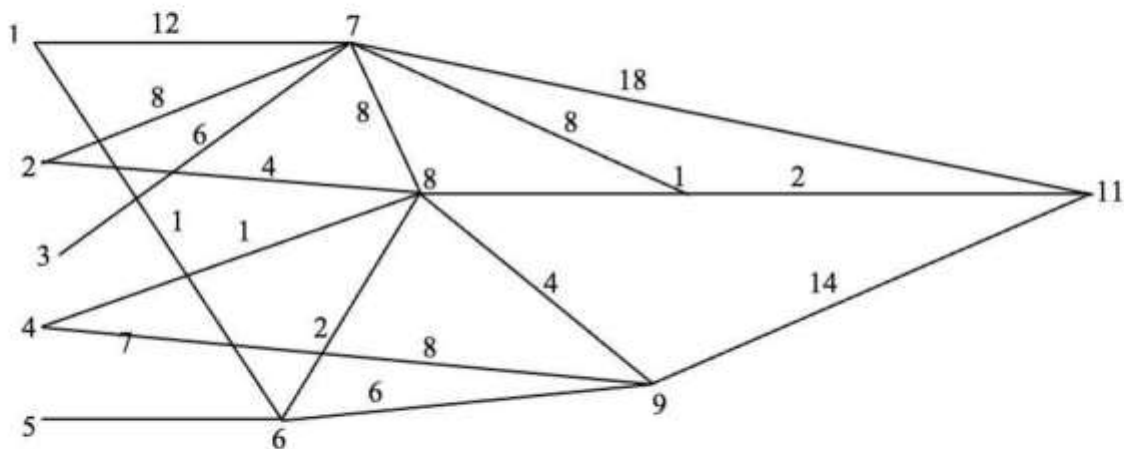


- Умовні позначення:
- k – індекс лісозаготівельних контор та складів;
 - K – кількість лісозаготівельних контор та складів;
 - $S = \{S_{ij}\}$ – транспортна мережа та її спроможності;
 - $x = \{x_{ij}\}$ – транспортна мережа постачання;
 - $V_{max} = b$ – максимальний обсяг постачання деревини;
 - b_k – обсяги постачання деревини k -м складом;
 - C_{kp} – матриця витрат на постачання деревини від лісозаготівельних контор до складів;
 - $\{(p^l)\}$ – оптимальні зв'язки між p -ю заготівельною конторою та l -м складом;
 - C – вартість перевезення 1 т деревини транспортною мережею;
 - B – можливі обсяги виробництва меблевої фабрики;
 - $F_H = f(x_k)$ – цільова функція виробництва меблів;
 - $q_k(x_k) \leq b_k$ – обмеження на виробництво меблів.

		КРМ 275 16 ГЧ	
№ п/п	Ім'я	Підрозділ	Підпис
1	Сидоренко	Інженер	
2	Сидоренко	Інженер	
3	Сидоренко	Інженер	
4	Сидоренко	Інженер	
5	Сидоренко	Інженер	
6	Сидоренко	Інженер	
7	Сидоренко	Інженер	
8	Сидоренко	Інженер	
9	Сидоренко	Інженер	
10	Сидоренко	Інженер	
11	Сидоренко	Інженер	
12	Сидоренко	Інженер	
13	Сидоренко	Інженер	
14	Сидоренко	Інженер	
15	Сидоренко	Інженер	
16	Сидоренко	Інженер	
17	Сидоренко	Інженер	
18	Сидоренко	Інженер	
19	Сидоренко	Інженер	
20	Сидоренко	Інженер	
21	Сидоренко	Інженер	
22	Сидоренко	Інженер	
23	Сидоренко	Інженер	
24	Сидоренко	Інженер	
25	Сидоренко	Інженер	
26	Сидоренко	Інженер	
27	Сидоренко	Інженер	
28	Сидоренко	Інженер	
29	Сидоренко	Інженер	
30	Сидоренко	Інженер	
31	Сидоренко	Інженер	
32	Сидоренко	Інженер	
33	Сидоренко	Інженер	
34	Сидоренко	Інженер	
35	Сидоренко	Інженер	
36	Сидоренко	Інженер	
37	Сидоренко	Інженер	
38	Сидоренко	Інженер	
39	Сидоренко	Інженер	
40	Сидоренко	Інженер	
41	Сидоренко	Інженер	
42	Сидоренко	Інженер	
43	Сидоренко	Інженер	
44	Сидоренко	Інженер	
45	Сидоренко	Інженер	
46	Сидоренко	Інженер	
47	Сидоренко	Інженер	
48	Сидоренко	Інженер	
49	Сидоренко	Інженер	
50	Сидоренко	Інженер	
51	Сидоренко	Інженер	
52	Сидоренко	Інженер	
53	Сидоренко	Інженер	
54	Сидоренко	Інженер	
55	Сидоренко	Інженер	
56	Сидоренко	Інженер	
57	Сидоренко	Інженер	
58	Сидоренко	Інженер	
59	Сидоренко	Інженер	
60	Сидоренко	Інженер	
61	Сидоренко	Інженер	
62	Сидоренко	Інженер	
63	Сидоренко	Інженер	
64	Сидоренко	Інженер	
65	Сидоренко	Інженер	
66	Сидоренко	Інженер	
67	Сидоренко	Інженер	
68	Сидоренко	Інженер	
69	Сидоренко	Інженер	
70	Сидоренко	Інженер	
71	Сидоренко	Інженер	
72	Сидоренко	Інженер	
73	Сидоренко	Інженер	
74	Сидоренко	Інженер	
75	Сидоренко	Інженер	
76	Сидоренко	Інженер	
77	Сидоренко	Інженер	
78	Сидоренко	Інженер	
79	Сидоренко	Інженер	
80	Сидоренко	Інженер	
81	Сидоренко	Інженер	
82	Сидоренко	Інженер	
83	Сидоренко	Інженер	
84	Сидоренко	Інженер	
85	Сидоренко	Інженер	
86	Сидоренко	Інженер	
87	Сидоренко	Інженер	
88	Сидоренко	Інженер	
89	Сидоренко	Інженер	
90	Сидоренко	Інженер	
91	Сидоренко	Інженер	
92	Сидоренко	Інженер	
93	Сидоренко	Інженер	
94	Сидоренко	Інженер	
95	Сидоренко	Інженер	
96	Сидоренко	Інженер	
97	Сидоренко	Інженер	
98	Сидоренко	Інженер	
99	Сидоренко	Інженер	
100	Сидоренко	Інженер	

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ВИРОБНИЧОЇ СИТУАЦІЇ

Транспортна мережа у вигляді зваженого графу



Матриця витрат на постачання 1 т деревини

$$C_T = 100 \begin{vmatrix} 32 & 40 & 41 & 37 & 45 \\ 38 & 36 & 36 & 37 & 40 \\ 35 & 39 & 42 & 35 & 38 \\ 34 & 42 & 34 & 40 & 33 \\ 39 & 40 & 41 & 32 & 38 \end{vmatrix}$$

Математична модель виробництва меблевої фабрики:

$$F_H = \frac{1}{10} (2x_1^2 + x_1 x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max,$$

$$x_1 + x_2 \leq b,$$

$$0 \leq x_1 \leq 30,$$

$$B = 60.$$

		КРМ 275 16 ГЧ			
№	Ім'я	№	Ім'я	№	Ім'я
1	Степанів О	4	Степанів О	7	11
2	Степанів О	5	Степанів О	8	
3	Степанів О	6	Степанів О	9	
				УКС Ф. 01 ТЗ-ІІ	

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧИ ПРО МАКСИМАЛЬНИЙ ПОТІК

Задача про максимальний потік, потім за кінцевою матрицею потоків X

	S_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S_0	x	14	8	6	18	6						
1		x					2	12				
2			x					8				
3				x			6					
4					x			10	8			
5						x	6					
6							x	2	6			
7								x	6	2	18	
8									x	18		
9										x	14	
10											x	20
11												x

Задача про призначення і знаходження оптимальних пар

	4	5	5	12
6	0	3	5	7
0	8	0	0	2
4	8	0	10	0
7	4	5	0	3

Обсяги постачання деревини для кожного складу

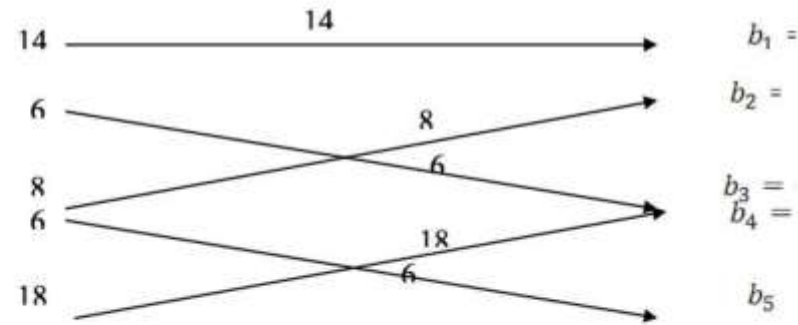
$$b_1 = S_{01} = 14$$

$$b_2 = S_{02} = 8$$

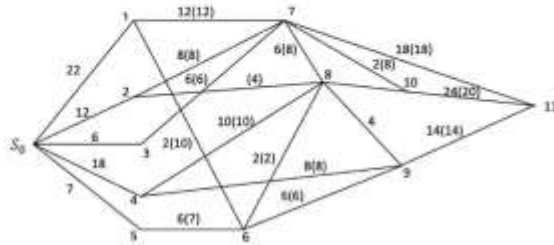
$$b_3 = S_{03} = 6$$

$$b_4 = S_{04} = 18$$

Схема прив'язки лісозаготівельних контор до складів



Обсяги постачання деревини для кожного складу



		КРМ 275 16 ГЧ	
Відомо:	Задано:	Розв'язано:	11
Висновок:	Висновок:	Висновок:	

РОЗВ'ЯЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ ЗАДАЧІ ГРАДІЄНТНИМ МЕТОДОМ

Математична модель

$$F_H = \frac{1}{10}(2x_1^2 + x_1x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 \leq 52$$

$$0 \leq x_1 \leq 30$$

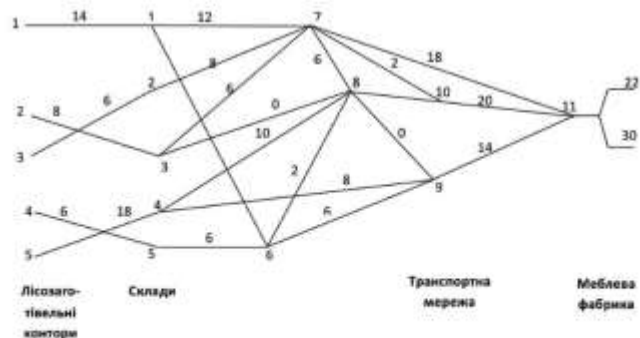
$$0 \leq x_2 \leq 30$$

У процесі розв'язування одержані такі величини

$$M_1(20,20) \quad F_1 = 280 \quad a_1 = 0,04285$$

$$M_2(24,28) \quad F_2 = 496 \quad a_2 = 17,7$$

Виробничо-транспортна схема



Розв'язок нелінійної задачі та оптимальний режим її роботи за цих умов

$$F_H = \frac{1}{10}(2x_1^2 + x_1x_2 + 4x_2^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 \leq 60$$

$$0 \leq x_1 \leq 30$$

$$0 \leq x_2 \leq 30$$

Результати розв'язку:

$$M_1(20,20) \quad F_1 = 280 \quad a_1 = 0,055$$

$$M_2(25,30) \quad F_2 = 560 \quad a_2 = -32$$

Аналіз у діапазоні $[0, a_2]$:

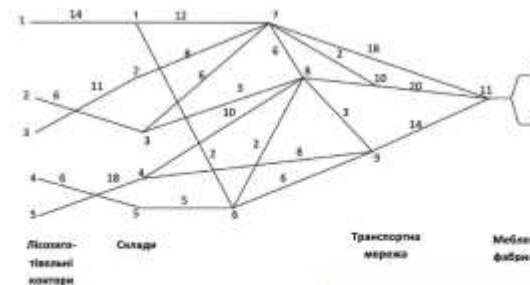
$$a_2 = 0 \quad x_1 = 25 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 560$$

$$a_2 = -10 \quad x_1 = 15 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 450$$

$$a_2 = -20 \quad x_1 = 5 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 380$$

$$a_2 = -25 \quad x_1 = 0 \quad x_2 = 30 \quad F_3 = 360$$

Кінцевий варіант виробничо-транспортної схеми

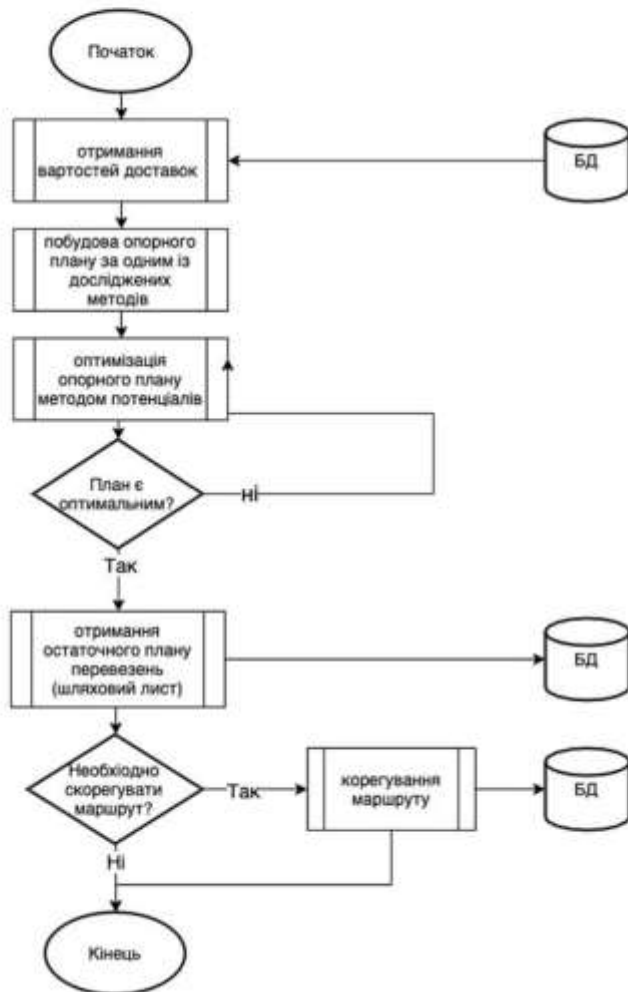


		КРМ 275 16 ГЧ	
№ п/п	Ім'я	Підпис	Дата
1	Михайло		11
2	Олександр		
3	Володимир		
4	Сергей		
5	Владислав		
		УКС Ф. 03 123-24	

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТУ ЗА МЕТОДОМ ПОТЕНЦІАЛІВ

Базовий алгоритм оптимізації транспортних перевезень

Оптимальний план перевезень після корегування маршрутів



	Споживач 1	Споживач 2	Споживач 3	Запаси
Постачальник 1	41,9 [5]	46,3 [87]	108,8	92
Постачальник 2	23,4	16,5	52,7 [25]	25
Постачальник 3	29,4 [58]	39,5	77,7 [12]	70
Потреби	63	87	37	

Результати обчислення критерія ефективності щодо вартості скорегованих перевезень для початкового та скорегованого планів перевезень відповідно

Критерій	Спосіб обчислення	Перевезення	Початковий тариф	Перерахований тариф	Відношення, %
Вартість вантажного перевезення для скорегованого маршруту	$C_{ij} \rightarrow \min$ або $C_{ij}(\text{після корегування}) - C_{ij} \leq 10\%$	Постачальник 1 -Споживач 1	50,8	41,9	- 18 %
		Постачальник 3 -Споживач 2	36,9	39,5	+ 7 %

КРМ 275 16 ГЧ			
№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
11	11	11	11
11	11	11	11
11	11	11	11

