

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний  
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістра  
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТАРНО-  
ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ НА ПРИКЛАДІ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО  
ПІДПРИЄМСТВА

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-312м

Спеціальності 275 «Транспортні технології  
(за видами)»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
275.02 «Транспортні технології  
(на залізничному транспорті)»

|                                                                                      |                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <u>Кирило ТРИГУБ</u><br>(прізвище та ініціали)                                                                                           |
| <u>Керівник</u>                                                                      | <br><u>Олена ОСТРОГЛЯД</u><br>(прізвище та ініціали) |
| <u>Рецензент</u>                                                                     | <br><u>Андрій ЩЕРБИНА</u><br>(прізвище та ініціали)  |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет \_\_\_\_\_ Транспортний \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ «Транспортні технології» \_\_\_\_\_  
Ступінь вищої освіти \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 275 «Транспортні технології (за видами)» \_\_\_\_\_  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на \_\_\_\_\_  
автомобільному транспорті)» \_\_\_\_\_  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

ТРИГУБА Кирила Вікторовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації перевезення тарно-штучних вантажів на прикладі роботи транспортного підприємства

керівник проєкту (роботи) ОСТРОГЛЯД Олена Олександрівна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

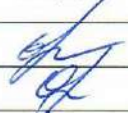
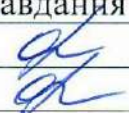
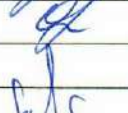
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі маршрути перевезень, мережа постачальників та споживачів, обсяги відправлень продукції, парк рухомого складу досліджуваного підприємства, характеристика засобів механізації вантажних робіт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Оптимізація маршрутів перевезення на основі складання транспортної задачі, 2.2. Розрахунок тривалості обороту автомобілів на маршрутах, 2.3. Визначення необхідної кількості транспортних засобів, 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                           | завдання видав                                                                      | прийняв виконане завдання                                                           |
| 1      | ОСТРОГЛЯД О.О., доцент                    |  |  |
| 2      | ОСТРОГЛЯД О.О., доцент                    |  |  |
| 3      | ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.               |  |  |
| 4      | ЛАЗУТКІН М.І., доцент                     |  |  |

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                                         | Строк виконання етапів проєкту (роботи ) | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| 1     | Аналітична частина                                                                               | 30.10.2023-06.11.2023                    |          |
| 2     | Основна частина                                                                                  | 07.11.2023-20.11.2023                    |          |
| 3     | Економічна частина                                                                               | 21.11.2023-27.11.2023                    |          |
| 4     | Охорона праці                                                                                    | 28.11.2023-01.12.2023                    |          |
| 5     | Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт | 01.12.2023-25.01.2024                    |          |

Студент(ка)

  
(підпис)

Кирило ТРИГУБ  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 76 с., 16 табл., 13 рис., 3 дод., 12 джерел.

ТАРНО-ШТУЧНІ ВАНТАЖІ, ПАКЕТУВАННЯ, ПІДДОН, ТРАНСПОРТНА ЗАДАЧА, МАРШРУТ, ОПТИМАЛЬНИЙ ПЛАН, ПРОБІГ, ОБОРОТ АВТОМОБІЛЯ.

Об'єкт дослідження – процес доставки тарно-штучних вантажів рухо-  
мим складом транспортного підприємства.

Мета роботи – удосконалення процесу доставки тарно-штучних ванта-  
жів за рахунок оптимізації маршрутів перевезень.

Методи дослідження – аналітичний, графічний, статистичний аналіз,  
метод потенціалів.

В магістерській роботі на прикладі рухомого складу транспортного підприємства досліджено процес доставки тарно-штучних вантажів. Про-  
аналізовано існуючі маршрути перевезень будівельних матеріалів спожива-  
чам та виявлено їх недоліки. Оптимізовано схему маршрутів шляхом  
розв'язання транспортної задачі методом потенціалів.

Визначено тривалість обороту автомобілів на маршрутах за умови за-  
лучення одного та двох водіїв, а також розраховано необхідну кількість  
транспортних засобів для забезпечення здійснення перевезень. Доцільність  
пропонованих рішень підтверджується економічними розрахунками.

## ЗМІСТ

|                                                                                    | с. |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на проєкт.....                                                            | 2  |
| Реферат.....                                                                       | 4  |
| Зміст.....                                                                         | 5  |
| Вступ.....                                                                         | 7  |
| 1 Аналітична частина.....                                                          | 8  |
| 1.1 Характеристика досліджуваного транспортного підприємства...                    | 8  |
| 1.2 Транспортна характеристика тарно-штучних вантажів.....                         | 11 |
| 1.3 Транспортно-технологічний процес перевезення тарно-штучних вантажів.....       | 14 |
| 1.4 Пакетування тарно-штучних вантажів.....                                        | 21 |
| 1.5 Аналіз існуючих маршрутів перевезення.....                                     | 25 |
| 1.6 Постановка завдань та обґрунтування необхідності дослідження.....              | 27 |
| 2 Основна частина.....                                                             | 29 |
| 2.1 Оптимізація маршрутів перевезення на основі складання транспортної задачі..... | 29 |
| 2.2 Визначення тривалості обороту автомобілів на маршрутах.....                    | 46 |
| 2.3 Визначення необхідної кількості транспортних засобів.....                      | 53 |
| 3 Економічна частина.....                                                          | 56 |
| 3.1 Економічне обґрунтування доцільності пропонованих рішень...                    | 56 |
| 3.2 Визначення витрат за базовим варіантом організації маршрутів.....              | 58 |
| 3.3 Визначення витрат за пропонованим варіантом організації маршрутів.....         | 59 |
| 3.4 Аналіз витрат та визначення економічного ефекту.....                           | 60 |
| 4 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях.....                            | 62 |

|     |                                                               |    |
|-----|---------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 | Аналіз потенційних небезпек.....                              |    |
| 4.2 | Заходи з пожежної безпеки.....                                | 62 |
|     | Висновки.....                                                 | 64 |
|     | Перелік джерел посилань.....                                  | 65 |
|     | Додаток А Аналіз додаткових потенційних небезпек.....         | 67 |
|     | Додаток Б Заходи по забезпеченню безпеки.....                 | 68 |
|     | Додаток В Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці..... | 69 |

## ВСТУП

Тарно-штучні вантажі є невід'ємною частиною сучасної економіки та являють собою основу для різних галузей промисловості та надають людям широкий спектр товарів і послуг.

Тарно-штучні вантажі також є важливим елементом логістичних ланцюгів і процесів. Вони вимагають певних навичок і знань, щоб правильно упаковувати, завантажувати, розвантажувати і перевозити. Це створює попит на професіоналів і фахівців у галузі логістики, які забезпечують безпеку та ефективність перевезення і доставки тарно-штучних вантажів.

В сучасних умовах розвитку глобальної економіки та зростання обсягів вантажоперевезень, ефективна та організована транспортування тарно-штучних вантажів визначається як один із ключових аспектів логістики та супроводжується низкою викликів та завдань для транспортних підприємств. З метою вдосконалення цього процесу та забезпечення його максимальної ефективності, транспортні підприємства встають перед завданням оптимізації організації перевезень тарно-штучних вантажів.

Актуальність даного дослідження визначається тим, що транспортні компанії, щоб залишатися конкурентоспроможними, повинні постійно вдосконалювати свої процеси, зокрема, у сфері перевезення тарно-штучних вантажів. Спрощення процедур та оптимізація управління цим видом вантажів можуть призвести до збільшення продуктивності, зниження витрат і підвищення задоволення клієнтів.

Враховуючи зростання обсягів вантажоперевезень та ускладнення логістичних викликів, присвячення уваги удосконаленню перевезення тарно-штучних вантажів стає актуальним завданням для транспортних підприємств, якому і присвячена дана робота.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика досліджуваного транспортного підприємства

Досліджуване транспортне підприємство спеціалізується на вантажних перевезеннях по Україні. Географія маршрутів перевезень не обмежується певними областями. Основні напрямлення це Київ, Львів, Рівне, Одеса, Дніпро. Також іноді виконуються невеликі замовлені в межах міста Запоріжжя.

Підприємство здійснює перевезення як за довгостроковими договорами з постійними клієнтами, так і за разовими замовленнями. Пошуком таких замовлень займається відділ логістики на спеціальних транспортних біржах таких як lardi, della, degruz тощо.

У списковому парку підприємства наявний рухомий склад різної вантажопідйомності. Але основу складають єврофури з тентованими напівпричепами вантажопідйомністю 20-22 т. Основні марки рухомого складу це:

- Renault MAGNUM 480.19;
- DAF 105;
- MAN – TGX.

Приклад рухомого складу та його технічні характеристики наведені на рис. 1.1 – 1.2 та табл. 1.1 – 1.2.

Також в наявності є 10-тонні автомобілі марки MAN TGS та 5-тонні - MAN TGL та Mercedes-Benz Atego.

Номенклатура вантажів, що перевозиться рухомим складом підприємства дуже різноманітна, в основному це тарно-штучні вантажі. В рамках даної роботи буде досліджено виконання замовлень на перевезення одного з основних клієнтів підприємства - постачальника будівельних матеріалів.

Поза наданням транспортних послуг, компанія виконує інші функції, що сприяють отриманню прибутку. Ці функції включають щоденний огляд транспортних засобів інших компаній, регулярні медичні перевірки водіїв інших підприємств, продаж пального та оренду території.



Рисунок 1.1 – Сідельний тягач Renault MAGNUM 480.19 T 4X2 HT1100

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика Renault MAGNUM 480.19 T4X2HT1100

| Характеристика                             | Значення        |
|--------------------------------------------|-----------------|
| 1                                          | 2               |
| Тип авто                                   | Сідельний тягач |
| Колісна формула                            | 4x2             |
| Повна маса авто, кг                        | 19000           |
| Допустиме навантаження на передню вісь, кг | 7100            |
| Допустиме навантаження на задню вісь, кг   | 13000           |
| Вантажопідйомність, кг                     | 30000           |
| Маса спорядженого авто, кг                 | 11405           |

Кінець таблиці 1.1

| 1                              | 2                       |
|--------------------------------|-------------------------|
| Максимальна швидкість (км/год) | 90                      |
| Двигун                         | DXi 12                  |
| Потужність двигуна (к.с.)      | 480                     |
| Коробка передач                | ZF 16 S 2220 TD         |
| Число передач                  | 16                      |
| Розмір шин                     | 315/70 R 22,5 XZA2/XDA2 |
| Паливний бак                   | 610                     |
| Кабіна                         | MULTIPASS               |
| Екологічний тип                | Euro-3                  |



Рисунок 1.2 – Тентований напівпричіп KRONE SDP 27

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика напівпричепу KRONE SDP 27

| Характеристика                        | Значення         |
|---------------------------------------|------------------|
| Модель                                | SDP 27 eLUB-CS   |
| Навантаження на сидло                 | 12 000 кг        |
| Навантаження на осі                   | 27 000 кг        |
| Максимальна вага                      | 39 000 кг        |
| Власна вага                           | 6 500 кг         |
| Вантажопідйомність                    | 32 500 кг        |
| Відстань між осями                    | 1 310 / 1 310 мм |
| Висота шворня                         | 975 мм           |
| Довжина напівпричепи                  | 13 620 мм        |
| Висота напівпричепи                   | 2 860 мм         |
| Ширина напівпричепи                   | 2 480 мм         |
| Корисна внутрішня висота напівпричепи | 3 000 мм         |

## 1.2 Транспортна характеристика тарно-штучних вантажів

Тарно-штучні вантажі - це товари або матеріали, які можуть бути індивідуально упаковані та транспортовані, зазвичай з використанням спеціального пакування або упаковки для забезпечення їх зручності та безпеки під час перевезення.

На відміну від сипучих або рідких вантажів, які вимагають спеціальних контейнерів або ємностей для перевезення, товарно-штучні вантажі можна зручно та безпечно переміщати на вантажних палетах або в спеціалізованих контейнерах [1].

Перевезення товарно-штучних вантажів потребує точного вибору транспортного засобу і спеціального обладнання для навантаження і розванта-

ження. Це забезпечує збереження цілісності упаковки і гарантує безпеку вантажу під час транспортування.

Товарно-штучні вантажі широко використовуються в різних сферах, включаючи виробництво, логістику, торгівлю і інші. Вони спрощують процеси складування, переміщення та доставки товарів, а також сприяють скороченню часу і витрат на обробку вантажів.

При класифікації штучних вантажів важливо звертати увагу на їх характеристики, оскільки вони визначають специфіку транспортування. До цієї категорії входять вироби з різних матеріалів, таких як пластик, метал, дерева та інші. Основні риси таких вантажів пов'язані із встановленими розмірами і правильною формою, сприяючи ефективному зберіганню та укладанню з мінімальними втратами корисного простору під час перевезення. Ці товари можуть бути упаковані з частковою фіксацією або без неї. Предмети для транспортування можна розділити на такі категорії:

- дрібні вантажі, які займають одне транспортне місце і мають вагу до 0,5 т;
- вантажі вагою від 0,5 до 20 т, які поміщаються в стандартні вантажні контейнери;
- вантажі із дуже великою вагою понад 20 т, які вимагають декількох транспортних місць і мають нестандартну форму;
- довгі вантажі, які потребують декількох транспортних платформ;
- негабаритні вантажі.

Ці категорії вантажів відрізняються за об'ємом, консистенцією та щільністю, і можуть бути упаковані в різні типи і розміри контейнерів відповідно до їхніх характеристик.

Прикладами тарно-штучних вантажів можуть бути:

- Електроніка та побутова техніка, така як телевізори, холодильники та комп'ютери;
- Меблі, включно зі стільцями, столами та шафами;
- Автомобілі та автозапчастини;

- Одяг та взуття;
- Продукти харчування та напої;
- Будівельні матеріали, такі як цегла, дошки та цемент;

Ці вантажі зазвичай можуть бути упаковані в коробки, палети, контейнери або інші форми пакування, щоб полегшити їх перевезення і зберігання.

Переваги тарно-штучних вантажів [1]:

1. *Захист товару.* Однією з ключових переваг тарно-штучних вантажів є можливість забезпечення надійного захисту товару під час транспортування. Кожна одиниця вантажу пакується або складається таким чином, щоб уникнути можливих пошкоджень, впливу зовнішніх факторів або втрати товару. Це особливо важливо для товарів, які потребують спеціального обережного відношення або мають крихкі матеріали, такі як скло або електроніка.

2. *Зручність навантаження і розвантаження.* Тарно-штучні вантажі вирізняються зручністю при навантаженні та розвантаженні. Кожна окрема одиниця вантажу представляє собою індивідуальний об'єкт, що спрощує процеси завантаження та вивантаження, оскільки працівникам достатньо лише взяти кожную одиницю та розмістити її на місце, не потрібно розпаковувати чи переміщати всі товари одночасно.

3. *Зручна інвентаризація.* Тарно-штучні вантажі також сприяють спрощенню процесів інвентаризації та відстеження товарів. Кожна окрема одиниця вантажу обладнана власним ідентифікатором або маркуванням, що дозволяє легко визначати та контролювати кількість товару на складі чи під час транспортування. Це спрощує визначення наявності товарів і сприяє ефективному управлінню запасами на складі.

4. *Економія місця.* Тарно-штучні вантажі дозволяють ефективно використовувати простір у складських приміщеннях та контейнерах. Кожна окрема одиниця вантажу має конкретні розміри і форму, що сприяє упакуванню більшої кількості товарів на обмеженій площі. Це особливо важливо під час перевезення значних обсягів товарів або при обмеженому просторі на складі чи в вантажних контейнерах.

5. *Легка ідентифікація.* Тарно-штучні вантажі спрощують ідентифікацію та розподіл товарів. Кожна окрема одиниця вантажу має етикетку або маркування, що містить інформацію про товар, його характеристики та призначення. Це дозволяє працівникам легко визначати, що знаходиться в кожній упаковці або контейнері, і правильно розподіляти товари відповідно до їх призначення. Такий підхід зменшує ризик помилок і спрощує процес сортування та доставки товарів.

Всі ці фактори роблять тарно-штучні вантажі незамінними в багатьох галузях і забезпечують надійне та ефективне транспортування товарів. Незалежно від того, що ви відправляєте або отримуєте, тарно-штучні вантажі є чудовим вибором для безпечної і добре організованої доставки.

### **1.3 Транспортно-технологічний процес перевезення тарно-штучних вантажів**

Перевезення тарно-штучних вантажів є важливою складовою вантажних автомобільних перевезень, існують дві основні технології, які застосовуються в цьому контексті: помашинні відправлення та дрібнопартійні перевезення [2].

Під час помашинних відправлень використовується універсальний транспортний засіб. В залежності від вимог до захисту вантажу можуть використовуватися бортові автомашини, універсальні та спеціалізовані фургони, або контейнери.

Дрібнопартійні перевезення, як правило, обслуговують клієнти, у яких немає механізованих пунктів вантажно-розвантаження (ПРП). У цьому випадку найбільш доцільним є використання транспортних засобів, обладнаних вантажно-розвантажувальними пристроями, такими як консольні кранові установки, порталні кранові установки, пристрої безкранового типу, ванта-

жопідйомний борт або комбіновані пристрої.

Для підвищення ефективності перевезення тарно-штучних вантажів ключовим є максимальне укрупнення вантажних одиниць. Це досягається за допомогою контейнерів, піддонів і пакетів. У результаті, хоча підготовка вантажів до перевезення може бути більш трудомісткою, зменшується час простоїв автотранспорту під час навантаження і розвантаження, а також спрощується процес оформлення документів. Наприклад, використання транспортних пакетів вагою 1 т різко зменшує кількість операцій на 100 разів порівняно з навантаженням вантажу вагою 10 кг на автомобільній платформі вантажопідйомністю 10 т. Використання контейнерів дозволяє мінімізувати кількість вантажних операцій.

Існує декілька варіантів завантаження вантажів у тентований рухомий склад. Верхнє навантаження: цей метод передбачає завантаження зверху, часто з використанням автомобільного крана (можливість завантаження збоку існує, але збільшує ризик пошкодження транспортного засобу). Використовується для навантаження важких і об'ємних грузів, особливо на тентованому чи повністю відкритому кузові.

Бокове навантаження: ефективно в тому випадку, якщо немає доступу до крана або рампи, але є автонавантажувач (рис.1.3). Цей метод також застосовується в разі наявності рампи. Якщо є рампа, найзручніший спосіб - використовувати роклу (рис. 1.4 – 1.5). Проміжок між рампою і транспортним засобом може вимагати використання листа металу для зручного переміщення рокли, зменшуючи час і зусилля при процедурі.

Рокла – це гідравлічний візок, що використовується для транспортування важких та габаритних вантажів на короткі відстані і виконання операцій з завантаження та розвантаження пакетів з найменшими зусиллями. У порівнянні з простими складськими візками, він має гідравлічний домкрат, який піднімає та опускає вила за допомогою тяги та важелів.

Використання такого типу техніки дозволяє полегшити та автоматизувати важку ручну працю при операціях з вантажами та їх переміщенні.



Рисунок 1.3 - Бічне завантаження вантажу з використанням автонавантажувача



Рисунок 1.4 - Рокла (візок гідравлічний)

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика візку гідравлічного СВУ-ІІІ(BF)2.5-1150x550N

| Показник                   | Значення                    |
|----------------------------|-----------------------------|
| Вантажопідйомність, кг     | 2000                        |
| Довжина вил, мм            | 1150                        |
| Ширина вил, мм             | 550                         |
| Матеріал колес/роликів     | нейлон                      |
| Мін висота від підлоги, мм | 85                          |
| Мах висота від підлоги, мм | 200                         |
| Розмір рульових коліс, мм  | 200x50                      |
| Розмір роликів, мм         | 80x70                       |
| Особливості                | гідровузол що розкручується |
| Виробник                   | Hunlift                     |



Рисунок 1.5 – Процес переміщення вантажу з використанням рокли

Заднє навантаження: найбільш популярний метод, яким зазвичай завантажують автомобілі різними видами вантажів. У Європі спостерігається тенденція до повного переходу до заднього навантаження на складах. Бічне навантаження залишається виключно для нестандартних палет. Вигода цього методу в його швидкості і зручності, оскільки водієві просто потрібно відкрити задні дверцята або спустити тент для початку навантаження.



Рисунок 1.5 - Заднє завантаження вантажу з використанням автонавантажувача

Навантаження тарно-штучних вантажів представляє собою процес переміщення і розміщення товарів, які упаковані в різні контейнери або коробки, з метою їх транспортування або зберігання. Ця дія є ключовою ланкою логістичного ланцюга і вимагає особливої уваги, оскільки від неї залежать безпека і цілісність вантажу. Існує кілька основних методів навантаження тарно-штучних вантажів, кожен з яких має свої характеристики і вимоги до дотримання правил і рекомендацій.

Один із широко вживаних методів навантаження – це використання ва-

нтажопідійомної техніки, такої як крани, навантажувачі, талі та інші механізми [3]. Вони використовуються для переміщення вантажу з платформи або з землі на транспортний засіб, при цьому важливо враховувати вагу і розміри вантажу для вибору відповідної техніки та забезпечення безпечного переміщення. На рис. 1.6 наведений приклад вилкового навантажувача.



Рисунок 1.6 - Вилочний навантажувач TEREN FD30T

Таблиця 1.4 - Технічна характеристика вилочного навантажувача TEREN FD30T

| Показник                    | Значення    |
|-----------------------------|-------------|
| Вільний хід, мм             | 850         |
| Розмір вил, мм              | 1070x125x45 |
| Кут нахилу Вперед/назад, мм | 6/12        |
| Довжина (без вил), мм       | 2705        |
| Ширина, мм                  | 1225        |
| Висота щогли, мм            | 2075        |

Кінець таблиці 1.4

| Показник                               | Значення      |
|----------------------------------------|---------------|
| Загальна висота з піднятими вилами, мм | 4260          |
| Висота по кабіні, мм                   | 2140          |
| Зовнішній радіус розвороту, мм         | 2445          |
| Відстань розвантаження, мм             | 480           |
| Швидкість                              |               |
| Рух з вантажем/без вантажу, км/год     | 18 /19,5      |
| Підйом з вантажем/без вантажу, мм/с    | 450 / 500     |
| Опускання з вантажем/без вантажу, мм/с | 450 / 450     |
| Акумулятор Вольтаж/ємність V/АН        | 12/80         |
| Двигун                                 |               |
| Виробник, модель ДВЗ                   | Xinchai, C490 |
| Номінальна потужність, кВт/об/хв       | 40/2650       |
| Крутний момент Нм/об/хв                | 162/1800-2000 |
| Кількість циліндрів                    | 4             |
| Об'єм двигуна                          | 2.7           |
| Ємність паливного бака                 | 70            |

Ще одним поширеним методом є ручне навантаження, де працівники вручну переміщують і укладають вантаж у контейнери або на палети. Цей метод застосовується, зокрема, для малих або легких предметів, які можна безпечно переносити вручну, і вимагає обережної організації та навчаного персоналу.

Ручне навантаження може бути здійснене за допомогою різних пристосувань, таких як вантажопідйомні ремені, стрічки, візки і контейнери. Вони дають змогу знизити навантаження на працівника і підвищити безпеку під час навантаження і розвантаження вантажів.

Ручне навантаження має низку переваг і недоліків. Серед переваг мож-

на відзначити гнучкість і маневреність - працівники можуть швидко реагувати на зміни в планах і вимогах навантаження. Крім того, ручне навантаження не потребує додаткового обладнання та спеціальних навичок. Однак, такий спосіб навантаження неефективний для великих і важких вантажів, а також може призвести до травм працівників, якщо вони неправильно піднімають і переміщують вантажі.

Деякі види вантажів вимагають спеціального транспортного пакування для забезпечення їхньої безпеки під час навантаження і транспортування. Наприклад, для крихких вантажів може використовуватися спеціальне пакування з протиударними вкладишами. Це допомагає зменшити ризик пошкодження вантажу і зберігає його в цілісності.

Таким чином, навантаження тарно-штучних вантажів може використовувати різні методи, такі як ручне навантаження, використання навантажувачів, конвеєрних систем, підйомників і ліфтів, а також спеціалізованого обладнання. Кожен з цих методів має свої особливості та вимоги до безпеки та правильності використання. Перед навантаженням важливо провести попередню оцінку і планування для оптимізації використання ресурсів та мінімізації ризиків.

#### **1.4 Пакетування тарно-штучних вантажів**

Пакетування тарно-штучних вантажів - це процес, спрямований на забезпечення їх зручного та безпечного транспортування. На сьогоднішній день існує безліч різних методів пакування, проте не всі з них є ефективними та відповідають певним потребам.

Одним з найефективніших методів пакування [4] є використання палет (рис. 1.7), на які укладаються вантажі. Цей метод дозволяє оптимізувати ви-

користання простору та укласти більшу кількість товарів у вантажний відсік. Крім того, палетування дозволяє легко переміщати вантажі за допомогою навантажувача або іншої спеціальної техніки.



Рисунок 1.7 – Європіддон 1200×800 мм

Іншим ефективним методом є використання стрейч-плівки. Це пластикова плівка, яка обгортається навколо вантажу для його захисту та фіксації. Стрейч-плівка надійно фіксує товари, зменшує ризик їхнього пошкодження під час перевезення та запобігає втраті ваги вантажу. Крім того, вона забезпечує захист від пилу, вологи та інших зовнішніх впливів.

Також варто відзначити використання картонних коробок і контейнерів. Вони дозволяють упаковувати різноманітні вантажі в єдиний зручний для перевезення і зберігання контейнер. Картонні коробки і контейнери мають достатню міцність і захищають товари від пошкоджень під час транспортування.

Вибір найефективнішого методу пакування тарно-штучних вантажів залежить від їхніх характеристик, розмірів, форми та виду транспортування. Правильне пакування дозволяє заощадити час, сили та ресурси, а також гарантує збереження товарів під час їхнього перевезення.

Вантажі, які можуть бути упаковані в пакети за своїми розмірами і властивостями, слід, як правило, подавати на перевезення у вигляді пакетів. За-

звичай власник вантажу виконує пакування до пред'явлення його для транспортування, хоча інші учасники логістичних систем, такі як термінали, можуть виконувати пакування для підвищення ефективності транспортно-вантажних операцій.

Пакети, які подаються для перевезення, повинні відповідати стандартам або технічним умовам. Піддони, які використовуються для перевезення пакетованих вантажів, можуть бути власністю перевізника, вантажовідправника або вантажоодержувача, і їх повернення після перевезення в залежності від умов договору.

При перевезенні вантажів у пакетах у товарно-транспортній накладній, крім основних реквізитів, зазначається: кількість пакетів;

- вид пакування окремих місць;
- тип піддона відповідно до стандартів або технічних умов;
- маса нетто вантажу в пакеті;
- маса брутто пакетів.

Приймання та видача вантажів у пакетах здійснюються перевізником, оглядом їх зовнішнього стану для перевірки цілісності без розпаковування та зважування.

Час простою автомашини під час навантаження та розвантаження визначається окремо для різних видів транспортних засобів, залежно від маси вантажу. Норми часу простою автомобіля встановлюються окремо для пунктів навантаження і розвантаження. Для бортових автомобілів час на навантаження або розвантаження вантажу масою до 1 т включно можна прийняти орієнтовно 12 хв, понад 1 т за кожен повну або неповну тонну додається 2 хв. Для автофургонів та інших автотранспортних засобів, завантаження або розвантаження яких здійснюється через бічні прорізи, за масу вантажу до 1 т - 13 хв, понад 1 т за кожен повну або неповну тонну додається 3 хв.

Вантаж, що пред'являється до перевезення повинен бути підготовлений згідно до вимог стандартів, Правил перевезення вантажів та іншої нормативної документації. Підготовка вантажу до перевезення має забезпечувати [4]:

- збереження вантажу на всьому протязі перевезення і безпеку автотранспортного засобу та навколишнього середовища;
- максимальне використання вантажопідйомності та (або) вантажомісткості автотранспортного засобу і вантажопідйомних механізмів;
- необхідну міцність пакування вантажу під час штабелювання і перевантажувальних операцій;
- зручність проведення вантажних операцій, кріплення і розміщення на автомашині та складах.

Вантажовідправник несе відповідальність за недоліки тари і внутрішнього пакування вантажу, а також за використання тари і пакування, що не відповідає вимогам.

При розміщенні тарно-штучних вантажів у кузові автомашини важливо враховувати порядок їх розміщення, використання прокладок та дотримання норм гранично допустимих навантажень на осі автотранспортного засобу.

Розподіл навантаження між осями автомобіля залежить від того, як вантаж розміщений у кузові, особливо, коли вантаж має значну одиничну масу. Навіть якщо дотримуються максимальної повної маси автотранспортного засобу, будь-яка з осей може бути перевантажена в разі розміщення вантажу.

При розміщенні тарно-штучних вантажів у кузові автомобіля важливо враховувати, що вантаж, як правило, розташовується на одному рівні (за винятком критого автотранспорту). Штучний вантаж повинен бути розміщений без проміжків. Якщо є проміжки між місцями вантажу, використовуйте надійні прокладки. Тара з рідким вантажем має бути закріплена пробкою зверху. Підняття вантажу над бортом автомобіля не повинно перевищувати одну третину висоти автомобіля. Штучні вантажі, що виступають за межі бортів кузова, слід надійно прив'язувати міцним і справним такелажем.

Фіксація вантажу повинна запобігати його руху та перекидання під час транспортування. Під час завантаження напівпричепів, це повинно відбуватися з передньої частини, а розвантаження - із задньої.

Металопрокат (включаючи рейки, прутки, профільний прокат, труби

діаметром до 350 мм тощо), чушки з кольорових металів, мідні та нікелеві катоди, а також мотки дроту повинні бути упаковані у пакети перед транспортуванням.

Вантажовідправник має зобов'язання перед транспортуванням бетонних виробів надати перевізнику вантажні характеристики цих виробів, а також вказати умови їхнього стропування та складування, а саме:

- найменування виробу, його марку, масу і розміри;
- схему складування і число ярусів, що допускається в штабелі, виходячи з міцнісних характеристик виробу;
- розміри прокладок;
- схему стропування із зазначенням граничних кутів відхилення гілок стропа від вертикалі;
- дані щодо захватних пристосувань;
- особливі умови під час вантажно-розвантажувальних робіт і розміщення вантажу.

### **1.5 Аналіз існуючих маршрутів перевезення**

Одним з основних клієнтів досліджуваного транспортного підприємства є компанія-постачальник будівельних матеріалів. Компанія має декілька складів в різних точках країни та широку мережу споживачів. В межах даного дослідження розглянемо доставку продукції рухомим складом транспортного підприємства за постійним контрактом. Згідно контракту необхідно здійснювати перевезення з трьох складів постачальника до п'яти клієнтів.

Головний склад замовника транспортних послуг знаходиться в м. Київ. Також є ще склади в м. Харків та м. Дніпро. Клієнти постачальника знаходяться в м. Одеса, м. Рівне, м. Львів, м. Вінниця та м. Луцьк.

Головний склад відправника, що знаходиться у м. Київ, обслуговує клієнтів 1, 2, 3 м. Вінниця, м. Луцьк та м. Львів відповідно. Маршрут відправлення наведено на рис. 1.8

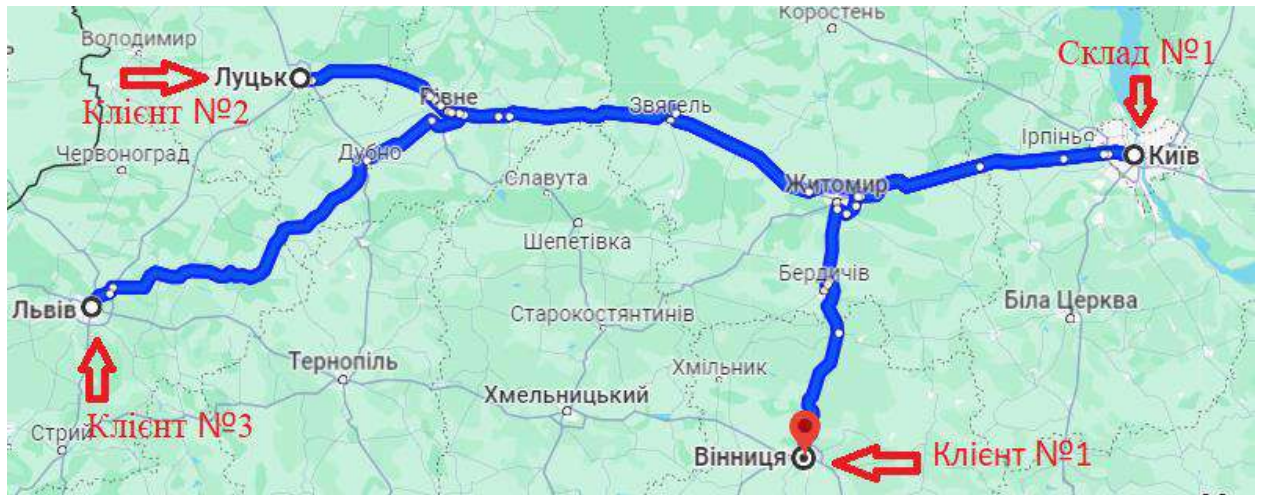


Рисунок 1.8 - Маршрути відправлень продукції зі складу №1

Зі складу №2 (м. Харків) продукція відправляється до м. Одеса, клієнту №4 (рис. 1.9)

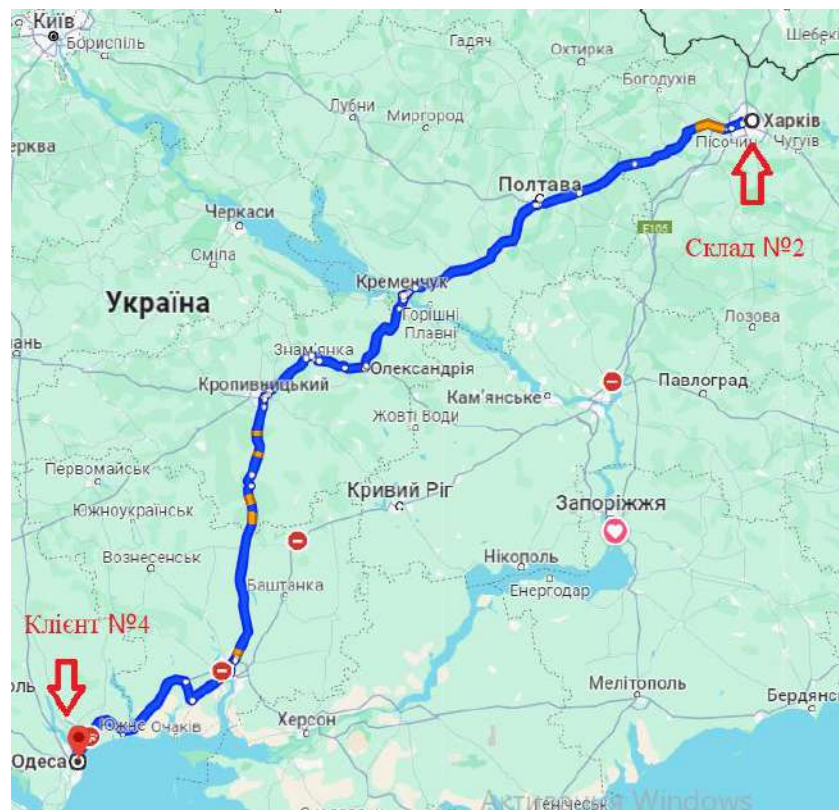


Рисунок 1.9 - Маршрут відправлення продукції зі складу №2

Зі складу №3 (м. Дніпро) продукція відправляється до м. Рівне, клієнту №5.

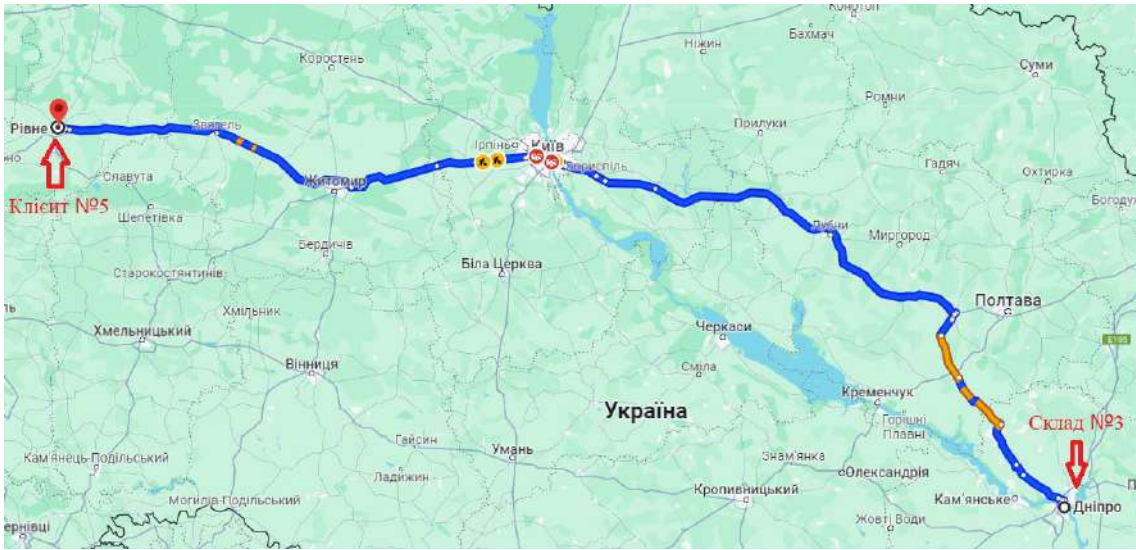


Рисунок 1.10 - Маршрут відправлення продукції зі складу №3

Таблиця 1.5 – Місячні обсяги відправок продукції

| Відправник          | Отримувач             | Відстань, км | Обсяг відправлення, т |
|---------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Склад 1 (м. Київ)   | Клієнт 1 (м. Вінниця) | 270          | 2800                  |
|                     | Клієнт 2 (м. Луцьк)   | 400          | 2100                  |
|                     | Клієнт 3 (м. Львів)   | 540          | 2400                  |
| Склад 2 (м. Харків) | Клієнт 4 (м. Одеса)   | 715          | 3800                  |
| Склад 3 (м. Дніпро) | Клієнт 5 (м. Рівне)   | 810          | 4400                  |

1.6 Постановка завдань та обґрунтування необхідності дослідження

В ході проведення аналізу були виділені маршрути з найбільшими вантажопотоками (будівельних матеріалів), які обслуговуються рухомим складом досліджуваного транспортного підприємства. Перевезення за цими мар-

шрутами здійснюються єврофурами вантажопідйомністю 20 т.

Встановлено, що в організації маршрутів роботи рухомого складу підприємства є деякі недоліки. Деякі маршрути є доволі тривалими, так як на автомобілях закріплено лише по одному водію.

В даній роботі пропонується:

- оптимізувати схему маршрутів доставки будівельних матеріалів зі складів постачальника клієнтам шляхом вирішення транспортної задачі;
- мінімізувати пробіг рухомого складу;
- визначити раціональну кількість автомобілів, що будуть обслуговувати дані маршрути.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Оптимізація маршрутів перевезення на основі складання транспортної задачі

Спочатку визначимо загальний пробіг автомобілів на кожному маршруті за базовим варіантом:

$$L = l \cdot \frac{Q_{\text{заг}}}{q_{\text{вант}}}$$

де  $l$  – відстань між пунктами відправлення та призначення, км;  
 $Q_{\text{заг}}$  - загальний вантажопотік на маршруті, т;  
 $q_{\text{вант}}$  - вантажопідйомність автомобіля, т.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення загального пробігу на маршрутах

| № | Маршрут        | Кількість їздок | Загальний пробіг, км |
|---|----------------|-----------------|----------------------|
| 1 | Київ – Вінниця | 140             | 37800                |
| 2 | Київ – Луцьк   | 105             | 42000                |
| 3 | Київ – Львів   | 120             | 64800                |
| 4 | Харків - Одеса | 190             | 135850               |
| 5 | Дніпро - Рівне | 220             | 178200               |
|   | Всього         | 775             | 458650               |

Для оптимізації маршрутів доставки вантажів складемо транспортну задачу.

Математична модель транспортної задачі має вигляд [5]:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

за умов:

$$\begin{cases} Z = \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, & j = \overline{1, n}; \\ Z = \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, & i = \overline{1, m}; \\ x_{ij} \geq 0. \end{cases}$$

де  $x_{ij}$  – величина обсягу перевезень продукції з  $i$ -го складу до  $j$ -го клієнта.

$a_i$  - наявність продукції на  $i$ -го складі

$b_j$  – потреба в продукції  $j$ -го клієнта

Складемо матрицю відстаней між містами пунктів відправлення та призначення (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Матриця відстаней

| Міста відправлення | Міста призначення |         |       |       |       |
|--------------------|-------------------|---------|-------|-------|-------|
|                    | Рівне             | Вінниця | Одеса | Луцьк | Львів |
| Дніпро             | 810               | 580     | 510   | 920   | 950   |
| Харків             | 820               | 720     | 715   | 880   | 1050  |
| Київ               | 330               | 270     | 480   | 400   | 540   |

Визначимо обмеження щодо запасів на складах:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} \leq 4400 \text{ (для складу 1);} \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \leq 3800 \text{ (для складу 2);} \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} \leq 7300 \text{ (для складу 3).} \end{cases}$$

Обмеження за потребами клієнтів:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + x_{31} \leq 4400 \text{ (для клієнта 1);} \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} \leq 2800 \text{ (для клієнта 2);} \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} \leq 3800 \text{ (для клієнта 3);} \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} \leq 2100 \text{ (для клієнта 4);} \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} \leq 2400 \text{ (для клієнта 5).} \end{cases}$$

Цільова функція матиме вигляд :

$$Z = 810x_{11} + 580x_{12} + 510x_{13} + 920x_{14} + 950x_{15} + 820x_{21} + 720x_{22} + 715x_{23} + \\ + 880x_{24} + 1050x_{25} + 330x_{31} + 270x_{32} + 480x_{33} + 400x_{34} + 540x_{35} \rightarrow \min$$

Складаємо транспортну таблицю, в яку вносимо всі умови задачі (табл. 2.3)

Таблиця 2.3 – Умови транспортної задачі перевезення продукції

|              | В1<br>Рівне | В2<br>Вінниця | В3<br>Одеса | В4<br>Луцьк | В5<br>Львів | Запаси |
|--------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| А1<br>Дніпро | 810         | 580           | 510         | 920         | 950         | 4400   |
| А2<br>Харків | 820         | 720           | 715         | 880         | 1050        | 3800   |
| А3<br>Київ   | 330         | 270           | 480         | 400         | 540         | 7300   |
| Потреби      | 4400        | 2800          | 3800        | 2100        | 2400        | 15500  |

Перевіряємо необхідну умову рішення задачі:

$$\sum_i^m a = 4400 + 3800 + 7300 = 15500;$$

$$\sum_j^n b = 4400 + 2800 + 3800 + 2100 + 2400 = 15500.$$

Модель транспортної задачі є закритою, так як запаси рівні потребам. Отже умова балансу виконується.

Будуємо перший опорний план задачі використовуючи метод найменшої відстані [6]. Суть цього методу полягає в обиранні найменшої відстані з усієї таблиці і розміщенні її в клітинці, яка відповідає меншому значенню серед чисел  $a_i$  або  $b_j$ . Наступним кроком виключається або рядок, пов'язаний з постачальником, запаси якого повністю витрачено, або стовпець, що відповідає споживачеві, потреби якого повністю задоволено. Якщо витрачено запаси постачальника і задоволено потреби споживача, то виключають і рядок, і стовпець. Залишившись з частиною таблиці відстаней, знову вибирають найменшу відстань, і процес розподілу запасів триває до тих пір, поки всі запаси не будуть розподілені і потреби задоволені.

Шуканий елемент дорівнює  $c_{32} = 270$ . Для нього запаси складають 7300, а потреби - 2800. Так як мінімальним значенням є 2800, то віднімаємо його від запасу.

$$x_{32} = \min(7300, 2800) = 2800.$$

|      |                        |      |      |      |                           |
|------|------------------------|------|------|------|---------------------------|
| 810  | $x$                    | 510  | 920  | 950  | 4400                      |
| 820  | $x$                    | 715  | 880  | 1050 | 3800                      |
| 330  | 270                    | 480  | 400  | 540  | <b>7300 - 2800 = 4500</b> |
| 4400 | <b>2800 - 2800 = 0</b> | 3800 | 2100 | 2400 |                           |

Наступний розглядаємо елемент  $c_{31}=330$ . Запаси для нього становлять 4500, потреби - 4400.

$$x_{31} = \min(4500, 4400) = 4400.$$

|                        |     |      |      |      |                          |
|------------------------|-----|------|------|------|--------------------------|
| $x$                    | $x$ | 510  | 920  | 950  | 4400                     |
| $x$                    | $x$ | 715  | 880  | 1050 | 3800                     |
| <b>330</b>             | 270 | 480  | 400  | 540  | <b>4500 - 4400 = 100</b> |
| <b>4400 - 4400 = 0</b> | 0   | 3800 | 2100 | 2400 |                          |

Для елементу  $c_{34}=400$  запаси дорівнюють 100, потреби - 2100.  
 $x_{34} = \min(100, 2100) = 100.$

|     |     |      |                          |      |                      |
|-----|-----|------|--------------------------|------|----------------------|
| $x$ | $x$ | 510  | 920                      | 950  | 4400                 |
| $x$ | $x$ | 715  | 880                      | 1050 | 3800                 |
| 330 | 270 | $x$  | <b>400</b>               | $x$  | <b>100 - 100 = 0</b> |
| 0   | 0   | 3800 | <b>2100 - 100 = 2000</b> | 2400 |                      |

Наступний елемент  $c_{13}=510$ . Для нього запаси становлять 4400, потреби - 3800.

$$x_{13} = \min(4400, 3800) = 3800.$$

|     |     |                        |      |      |                          |
|-----|-----|------------------------|------|------|--------------------------|
| $x$ | $x$ | <b>510</b>             | 920  | 950  | <b>4400 - 3800 = 600</b> |
| $x$ | $x$ | $x$                    | 880  | 1050 | 3800                     |
| 330 | 270 | $x$                    | 400  | $x$  | 0                        |
| 0   | 0   | <b>3800 - 3800 = 0</b> | 2000 | 2400 |                          |

Для елементу  $c_{24}=880$ . Запаси дорівнюють 3800, потреби - 2000.

$$x_{24} = \min(3800, 2000) = 2000.$$

|     |     |     |                        |      |                           |
|-----|-----|-----|------------------------|------|---------------------------|
| x   | x   | 510 | x                      | 950  | 600                       |
| x   | x   | x   | <b>880</b>             | 1050 | <b>3800 - 2000 = 1800</b> |
| 330 | 270 | x   | 400                    | x    | 0                         |
| 0   | 0   | 0   | <b>2000 - 2000 = 0</b> | 2400 |                           |

Для елементу  $c_{15}=950$ . Запаси рівні 600, потреби - 2400.

$$x_{15} = \min(600, 2400) = 600.$$

|     |     |     |     |                          |                      |
|-----|-----|-----|-----|--------------------------|----------------------|
| x   | x   | 510 | x   | <b>950</b>               | <b>600 - 600 = 0</b> |
| x   | x   | x   | 880 | 1050                     | 1800                 |
| 330 | 270 | x   | 400 | x                        | 0                    |
|     | 0   | 0   | 0   | <b>2400 - 600 = 1800</b> |                      |

Наступний елемент  $c_{25}=1050$ , запаси складають 1800, потреби 1800.

$$x_{25} = \min(1800, 1800) = 1800.$$

|     |     |     |     |                        |                        |
|-----|-----|-----|-----|------------------------|------------------------|
| x   | x   | 510 | x   | 950                    | 0                      |
| x   | x   | x   | 880 | <b>1050</b>            | <b>1800 - 1800 = 0</b> |
| 330 | 270 | x   | 400 | x                      | 0                      |
| 0   | 0   | 0   | 0   | <b>1800 - 1800 = 0</b> |                        |

Таким чином було отримано перший опорний план, в якому всі вантажі зі складів вивезені і потреби клієнтів задоволені (табл. 2.4)

Таблиця 2.4 - Перший опорний план

|       | B1        | B2        | B3        | B4        | B5         | Запаси |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|
| A1    | 810       | 580       | 510[3800] | 920       | 950[600]   | 4400   |
| A2    | 820       | 720       | 715       | 880[2000] | 1050[1800] | 3800   |
| A3    | 330[4400] | 270[2800] | 480       | 400[100]  | 540        | 7300   |
| Потр. | 4400      | 2800      | 3800      | 2100      | 2400       |        |

Кількість зайнятих клітинок в таблиці має бути  $m + n - 1 = 7$ , що свідчить про те, що план не є виродженим. Отже такий план є допустимим.

Цільова функція такого плану дорівнюватиме:

$$F(x) = 510 \cdot 3800 + 950 \cdot 600 + 880 \cdot 2000 + 1050 \cdot 1800 + 330 \cdot 4400 + 270 \cdot 2800 + 400 \cdot 100 = 8406000$$

Далі слід перевірити отриманий опорний план на оптимальність. Для цього визначаємо попередні потенціали  $u_i$ ,  $v_j$ . За зайнятими клітинками в таблиці, де  $u_i + v_j = c_{ij}$ , вважаючи, що  $u_1 = 0$ .

$$u_1 + v_3 = 510; 0 + v_3 = 510; v_3 = 510$$

$$u_1 + v_5 = 950; 0 + v_5 = 950; v_5 = 950$$

$$u_2 + v_5 = 1050; 950 + u_2 = 1050; u_2 = 100$$

$$u_2 + v_4 = 880; 100 + v_4 = 880; v_4 = 780$$

$$u_3 + v_4 = 400; 780 + u_3 = 400; u_3 = -380$$

$$u_3 + v_1 = 330; -380 + v_1 = 330; v_1 = 710$$

$$u_3 + v_2 = 270; -380 + v_2 = 270; v_2 = 650$$

|            | $v_1=710$ | $v_2=650$ | $v_3=510$ | $v_4=780$ | $v_5=950$  |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| $u_1=0$    | 810       | 580       | 510[3800] | 920       | 950[600]   |
| $u_2=100$  | 820       | 720       | 715       | 880[2000] | 1050[1800] |
| $u_3=-380$ | 330[4400] | 270[2800] | 480       | 400[100]  | 540        |

Наведений опорний план не оптимальний, через те що є оцінки вільних клітинок, для яких  $u_i + v_j > c_{ij}$

$$(1;2): 0 + 650 > 580; \Delta_{12} = 0 + 650 - 580 = 70 > 0$$

$$(2;2): 100 + 650 > 720; \Delta_{22} = 100 + 650 - 720 = 30 > 0$$

$$(3;5): -380 + 950 > 540; \Delta_{35} = -380 + 950 - 540 = 30 > 0$$

$$\max(70, 30, 30) = 70$$

Обираємо найвищу оцінку у вільній комірці (1;2): 580. Для досягнення цієї мети встановимо позначку "+" у перспективній клітинці (1;2), а в решті вершин багатокутника будемо чергувати позначки "-", "+", "-", які змінюються одна за одною.

|         | B1        | B2               | B3            | B4               | B5                | Запаси |
|---------|-----------|------------------|---------------|------------------|-------------------|--------|
| A1      | 810       | 580<br>[+]       | 510<br>[3800] | 920              | 950<br>[600][-]   | 4400   |
| A2      | 820       | 720              | 715           | 880<br>[2000][-] | 1050<br>[1800][+] | 3800   |
| A3      | 330[4400] | 270<br>[2800][-] | 480           | 400<br>[100][+]  | 540               | 7300   |
| Потреби | 4400      | 2800             | 3800          | 2100             | 2400              |        |

Розглядаємо цикл  $(1,2 \rightarrow 1,5 \rightarrow 2,5 \rightarrow 2,4 \rightarrow 3,4 \rightarrow 3,2)$ .

Обираємо найменший вантаж із вантажів  $x_{ij}$ , які розташовані у від'ємних клітинах, а саме  $y = \min(1, 5) = 600$ . Додаємо 600 до об'ємів вантажів, розташованих у додаткових клітинах, та віднімаємо 600 від  $x_{ij}$ , що знаходяться у від'ємних клітинах.

В результаті отримуємо оновлений опорний план:

|         | B1            | B2            | B3            | B4            | B5             | Запаси |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| A1      | 810           | 580<br>[600]  | 510<br>[3800] | 920           | 950            | 4400   |
| A2      | 820           | 720           | 715           | 880<br>[1400] | 1050<br>[2400] | 3800   |
| A3      | 330<br>[4400] | 270<br>[2200] | 480           | 400<br>[700]  | 540            | 7300   |
| Потреби | 4400          | 2800          | 3800          | 2100          | 2400           |        |

Перевіряємо план на оптимальність:

$$u_1 + v_2 = 580; 0 + v_2 = 580; v_2 = 580$$

$$u_3 + v_2 = 270; 580 + u_3 = 270; u_3 = -310$$

$$u_3 + v_1 = 330; -310 + v_1 = 330; v_1 = 640$$

$$u_3 + v_4 = 400; -310 + v_4 = 400; v_4 = 710$$

$$u_2 + v_4 = 880; 710 + u_2 = 880; u_2 = 170$$

$$u_2 + v_5 = 1050; 170 + v_5 = 1050; v_5 = 880$$

$$u_1 + v_3 = 510; 0 + v_3 = 510; v_3 = 510$$

Наведений опорний план не оптимальний:

$$(2;2): 170 + 580 > 720; \Delta_{22} = 170 + 580 - 720 = 30 > 0$$

$$(3;5): -310 + 880 > 540; \Delta_{35} = -310 + 880 - 540 = 30 > 0$$

$$\max(30,30) = 30$$

|            |           |           |           |           |            |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|            | $v_1=640$ | $v_2=580$ | $v_3=510$ | $v_4=710$ | $v_5=880$  |
| $u_1=0$    | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950        |
| $u_2=170$  | 820       | 720       | 715       | 880[1400] | 1050[2400] |
| $u_3=-310$ | 330[4400] | 270[2200] | 480       | 400[700]  | 540        |

Наступним кроком обираємо комірку (2;2): 720. Аналогічним чином проставляємо знаки «+» та «-».

|         |               |                  |               |                  |                |        |
|---------|---------------|------------------|---------------|------------------|----------------|--------|
|         | B1            | B2               | B3            | B4               | B5             | Запаси |
| A1      | 810           | 580<br>[600]     | 510<br>[3800] | 920              | 950            | 4400   |
| A2      | 820           | 720<br>[+]       | 715           | 880<br>[1400][-] | 1050<br>[2400] | 3800   |
| A3      | 330<br>[4400] | 270<br>[2200][-] | 480           | 400<br>[700][+]  | 540            | 7300   |
| Потреби | 4400          | 2800             | 3800          | 2100             | 2400           |        |

Розглядаємо цикл  $(2,2 \rightarrow 2,4 \rightarrow 3,4 \rightarrow 3,2)$ . З від'ємних комірок обираємо найменше значення  $y = \min(2, 4) = 1400$ . Додаємо його до додатних комірок та віднімаємо від значень комірок зі знаком.

Новий опорний план виглядатиме наступним чином:

|         |           |           |           |           |            |        |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|
|         | B1        | B2        | B3        | B4        | B5         | Запаси |
| A1      | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950        | 4400   |
| A2      | 820       | 720[1400] | 715       | 880       | 1050[2400] | 3800   |
| A3      | 330[4400] | 270[800]  | 480       | 400[2100] | 540        | 7300   |
| Потреби | 4400      | 2800      | 3800      | 2100      | 2400       |        |

Перевіряємо план на оптимальність:

$$u_1 + v_2 = 580; 0 + v_2 = 580; v_2 = 580$$

$$u_2 + v_2 = 720; 580 + u_2 = 720; u_2 = 140$$

$$u_2 + v_5 = 1050; 140 + v_5 = 1050; v_5 = 910$$

$$u_3 + v_2 = 270; 580 + u_3 = 270; u_3 = -310$$

$$u_3 + v_1 = 330; -310 + v_1 = 330; v_1 = 640$$

$$u_3 + v_4 = 400; -310 + v_4 = 400; v_4 = 710$$

$$u_1 + v_3 = 510; 0 + v_3 = 510; v_3 = 510$$

|            | $v_1=640$ | $v_2=580$ | $v_3=510$ | $v_4=710$ | $v_5=910$  |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| $u_1=0$    | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950        |
| $u_2=140$  | 820       | 720[1400] | 715       | 880       | 1050[2400] |
| $u_3=-310$ | 330[4400] | 270[800]  | 480       | 400[2100] | 540        |

Даний план не може бути представлений як оптимальний, так як в ньому присутні оцінки вільних клітинок, для яких  $u_i + v_j > c_{ij}$

$$(3;5): -310 + 910 > 540; \Delta_{35} = -310 + 910 - 540 = 60 > 0$$

Обираємо найвищу оцінку у вільній клітині (3;5): 540. Для досягнення цього мети встановимо позначку "+" в перспективній клітинці (3;5), а в решті вершин прямокутника чергуються позначки "-", "+", "-".

|         | B1            | B2               | B3            | B4            | B5                | Запаси |
|---------|---------------|------------------|---------------|---------------|-------------------|--------|
| A1      | 810           | 58<br>0[600]     | 510<br>[3800] | 920           | 950               | 4400   |
| A2      | 820           | 720<br>[1400][+] | 715           | 880           | 1050<br>[2400][-] | 3800   |
| A3      | 330<br>[4400] | 270<br>[800][-]  | 480           | 400<br>[2100] | 540<br>[+]        | 7300   |
| Потреби | 4400          | 2800             | 3800          | 2100          | 2400              |        |

Розглядаємо цикл  $(3,5 \rightarrow 3,2 \rightarrow 2,2 \rightarrow 2,5)$ . З від'ємних комірок обираємо найменше значення  $y = \min(3, 2) = 800$ . Додаємо його до додатних комірок та віднімаємо від значень комірок зі знаком.

Отриманий опорний план:

|         | B1        | B2        | B3        | B4        | B5         | Запаси |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|--------|
| A1      | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950        | 4400   |
| A2      | 820       | 720[2200] | 715       | 880       | 1050[1600] | 3800   |
| A3      | 330[4400] | 270       | 480       | 400[2100] | 540[800]   | 7300   |
| Потреби | 4400      | 2800      | 3800      | 2100      | 2400       |        |

Перевіряємо отриманий план на оптимальність:

$$u_1 + v_2 = 580; 0 + v_2 = 580; v_2 = 580$$

$$u_2 + v_2 = 720; 580 + u_2 = 720; u_2 = 140$$

$$u_2 + v_5 = 1050; 140 + v_5 = 1050; v_5 = 910$$

$$u_3 + v_5 = 540; 910 + u_3 = 540; u_3 = -370$$

$$u_3 + v_1 = 330; -370 + v_1 = 330; v_1 = 700$$

$$u_3 + v_4 = 400; -370 + v_4 = 400; v_4 = 770$$

$$u_1 + v_3 = 510; 0 + v_3 = 510; v_3 = 510$$

|            | $v_1=700$ | $v_2=580$ | $v_3=510$ | $v_4=770$ | $v_5=910$  |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| $u_1=0$    | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950        |
| $u_2=140$  | 820       | 720[2200] | 715       | 880       | 1050[1600] |
| $u_3=-370$ | 330[4400] | 270       | 480       | 400[2100] | 540[800]   |

Даний план не є оптимальним:

$$(2;1): 140 + 700 > 820; \Delta_{21} = 140 + 700 - 820 = 20 > 0$$

$$(2;4): 140 + 770 > 880; \Delta_{24} = 140 + 770 - 880 = 30 > 0$$

$$\max(20,30) = 30$$

Обираємо максимальну оцінку для комірки (2;4): 880

В комірку (2;4) ставимо «+», а в інших вершинах прямокутника чергуємо знаки «-», «+», «-».

|         | B1            | B2            | B3            | B4               | B5                | Запаси |
|---------|---------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|--------|
| A1      | 810           | 580<br>[600]  | 510<br>[3800] | 920              | 950               | 4400   |
| A2      | 820           | 720<br>[2200] | 715           | 880<br>[+]       | 1050<br>[1600][-] | 3800   |
| A3      | 330<br>[4400] | 270           | 480           | 400<br>[2100][-] | 540<br>[800][+]   | 7300   |
| Потреби | 4400          | 2800          | 3800          | 2100             | 2400              |        |

Розглядаємо цикл  $(2,4 \rightarrow 2,5 \rightarrow 3,5 \rightarrow 3,4)$ . З від'ємних комірок обираємо найменше значення  $y = \min(2, 5) = 1600$ . Додаємо його до додатних комірок та віднімаємо від значень комірок зі знаком.

Отримаємо наступний опорний план:

|         | B1        | B2        | B3        | B4        | B5        | Запаси |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| A1      | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950       | 4400   |
| A2      | 820       | 720[2200] | 715       | 880[1600] | 1050      | 3800   |
| A3      | 330[4400] | 270       | 480       | 400[500]  | 540[2400] | 7300   |
| Потреби | 4400      | 2800      | 3800      | 2100      | 2400      |        |

Перевіряємо оптимальність плану:

$$u_1 + v_2 = 580; 0 + v_2 = 580; v_2 = 580$$

$$u_2 + v_2 = 720; 580 + u_2 = 720; u_2 = 140$$

$$u_2 + v_4 = 880; 140 + v_4 = 880; v_4 = 740$$

$$u_3 + v_4 = 400; 740 + u_3 = 400; u_3 = -340$$

$$u_3 + v_1 = 330; -340 + v_1 = 330; v_1 = 670$$

$$u_3 + v_5 = 540; -340 + v_5 = 540; v_5 = 880$$

$$u_1 + v_3 = 510; 0 + v_3 = 510; v_3 = 510$$

|            | $v_1=670$ | $v_2=580$ | $v_3=510$ | $v_4=740$ | $v_5=880$ |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $u_1=0$    | 810       | 580[600]  | 510[3800] | 920       | 950       |
| $u_2=140$  | 820       | 720[2200] | 715       | 880[1600] | 1050      |
| $u_3=-340$ | 330[4400] | 270       | 480       | 400[500]  | 540[2400] |

Так як всі оцінки вільних клітинок задовольняють умову  $u_i + v_j \leq c_{ij}$ ,  
можемо зробити висновок, що цей план є оптимальним (табл. 2.5).

Цільова функція оптимального плану:

$$F(x) = 580 \cdot 600 + 510 \cdot 3800 + 720 \cdot 2000 + 880 \cdot 1600 + 330 \cdot 4400 + \\ + 400 \cdot 500 + 540 \cdot 270 = 8226000 \text{ ткм.}$$

Таблиця 2.5 – Оптимальний план перевезень

|              | B1<br>Рівне | B2<br>Вінниця | B3<br>Одеса | B4<br>Луцьк | B5<br>Львів | Запаси |
|--------------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| A1<br>Дніпро | -           | 600           | 3800        | -           | -           | 4400   |
| A2<br>Харків | -           | 2200          | -           | 1600        | -           | 3800   |
| A3<br>Київ   | 4400        | -             | -           | 500         | 2400        | 7300   |
| Потреби      | 4400        | 2800          | 3800        | 2100        | 2400        | 15500  |

Отже в результаті оптимізації плану перевезень необхідно:

- зі складу в м. Київ відправити вантажі клієнтам у м. Рівне (4400 т),  
м.Луцьк (500 т), м.Львів (2400 т).

- зі складу в м. Дніпро відправити вантажі клієнтам у м. Вінниця (600 т)  
та м. Одеса (3800 т).

- зі складу в м. Харків відправити вантажі клієнтам у м. Вінниця (2200  
т) та м. Луцьк (1600 т).

На рис. 2.1 наведено оптимальний план перевезень у вигляді графу,  
карта перевезень представлена на рис. 2.2

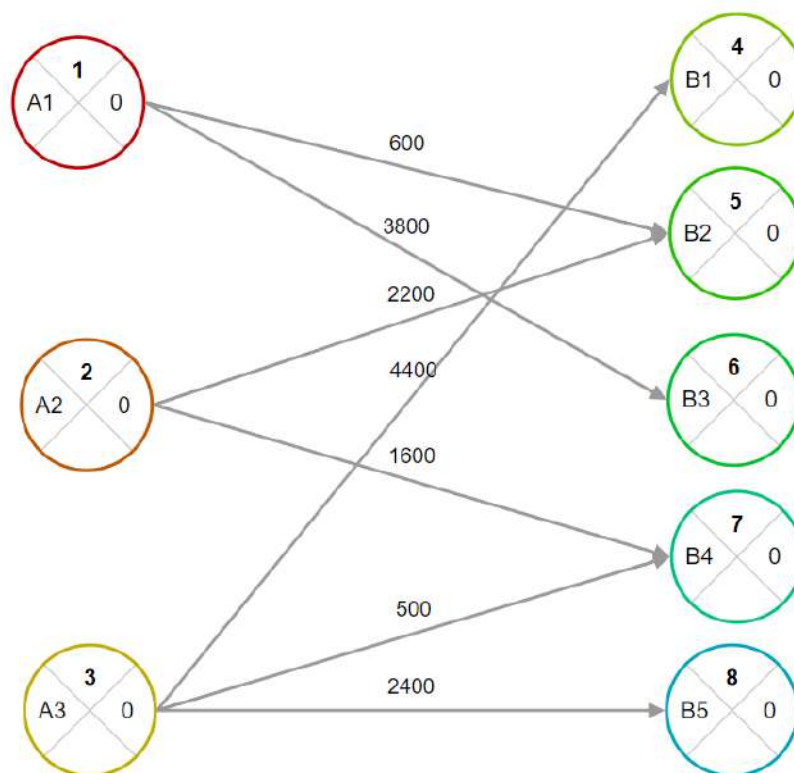


Рисунок 2.1 - Оптимальний план перевезень у вигляді графу

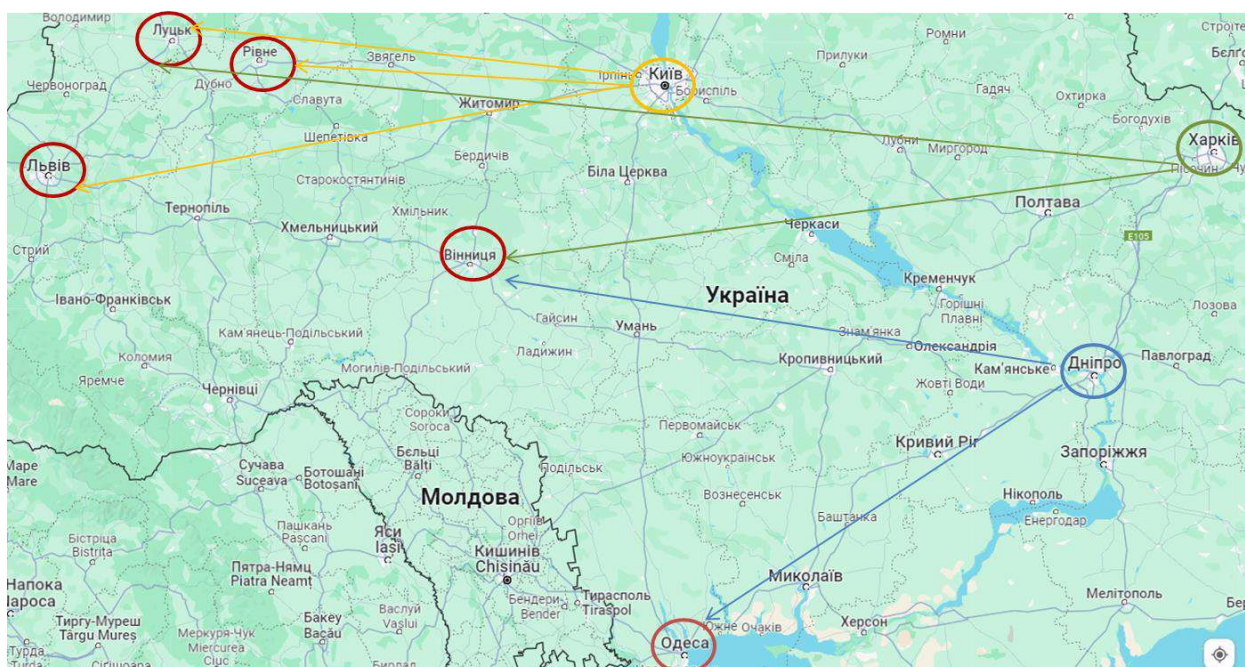


Рисунок 2.2 – Схема пропонуванних маршрутів перевезень

Визначимо кількість їздок за кожним маршрутом, враховуючи, що парк транспортного підприємства складають автомобілі вантажопідйомністю 20 тон та загальний пробіг рухомого складу на маршруті.

Таблиця 2.6 – Характеристика пропонованих маршрутів

| № | Маршрут          | Обсяг перевезень, т | Кількість їздок | Відстань, км | Загальний пробіг, км |
|---|------------------|---------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| 1 | Дніпро – Одеса   | 3800                | 190             | 510          | 96900                |
| 2 | Дніпро – Вінниця | 600                 | 30              | 580          | 17400                |
| 3 | Харків – Вінниця | 2200                | 110             | 720          | 79200                |
| 4 | Харків – Луцьк   | 1600                | 80              | 880          | 70400                |
| 5 | Київ – Рівне     | 4400                | 220             | 330          | 72600                |
| 6 | Київ – Луцьк     | 500                 | 25              | 400          | 10000                |
| 7 | Київ – Львів     | 2400                | 120             | 540          | 64800                |
|   | <b>Всього</b>    | <b>15500</b>        | <b>775</b>      |              | <b>411300</b>        |

У зворотному напрямку автомобілі завантажуються попутними тарноштучними вантажами різної номенклатури. Пошук замовлень здійснюється логістами транспортного підприємства на транспортних порталах [lardi.com](http://lardi.com) та [della.ua](http://della.ua) в оперативному режимі. Вантажі підбираються переважно на палетах, щоб скоротити час навантажувально-розвантажувальних робіт.

Загальний пробіг автомобілів з урахуванням зворотного руху складе:

- за базовим варіантом: 917300 км;
- за пропонованим варіантом – 822600 км.

Таким чином, при оптимізації маршрутів перевезень загальний пробіг автомобілів за квартал порівняно з існуючим варіантом скоротиться на:  
 $917300 - 822600 = 94700$  км.

## 2.2 Визначення тривалості обороту автомобілів на маршрутах

Визначимо тривалість обороту автомобілів при базовому та проектно-му варіантах організації маршрутів.

Час обороту знаходиться за формулою [7]:

$$t_{об} = t_{1(підг)} + t_{2(н)} + t_{3(н-р)} + t_{4(рм1)} + t_{3(в-р)} + t_{4(рм2)} + \\ + t_{5(кз)} + t_{6(вх)} + t_{7(доб)} + t_{8(що)};$$

де  $t_{1(підг)}$  – час на підготовку до рейсу (на медогляд водія виділяється 5 хв, на отримання документів, контрольний огляд автомобіля водієм, технічний огляд перед виходом на лінію і після повернення з лінії -18 хв), год. Для всіх варіантів приймаємо  $t_{1(підг)} = (18 + 5) / 60 = 0,4$  год.

$t_{2(н)}$  – час на нульовий пробіг (подача рухомого складу до місця навантаження), приймаємо 0,25 год;

$t_{3(в-р)}$  – час на вантажно-розвантажувальні роботи в пунктах відправлення і призначення (тобто час на завантаження у пункті А та час на вивантаження у пункті В), год;

$t_{4(рм1)}, t_{4(рм2)}$  – час руху на маршруті (від пункту А до пункту В, та від пункту В до АТП відповідно), год;

$t_{5(кз)}$  – час на короткочасні зупинки, год;

$t_{6(вх)}$  – час на відпочинок і харчування, год;

$t_{7(доб)}$  – час на щоденний (міжзмінний) відпочинок, год;

$t_{8(що)}$  – час на щоденне обслуговування рухомого складу, год.

Визначимо тривалість обороту автомобіля на першому маршруті м. Дніпро – м. Одеса. Так як відстань відносно невелика, на автомобіль призначено одного водія.

Час руху на маршруті від пункту відправлення до пункту призначення:

$$t_{4(\text{рм1})} = \frac{l_{\text{вант}}}{V_{\text{тм}}} = \frac{510}{55} = 9,3 \text{ год.}$$

Час на щоденне обслуговування визначаємо за нормативами, що наведені в таблиці 2.7. Для автомобіля (вантажопідйомність > 8,0 т) приймаємо 0,5 год, для напівпричепа (вантажопідйомність > 8,0 т) приймаємо 0,3 год. Отже для автопоїзда в цілому час на щоденне обслуговування складе:

$$t_{8(\text{що})} = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ год}$$

Таблиця 2.7 – Нормативи трудомісткості щоденного обслуговування рухомого складу

| Рухомий склад                                 | Основний параметр<br>(вантажопідйомність, т) | Трудомісткість ЩО,<br>чол.-год |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|
| Вантажні автомобілі<br>загального призначення | До 1,0                                       | 0,2                            |
|                                               | 1,0 – 3,0                                    | 0,3 – 0,55                     |
|                                               | 3,0 – 5,0                                    | 0,4 – 0,6                      |
|                                               | 5,0 – 8,0                                    | 0,45 – 0,6                     |
|                                               | 8,0 та більше                                | 0,5                            |
| Причепи                                       | Одноосні до 3,0                              | 0,1                            |
|                                               | Двоосні до 8,0                               | 0,2 – 0,3                      |
|                                               | 8,0 та більше                                | 0,3 – 0,4                      |
| Напівпричепи                                  | 8,0 та більше                                | 0,2 – 0,3                      |

Час на короткочасний відпочинок, перерви для відпочинку і харчування, на щоденний відпочинок доцільно визначати виходячи з послідовності виконання перевезення і норми робочого часу водія за зміну.

При призначенні одного водія на автомобіль час управління на маршруті в перший день, включаючи короткочасний відпочинок ( $T_{\text{упр}}^{\text{д1}}$ ), знаходимо за формулою:

$$T_{\text{упр}}^{\text{д1}} = T_{\text{зм}}^{\text{д1}} - t_{\text{л(підг)}} - t_{\text{з(в-р)}} - t_{\text{8(що)}}.$$

Згідно з нормами робочого часу водіїв тривалість щоденної роботи (зміни) водіям може встановлюватися не більше 10 год. Отже приймаємо  $T_{\text{зм}}^{\text{д1}} = 10$  год. Тоді час управління на маршруті в 1-й день складе:

$$T_{\text{упр}}^{\text{д1}} = 10 - 0,25 - 0,4 - 0,8 - 1,5 = 7,05 \text{ год.}$$

Для відпочинку і харчування має бути надано два перерви загальною тривалістю не більше 2 ч. Першу перерву тривалістю 1 год доцільно призначити після завантаження автопоїзда (через 3 години після початку зміни), потім через 2-3 години руху короткочасний відпочинок,  $t_{5(\text{кз})} - 0,25$  год і ще через наступні 2 години руху - другу перерву для відпочинку і харчування тривалістю 1 год.

Таким чином, в перший день водієві призначаються дві часових перерви (що не переривають рух транспортного засобу) і один короткочасний відпочинок.

*Час руху в перший день на маршруті* складе:

$$t_{\text{рух1}} = T_{\text{упр}}^{\text{д1}} - t_{5(\text{кз})}$$

$$t_{\text{рух1}} = 7,05 - 0,25 = 6,8 \text{ год.}$$

За цей проміжок часу автомобіль пройде:

$$l_{\text{рух1}} = t_{\text{рух1}} \cdot V_{\text{тм}} = 6,8 \cdot 55 = 374 \text{ км.}$$

$$l_{\text{рух1}} = 6,8 \cdot 55 = 374 \text{ км.}$$

*Час руху в другій день (від місця ночівлі до пункту призначення):*

$$t_{\text{рух2}} = t_{4(\text{рм1})} - t_{\text{рух1}}.$$

$$t_{\text{рух2}} = 9,3 - 6,8 = 2,5 \text{ год.}$$

Тривалість зміни з урахуванням підготовчо-заключного часу, часу на короткочасний відпочинок, розвантаження і щоденне обслуговування:

$$T_{\text{зм}}^{\text{д2}} = t_{1(\text{підг})} + t_{\text{рух2}} + t_{5(\text{кз})} + t_{3(\text{вивант})} + t_{3(\text{навант})} + t_{8(\text{що})}.$$

$$T_{\text{зм}}^{\text{д2}} = 0,4 + 2,5 + 0,25 + 1,5 + 0,8 + 1,5 = 6,7 \text{ год.}$$

Залишок часу:  $10 - 6,7 - 0,25 = 3,05 \text{ год.}$

За цей час автомобіль ще встигне проїхати  $3,05 \cdot 55 = 168 \text{ км}$

Залишок шляху в кінці другого дня складе:

$$l_{\text{залиш}} = 510 - 168 = 342 \text{ км}$$

Час руху в третій день:

$$t_{\text{рух3}} = T_{\text{зм}}^{\text{д3}} - t_{1(\text{підг})} - t_{5(\text{кз})} - t_{8(\text{що})}.$$

$T_{\text{зм}}^{\text{д3}}$  для третього дня приймаємо згідно норм робочого часу водіїв  
 $T_{\text{зм}}^{\text{д3}} = 10 \text{ год.}$

Для подолання залишку шляху потрібно:  $342 / 55 = 6,2 \text{ год}$

$$t_{\text{рух3}} = 10 - 0,4 - 0,25 - 0,8 = 8,55 \text{ год.}$$

Залишок часу:  $8,55 - 6,2 = 2,35 \text{ год}$

Отже автомобіль встигає вивантажитися в цей же день:  $2,35 - 1,5 = 0,85 \text{ год.}$

Таким чином робочий час авто на третій день складає 9,15 год.

Перерви доцільно призначити: перша - для відпочинку і харчування тривалістю 1 год через 3 ч руху; друга - для короткочасного відпочинку через 5 годин після початку руху; третя - для відпочинку і харчування тривалістю 1 год через 7 год руху.

*Робочий час за оборот:*

$$T_{\text{рч}} = T_{\text{зм}}^{\text{д1}} + T_{\text{зм}}^{\text{д2}} + T_{\text{зм}}^{\text{д3}} + t_{\text{рух4}}.$$

$$T_{\text{рч}} = 10 + 10 + 9,15 = 29,15 \text{ год.}$$

*Час відпочинку:*

- перерви для відпочинку і харчування під час перевезення

$$t_{\text{вх}} = t_{\text{вх}}^{\text{д1}} + t_{\text{вх}}^{\text{д2}} + t_{\text{вх}}^{\text{д3}} + t_{\text{вх}}^{\text{д4}}$$

$$t_{\text{вх}} = 2 + 2 + 1 = 5 \text{ год;}$$

- щоденний (міжзмінний) відпочинок

$$t_{\text{доб}} = (24 - T_{\text{зм}}^{\text{д1}} - t_{\text{вх}}^{\text{д1}}) + (24 - T_{\text{зм}}^{\text{д2}} - t_{\text{вх}}^{\text{д2}}) + (24 - T_{\text{зм}}^{\text{д3}} - t_{\text{вх}}^{\text{д3}}).$$

$$t_{\text{доб}} = (24 - 10 - 2) + (24 - 10 - 2) + (24 - 9,15 - 2) = 36,85 \text{ год}$$

*Час обороту:*

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рч}} + t_{\text{вх}} + t_{\text{доб}}$$

$$t_{\text{об}} = 29,15 + 6 + 36,85 = 72 \text{ год} = 3 \text{ доби.}$$

Після повернення до місця постійної роботи водієві повинно бути надано додатково до щотижневого відпочинку час:

$$t_{\text{дв}} = T_{\text{рч}} \cdot 2 - (t_{\text{доб}} + t_{\text{вх}})$$

$$t_{\text{дв}} = 34,7 \cdot 2 - (35,9 + 7) = 26,5 \text{ год.}$$

Визначимо тривалість обороту автомобіля на третьому маршруті м. Харків – м. Вінниця. Відстань маршруту складає 720 км, доцільно призначити два водія на автомобіль.

При призначенні двох водіїв на автомобіль тривалість першої зміни при чотирьох коротких і двох часових перервах:

$$T_{\text{зм}}^{\text{д1}} = t_{1(\text{підг})} + t_{2(\text{н})} + t_{3(\text{в-р})} + t_{4(\text{рм1})} + t_{5(\text{кз})} + t_{3(\text{в-р})} + t_{8(\text{що})}.$$

$$t_{4(\text{рм1})} = t_{4(\text{рм2})} = \frac{720}{55} = 13,09 \text{ год}$$

$$T_{\text{зм}}^{\text{д1}} = 0,4 + 0,25 + 1,5 + 13,09 + 4 \cdot 0,25 + 1,5 + 0,8 = 18,54 \text{ ч.}$$

Тривалість другої зміни (повернення порожнього автомобіля до місця постійної роботи, три коротких і два часових перерви):

$$T_{\text{зм}}^{\text{д2}} = t_{1(\text{підг})} + t_{4(\text{рм2})} + t_{5(\text{кз})} + t_{8(\text{що})};$$

$$T_{\text{зм}}^{\text{д2}} = 0,4 + 1,5 + 13,09 + 4 \cdot 0,25 + 1,5 + 0,8 = 18,3 \text{ год};$$

- час міжзмінного відпочинку:

$$t_{\text{доб}} = \frac{T_{\text{зм}}^{\text{д1}}}{2} = \frac{19,35}{2} \approx 10 \text{ год.}$$

- час обороту:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{зм}}^{\text{д1}} + T_{\text{зм}}^{\text{д2}} + 2 \cdot t_{\text{вх}} + t_{\text{доб}}$$

$$t_{\text{об}} = 18,54 + 18,3 + 2 \cdot 2 + 10 = 50,84 \text{ год.}$$

Аналогічним чином розраховуємо тривалість обороту для всіх маршрутів для базового та проектного варіантів. В базовому варіанті незалежно від відстані на кожен автомобіль призначалося по одному водію.

У пропонованому варіанті організації маршрутів на довгих дистанціях призначаємо по 2 водії на автомобіль (маршрути Харків – Вінниця та Харків – Луцьк). На всіх інших маршрутах – по одному водію на авто.

В результаті отримано таку тривалість оборотів:

**Базовий варіант:**

|                           |          |         |
|---------------------------|----------|---------|
| Маршрут 1. Київ – Вінниця | 2 доби   | 1 водій |
| Маршрут 2. Київ – Луцьк   | 2,5 доби | 1 водій |
| Маршрут 3. Київ – Львів   | 3 доби   | 1 водій |
| Маршрут 4. Харків – Одеса | 4 доби   | 1 водій |
| Маршрут 5. Дніпро – Рівне | 4,5 доби | 1 водій |

**Проектний варіант:**

|                             |          |         |
|-----------------------------|----------|---------|
| Маршрут 1. Дніпро – Одеса   | 3 доби   | 1 водій |
| Маршрут 2. Дніпро – Вінниця | 3,2 доби | 1 водій |
| Маршрут 3. Харків – Вінниця | 2,2 доби | 2 водія |
| Маршрут 4. Харків – Луцьк   | 2,5 діб  | 2 водія |
| Маршрут 5. Київ – Рівне     | 2 доби   | 1 водій |
| Маршрут 6. Київ – Луцьк     | 2,5 діб  | 1 водій |
| Маршрут 7. Київ – Львів     | 3 доби   | 1 водій |

**2.3 Визначення необхідної кількості транспортних засобів**

Визначаємо необхідну кількість транспортних засобів на маршруті:

$$N_{\text{авт}} = \frac{n_{\text{їзд}}}{K_{\text{о}}} \cdot t_{\text{об}}$$

де  $n_{\text{їзд}}$  – кількість їздок;

$K_{\text{о}}$  – календарний період перевезення планованого обсягу вантажу.

Кількість їздок на маршрутах визначаємо за формулою:

$$n_{\text{їзд}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{q_{\text{вант}}}$$

Для першого маршруту м.Дніпро – м.Одеса:

$$n_{\text{їзд}} = \frac{3800}{20} = 190 \text{ їздок}$$

$$N_{\text{авт}} = \frac{190}{90} \cdot 3 = 6,33 \text{ од}$$

Приймаємо 7 автомобілів на маршруті.

Аналогічні розрахунки проводимо на всіх маршрутах для базового та проектного варіанту. Результати розрахунків наведені у таблицях 2.8 – 2.9.

Таблиця 2.8 – Показники роботи на маршрутах за базовим варіантом

| № | Маршрут        | Відстань, км | Кількість їздок | Тривалість обороту, діб | Кількість водіїв на ТЗ | Всього водіїв | Кількість ТЗ на маршруті |
|---|----------------|--------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| 1 | Київ – Вінниця | 270          | 140             | 2                       | 1                      | 4             | 4                        |
| 2 | Київ – Луцьк   | 400          | 105             | 2,5                     | 1                      | 3             | 3                        |
| 3 | Київ – Львів   | 540          | 120             | 3                       | 1                      | 4             | 4                        |
| 4 | Харків - Одеса | 715          | 190             | 4                       | 1                      | 9             | 9                        |
| 5 | Дніпро - Рівне | 810          | 220             | 4,5                     | 1                      | 11            | 11                       |
|   |                |              |                 |                         |                        | <b>31</b>     | <b>31</b>                |

Таблиця 2.9– Показники роботи на маршрутах за проєктним варіантом

| № | Маршрут          | Відстань, км | Кількість їз-док | Тривалість об'їзду, діб | Кількість во-діїв на ТЗ | Всього во-діїв | Кількість ТЗ на маршруті |
|---|------------------|--------------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|
| 1 | Дніпро – Одеса   | 510          | 190              | 3                       | 1                       | 7              | 7                        |
| 2 | Дніпро – Вінниця | 580          | 30               | 3,2                     | 1                       | 1              | 1                        |
| 3 | Харків – Вінниця | 720          | 110              | 2,2                     | 2                       | 6              | 3                        |
| 4 | Харків – Луцьк   | 880          | 80               | 2,5                     | 2                       | 6              | 3                        |
| 5 | Київ – Рівне     | 330          | 220              | 2                       | 1                       | 5              | 5                        |
| 6 | Київ – Луцьк     | 400          | 25               | 2,5                     | 1                       | 1              | 1                        |
| 7 | Київ – Львів     | 540          | 120              | 3                       | 1                       | 4              | 4                        |
|   | <b>Всього</b>    |              |                  |                         |                         | <b>30</b>      | <b>24</b>                |

Таким чином більш раціональне планування маршрутів руху автомобілів при здійсненні перевезень будівельних матеріалів дає можливість зменшення кількості використовуваного рухомого складу на 7 одиниць.

Для підтвердження доцільності впровадження пропонованого рішення в наступному розділі виконаємо економічні розрахунки.

### **3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Економічне обґрунтування доцільності пропонованих рішень**

В основній частині магістерської роботи шляхом рішення транспортної задачі були оптимізовані маршрути перевезень будівельних матеріалів рухо-  
мим складом досліджуваного підприємства. В результаті було досягнене ско-  
рочення загального пробігу автомобілів на 94700 км за квартал.

Окрім того скоротилася кількість потрібних транспортних засобів для  
здійснення даних перевезень з 31 одиниці до 24 одиниці.

Кількість водіїв відрізняється всього на одну особу, так як у проектно-  
му варіанті пропонується на довгих маршрутах закріплювати по 2 водія за од-  
ним автомобілем. Проте цей водій може працювати в резерві, тому витрати  
на заробітну плату та відповідно соціальні відрахування суттєво не зміняться.

Скорочення пробігу та кількості автомобілів вплине на такі статті ви-  
трат:

- витрати на паливо та гаражні потреби;
- витрати на мастильні матеріали;
- витрати на ремонт транспортних засобів;
- експлуатаційні витрати;
- витрати на заміну шин.

Для визначення економічного ефекту розрахуємо ці статті витрат для  
базового та проектного варіанту.

Методика розрахунку досліджуваних статей витрат наведена в табл.3.1  
[8, 9].

Таблиця 3.1 – Розрахунок витрат

| Показник                               | Методика розрахунку                    | Пояснення                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Витрати на паливо, грн                 | $B_{нал} = C_{1л} \cdot Q_{нал}^{заг}$ | $C_{1л}$ – Вартість ДТ, $C_{1л} = 55$ грн за 1л.                                                                                                                 |
| Обсяг палива, л                        | $Q_{нал} = \frac{H_L}{100} \cdot L$    | $L$ – загальний пробіг рухомого складу за розглядуваний період;<br>$H_L$ – норма витрати ДТ на 100 км, л/100 км.<br>Приймаємо в середньому $H_L = 33$ л /100 км. |
| Витрати на гаражні потреби             | $B_{гар} = 0,07 \cdot B_{нал}$         |                                                                                                                                                                  |
| Витрати на мастильні матеріали         | $B_{мм} = 0,3 \cdot B_{нал}$           |                                                                                                                                                                  |
| Витрати на ремонт транспортних засобів | $B_{рем} = 1,8 \cdot Q_{нал}$          |                                                                                                                                                                  |
| Експлуатаційні витрати                 | $B_{експ} = 0,01 \cdot B_{нал}$        |                                                                                                                                                                  |
| Витрати на заміну шин                  | $N_{ки} = \frac{L}{l_{норм}}$          | $l_{норм}$ - нормативний пробіг до заміни шин, становить 60000 км.                                                                                               |
| Кількість комплектів шин               | $B_{ш} = N_{ки} \cdot C_{1ки}$         | $C_{1ки}$ – вартість одного комплекту шин, приймаємо 100000 грн                                                                                                  |

### 3.2 Визначення витрат за базовим варіантом організації маршрутів

Спочатку розраховуємо статті витрат, на які впливатиме зміна загального пробігу для вихідного варіанту організації маршрутів рухомого складу підприємства.

Обсяг палива:

$$Q_{\text{пал}} = \frac{33}{100} \cdot 917300 = 302709 \text{ л}$$

Витрати на паливо:

$$B_{\text{пал}} = 55 \cdot 302709 = 16648995 \text{ грн.}$$

Гаражні потреби:

$$B_{\text{гар}} = 16648995 \cdot 0,07 = 1165429,65 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

$$B_{\text{мм}} = 16648995 \cdot 0,3 = 4994698,5 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт автомобілів:

$$B_{\text{рем}} = 1,8 \cdot 302709 = 544876,2 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатаційні матеріали:

$$B_{\text{експ}} = 16648995 \cdot 0,01 = 166489,95 \text{ грн}$$

Необхідна кількість комплектів шин:

$$N_{\text{ши}} = \frac{917300}{60000} = 15,29$$

Витрати на заміну шин:

$$B_{\text{шин}} = 15,29 \cdot 100000 = 1528833,33 \text{ грн.}$$

### **3.3 Визначення витрат за пропонованим варіантом організації маршрутів**

Обсяг палива:

$$Q_{\text{пал}} = \frac{33}{100} \cdot 822600 = 271458 \text{ л}$$

Витрати на паливо:

$$B_{\text{пал}} = 55 \cdot 271458 = 14930190 \text{ грн.}$$

Гаражні потреби:

$$B_{\text{гар}} = 14930190 \cdot 0,07 = 1045113,3 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

$$B_{mm} = 14930190 \cdot 0,3 = 4479057 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт автомобілів:

$$B_{рем} = 1,8 \cdot 271458 = 488624,4 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатаційні матеріали

$$B_{експ} = 14930190 \cdot 0,01 = 149301,9 \text{ грн}$$

Необхідна кількість комплектів шин :

$$N_{ки} = \frac{822600}{60000} = 13,71$$

Витрати на заміну шин:

$$B_{рем} = 13,71 \cdot 100000 = 1371000 \text{ грн.}$$

### **3.4 Аналіз витрат та визначення економічного ефекту**

Для порівняння базового та проектного варіанту організації маршрутів доставки будівельних матеріалів досліджуваним підприємством отримані значення статей витрат зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняльна таблиця витрат за квартал

| Показник                      | Базовий<br>варіант | Проектний<br>варіант | Різниця  |
|-------------------------------|--------------------|----------------------|----------|
| Пробіг, км                    | 917300             | 822600               | 94700    |
| Кількість авто, од.           | 31                 | 24                   | 7        |
| Кількість палива, л           | 302709             | 271458               | 31251    |
| Статті витрат                 |                    |                      |          |
| Паливо, грн                   | 16648995           | 14930190             | 1718805  |
| Гаражні потреби, грн          | 1165429,65         | 1045113,3            | 120316,4 |
| Масильні матеріали, грн       | 4994698,5          | 4479057              | 515641,5 |
| Експлуатаційні матеріали, грн | 166489,95          | 149301,9             | 17188,05 |
| Ремонт, грн                   | 544876,2           | 488624,4             | 56251,8  |
| Кількість комплектів шин, од  | 15,29              | 13,71                | 1,578333 |
| Витрати на шини, грн          | 1528833,33         | 1371000              | 157833,3 |
| Всього за квартал, грн        | 25049323           | 22463287             | 2586036  |

Економічний ефект за квартал становитиме:

$$25049323 - 22463287 = 2586036 \text{ грн.}$$

Таким чином, при впровадженні пропонованих рішень, річна економія за рік складе:  $2586036 \cdot 4 = 10344144$  грн.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

В розділі дипломного проекту Удосконалення організації перевезення тарно-штучних вантажів на прикладі роботи транспортного підприємства розглянуті питання аналізу небезпечних факторів, що можуть вплинути на дослідника та робітників. Розроблені заходи по їх усуненню.

### **4.1. Аналіз потенційних небезпек**

На майданчиках для навантаження вантажів може відбутися падіння вантажу з-за різних висот пандуса та рівня кузова автомобіля. Це може призвести до травмування як робітників так і дослідника.

При подачі автомобіля до навантаження заднім ходом можливі наїзди на робітників, що призведе до травмування.

В Додатку А розглянуті і інші небезпеки. В Додатку Б розроблені заходи по усуненню потенційних небезпек.

В Додатку В зроблено розрахунок дослідження шкідливих факторів виробничого середовища, значення яких були заміряні в лабораторії дослідник з ПК.

В підрозділі розглянуті питання з цивільного захисту.

### **4.2 Заходи з пожежної безпеки**

Для приміщення дослідницької лабораторії обладнаної ПК відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників»,

«Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м<sup>2</sup> площі приміщення. Згідно цього враховуючи, що приміщення лабораторії не перевищує 20 м<sup>2</sup>, для її обладнання використовуємо вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 1 штука.

Для попередження займання ізоляції на складі необхідно захистити електропроводку від пошкодження, розмістивши її в товстостінні труби, відповідно вимогам ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». На складі є запас дерев'яних піддонів, тому клас можливої пожежі буде визначен як «А», а категорія приміщення складу по пожежній безпеці – до «Д». Площа складу складає – 1350 кв.м. Згідно НАПБ 03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» обираються 6 порошкових вогнегасників ВП-8. Первинні засоби пожежогасіння розташовуються при вході до складу на пожежному щиті, та із внутрішньої сторони на стінах чи колонах складу.

## ВИСНОВКИ

Завданням магістерської роботи було вдосконалити процес доставки тарно-штучних вантажів рухомим складом транспортного підприємства через оптимізацію маршрутів перевезень та визначення оптимальної кількості використовуваного рухомого складу.

У аналітичній частині роботи були досліджені основні напрямки роботи транспортного підприємства. Встановлено, що компанія-постачальник будівельних матеріалів є одним із ключових клієнтів підприємства. Проаналізовано маршрути доставки до споживачів, виявлені недоліки в існуючій схемі.

У другому розділі, за рахунок вирішення транспортної задачі, оптимізовано схему маршрутів доставки будівельних матеріалів від складів постачальника. Це призвело до скорочення загального пробігу автомобілів на квартал на 94700 км порівняно з існуючим варіантом.

Також, запропоновано закріпити по два водії на автомобілі, які виконують перевезення на довгі дистанції, що сприяло скороченню тривалості обороту автомобілів на маршрутах.

Встановлено, що більш раціональне планування маршрутів руху автомобілів може зменшити кількість використовуваного рухомого складу на 7 одиниць.

Проведені розрахунки в економічній частині дають підстави стверджувати, що впровадження пропонованих рішень є доцільним, а річний економічний ефект складе 10,3 млн грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.100403 "Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)". К.: Видавничий Дім "Слово", 2010. – 408 с.
2. Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98#Text>
3. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт : навчальний посібник / Литвиненко С.Л., Нестеренко Г.І., Габрієлова Т.Ю., Яновський П.О. К. : Кондор-Видавництво, 2016. Ч. 1, 2, 3, 208 с.
4. Олісевич М.С. Організація автомобільних перевезень. Частина 1. Вантажні перевезення / М.С. Олісевич. - Навчальний посібник у двох частинах. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. - 336 с
5. О.М. Іксанов, В.І. Шевченко Транспортна задача, її властивості та методи розв'язування (курс "Дослідження операцій"): Навчальний посібник. – К.: Наукове видавництво "ТВиМС", 2010. – 84с
6. Комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 275 «Транспортні технології» (частина II, розділ 1) / доц. Кузькін О. Ф., доц. Лашених О. А. — Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 51 с.
7. В.М. Герзель, М.М. Марчук, М.А. Фабрицький, О.П. Рижий. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху. Навчальний посібник. – Рівне, 2006. – 200 с.
8. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 275 «Транспортні

технології (за видами)» / Укл. Кузькін О.Ф., Харченко Т.В., Васильєва Л.О., Лебідь Г.О. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.

9. Іванілов О.С. Економіка підприємств автомобільного транспорту: підручник для студентів вищих навчальних закладів / О.С. Іванілов, І.А. Дмитрієв, І.Ю. Шевченко. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2017. – 632 с.

10 25.ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми)

11. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС,

11 24.Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

## **ДОДАТОК А**

### **АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК**

При не задовільненому освітлені в цеху чи на майданчику можливе порушення технологічного процесу навантаження, що призведе до травмування робітників.

При навантаженні вантажу в холодний період, робітники можуть отримати переохолодження та захворіти.

На складах можливо виникнення пожежі. Причиною виникнення не задовільнений нагляд за електроустаткуванням і проводами, опалювальними пристроями, що призводить до перевантажень, утворення іскор та загоранню.

При перевезенні вантажу до споживача, можливі ДТП. Це може відбутися з-за не виконання водієм правил дорожнього руху, не справного автомобіля, не адекватної поведінки водія.

Перекидання та падіння вантажу з навантажувачів з-за невірного розташування вантажу на вилах, пошкодження обгортки вантажу та інше.

При розвантаженні вантажу у споживача, можливі наїзди проїзжаючого транспорту на вантажників.

При обробці статистичних даних на комп'ютері можливо виникнення шкідливих факторів санітарно-гігієнічного характеру такі як не задовільнено освітлення, порушення від норм мікроклімату, підвищений шум та інше, що може визивати важкість та напруженість праці.

## **ДОДАТОК Б**

### **ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ**

На майданчиках для навантаження вантажу в тарі, що зберігаються на складах, повинні бути облаштовані платформи, естакади, рампи висотою, що дорівнює висоті підлоги кузова автомобіля або платформи відповідно ДБН А.5.2-2-2008 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Задній хід автомобіля у зоні робіт повинен виконуватися водієм тільки за сигналом одного з працівників, зайнятих на цих роботах та з обов'язковою подачею сигналу. «Правила охорони праці під час навантажувальних-розвантажувальних робіт» Наказ № 21 від 19.01.2015.

Для запобігання дорожньо-транспортних пригод перед виїздом водій повинен пройти інструктаж, де його знайомлять з маршрутом пересування, особливостями руху на цьому маршруті, нагадують правила дорожнього руху. Автомобіль повинен пройти технічний огляд з відміткою в шляховому листі головним механіком. Перед виїздом водій повинен пройти медичний огляд з відміткою в листі доктора. НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

Для попередження падіння вантажу з навантажувача, необхідно вантаж розміщувати по центру вил, витримувати центр ваги, не перевантажувати вантажник. Слідкувати за упаковкою вантажу на предмет пошкодження упаковки.

Для запобігання наїздів на вантажників при розвантаженні вантажу споживачам, не обхідно розвантажуватися тільки на майданчиках для цього обладнаних. Якщо нема такої можливості, треба огородити місце розвантаження знаками. НПАОП 0-00-1.75-15 «Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт».

## ДОДАТОК В

### ЗАХОДИ З ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ

Для запобігання переохолодження в холодний період часу, робітники повинні бути одягнуті в теплий одяг та взуття. Обов'язково повинні бути спеціальні кімнати для обігріву робітників, сушіння одягу. відповідно ДСТУ 7339:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту».

Для забезпечення нормативного рівня освітленості на складах, майданчиках при навантаженні вантажу, передбачається, відповідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення», застосування лампи типу ДРЛ-400, які мають високу світлову віддачу, тривалий термін служби та стійкість до коливань мережевої напруги міцністю 80 кВт. Висота підвісу буде більш 6 м. Робоча освітленість становить 50 лк.

При обробці статистичних даних в лабораторії, де є комп'ютер, можливе виникнення напруженості праці та інші шкідливі фактори санітарно-гігієнічного характеру [10].

Для запобігання дії шкідливих факторів на дослідника в лабораторії обладнаній ПК проведемо заміри, які вносимо до таблиці В.1 «Вихідні дані». Проведемо оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці дослідника в лабораторії обладнаній ПК за бальною шкалою.

Відповідно до додатків методичних вказівок [11], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії Іб.

З додатків [11], відповідно до категорії робіт Іб, розряду зорових робіт А-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.2.

Таблиця В.1 – Вихідні дані

| Фактор (показник)                                                                                                  | Фактичне значення | Час дії год. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|
| <b>Умови праці:</b>                                                                                                |                   |              |
| Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$                                                                         | 27                | 8            |
| Освітленість приміщення $E$ , лк                                                                                   | 320               | 8            |
| Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$                                                                         | A-2               | —            |
| Рівень шуму $L$ , дБ А                                                                                             | 86                | 5            |
| <b>Важкість праці:</b>                                                                                             |                   |              |
| Загальні енергозатрати організму, $Bm$                                                                             | 300               | 7            |
| Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук) | 38000             | 6            |
| <b>Напруженість праці:</b>                                                                                         |                   |              |
| Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)                                                                 | 76                | 7            |
| Тривалість робочого дня, год.                                                                                      | 8                 | 8            |

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти  $X_{визн}$  та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці В.2:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [11]. Розрахунковий коефіцієнт  $X_{визн}$  при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою (В.1) [11]:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} \quad (B.1)$$

$$X_{визн} = \frac{3 \cdot 8}{8} = 3.$$

Таблиця В.2 – Результати оцінювання за бальною шкалою

| Фактор (показник)                                                                                                  | Виміряні показники<br>$P_{вим}$ | Час дії<br>$год.(хв.)$ | ГДК, ГДР, показники,<br>$P_{доп}$ | $X_{визн}$ , бали | Клас умов праці | $X_i$ , бали |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|--------------|
| 1                                                                                                                  | 2                               | 3                      | 4                                 | 5                 | 6               | 7            |
| Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$                                                                         | 27                              | 8                      | 22,9-25,8                         | 3                 | 3.3             | 3            |
| Освітленість приміщення $E, лк$                                                                                    | 320                             | 8                      | 400                               | —                 | 3.1             | 1            |
| Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$                                                                         | A-2                             | —                      | —                                 | —                 | —               | —            |
| Рівень шуму $L, дБА$                                                                                               | 86                              | 5                      | 50                                | —                 | 3.1             | 0,63         |
| Загальні енергозатрати організму, $Bt$                                                                             | 300                             | 7                      | 290                               | 0,91              | 3.2             | 2            |
| Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук) | 38000                           | 6                      | 40000                             | 0,71              |                 |              |
| Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)                                                                 | 76                              | 7                      | 75                                | 0,89              |                 |              |
| Тривалість робочого дня, $год.$                                                                                    | 8                               | 8                      | 8                                 | 0,15              |                 |              |

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою (В.2) [11]:

а.) Загальні енергозатрати організму,  $K_{знач} = 1,0$ :

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} \quad (B.2)$$

$$X_{визн} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 0,91.$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук),  $K_{знач} = 1,0$ :

$$X_{визн} = \frac{38000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 0,71.$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни),  $K_{знач} = 1,0$ :

$$X_{визн} = \frac{76 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,89.$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни),  $K_{знач} = 0,15$ :

$$X_{визн} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці [12] для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці В.2:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{визн} = 2$ , з таблиці 7.2 [11] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до  $П_{вим} = 320 \text{ лк}$ , за додатком Г та табл. Г.1 [11] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму  $П_{вим} = 86 \text{ дБА}$ , за додатком Д та табл. Д.1 [11] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників  $X_{визн}$  за формулою (В.3) [11]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (В.3)$$

$$X_{сум} = 0,91 + 0,71 + 0,89 + 0,15 = 2,66.$$

З таблиці 7.3 [11] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{сум} = 2,66$  – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 2 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці 4.2:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому –  $X_{см} = X_i = 3$ ;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно –  $X_{cm} = X_i = 1$ ;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення  $X_i$  визначаємо за формулою (B.4) [11]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} \quad (B.4)$$

$$X_i = 1 \cdot \frac{5}{8} = 0,63.$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому –  $X_{cm} = X_i = 2$ ;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою 7.5 [11]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i \quad (B.5)$$

$$X_{факт} = 3 + 1 + 0,63 + 2 = 6,63.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану –  $X_{факт} = 6,63$ , на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [11]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

а) умови важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

б) відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії Іб, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища – ТНС-індексом –  $20,2-22,8^{\circ}\text{C}$ ;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт А-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах –  $E = 400 \text{ лк}$ ;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника –  $50 \text{ дБА}$ ;

- загальні енергозатрати організму, до  $174 \text{ Вт}$ ;

- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;

- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;

- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

в) для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці:

1. З метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні лабораторії обладнаному ПК, згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», передбачена система централі-

зованого водяного опалення з радіаторами, а на теплий період, зважаючи на те, що площа приміщення становить  $25 \text{ м}^2$  передбачений побутовий кондиціонер типу Electrolux EACS-24 HLO/N3. Виходячи з того, що один кондиціонер розрахований на приміщення площею –  $30 \text{ м}^2$ .

2. Для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням.

3. Для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом.

4. Для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год.

5. Для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години.

6. Для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

г) якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [11], у розмірі 16 %.