

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

автотранспорту та логістики

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Оцінка ефективності організації вантажних перевезень у
мультимодальних транспортних системах

Виконали: студентки 4 курсу, групи МН

спеціальності _____

275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

Митник К.В.

(підпис)

Рик В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

Бабій М.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____

(підпис)

Рожко Н.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

Факультет _____ інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра _____ автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня _____ **бакалавр**
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю _____ 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)

студентці _____ **Митник Катерині Віталіївні**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ **Оцінка ефективності організації вантажних перевезень у
мультимодальних транспортних системах**

Керівник роботи _____ **Бабій Марія Василівна, к.т.н., доцент**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » 01 2026 року № 4/9-33

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2026

3. Вихідні дані до роботи _____

Величина ефекту від розподілу інвестиційних ресурсів, тривалість обслуговування транспортних засобів у пунктах взаємодії, вантажність транспортних засобів (автомобіля і вагона), тривалість навантаження автомобіля.

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

Реферат. 1. Аналіз об'єкту дослідження (сутність та економічна роль мультимодальних перевезень; принципи організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах; загальна характеристика підприємства та організація перевізного процесу).

2. Заходи із вдосконалення транспортного процесу (оцінка ефективності організації мультимодальних перевезень; дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів; розробка контактних графіків взаємодії видів транспорту).

3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

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

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня **бакалавр**
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю **275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)**
(шифр і назва спеціальності)

студентці **Рик Вікторії Василівні**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Оцінка ефективності організації вантажних перевезень у
мультимодальних транспортних системах**

Керівник роботи **Бабій Марія Василівна, к.т.н., доцент**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» 01 2026 року № 4/9-33

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2026

3. Вихідні дані до роботи

Величина ефекту від розподілу інвестиційних ресурсів, тривалість обслуговування транспортних засобів у пунктах взаємодії, вантажність транспортних засобів (автомобіля і вагона), тривалість навантаження автомобіля.

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

Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження (нормативно-правове регулювання мультимодальних перевезень в Україні; методичні підходи до оцінки ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах). 2. Заходи із вдосконалення транспортного процесу (аналіз техніко-економічних показників діяльності; виявлення проблем та розробка пропозицій щодо підвищення ефективності; дослідження прямого варіанту перевалки вантажів; порівняльний аналіз режимів взаємодії залізничного та автомобільного).

3. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

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

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1 | <i>Аналіз об'єкту дослідження</i> | <i>До 03.02.26</i> | |
| 2. | <i>Заходи із вдосконалення транспортного процесу</i> | <i>До 13.02.26</i> | |
| 3. | <i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i> | <i>До 01.06.26</i> | |
| | <i>Загальні висновки, презентація</i> | <i>До 05.06.26</i> | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студентка

_____ (підпис)

Рик В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабій М.В.

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі досліджено питання оцінки ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти функціонування мультимодальних перевезень, їх економічну сутність, принципи організації та нормативно-правове забезпечення.

Проведено аналіз діяльності транспортного підприємства та оцінено основні техніко-економічні показники його роботи. Досліджено ефективність використання мультимодальних транспортних схем, зокрема вплив їх застосування на рівень витрат, тривалість доставки та якість транспортного обслуговування. Встановлено, що використання мультимодальних перевезень забезпечує зниження витрат і скорочення часу доставки вантажів.

У роботі виконано дослідження ефективності функціонування перевалочних пунктів, розглянуто прямий варіант перевалки вантажів та організацію взаємодії залізничного і автомобільного транспорту. Розроблено контактні графіки взаємодії видів транспорту та здійснено порівняльну оцінку альтернативних варіантів організації перевізного процесу.

Окрему увагу приділено оптимізації розподілу інвестиційних ресурсів між видами транспорту із застосуванням методів математичного моделювання, що дозволило визначити найбільш ефективні варіанти розвитку транспортної системи.

За результатами дослідження виявлено основні проблеми організації мультимодальних перевезень та запропоновано заходи щодо їх вирішення, зокрема впровадження сучасних інформаційних технологій, оптимізацію маршрутів і вдосконалення роботи перевалочних пунктів.

Ключові слова: мультимодальні перевезення, транспортна система, ефективність перевезень, вантажні перевезення, перевалочні пункти, логістика, витрати, час доставки.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 6 |
| АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ | 8 |
| 1.1 Сутність та економічна роль мультимодальних перевезень | 8 |
| 1.2 Принципи організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах..... | 11 |
| 1.3 Нормативно-правове регулювання мультимодальних перевезень в Україні | 15 |
| 1.4 Методичні підходи до оцінки ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах | 17 |
| 1.5 Загальна характеристика підприємства та організація перевізного процесу..... | 20 |
| | |
| ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ..... | 30 |
| 2.1 Аналіз техніко-економічних показників діяльності..... | 30 |
| 2.2 Оцінка ефективності організації мультимодальних перевезень | 31 |
| 2.3 Виявлення проблем та розробка пропозицій щодо підвищення ефективності | 39 |
| 2.4 Дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів | 43 |
| 2.5 Дослідження прямого варіанту перевалки вантажів | 54 |
| 2.6 Розробка контактних графіків взаємодії видів транспорту | 61 |
| 2.7 Порівняльний аналіз режимів взаємодії залізничного та автомобільного транспорту за різними варіантами організації їх роботи..... | 68 |
| | |
| БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ | 72 |
| 3.1 Нормативно-правове забезпечення охорони праці у сфері транспортної логістики..... | 72 |
| 3.2 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при організації вантажних перевезень..... | 76 |
| 3.3 Заходи щодо забезпечення безпеки працівників у мультимодальних транспортних системах..... | 79 |
| | |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 83 |
| | |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 85 |

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку національної економіки та інтеграції України до європейського транспортного простору особливої актуальності набувають питання підвищення ефективності організації вантажних перевезень. Зростання обсягів перевезень, посилення конкуренції на ринку транспортних послуг і необхідність зменшення логістичних витрат вимагають впровадження нових підходів до організації транспортного процесу. Одним із найбільш перспективних напрямів є розвиток мультимодальних транспортних систем, що забезпечують раціональне поєднання різних видів транспорту в межах єдиного перевізного ланцюга.

Мультимодальні перевезення дозволяють підвищити рівень використання транспортних ресурсів, скоротити витрати часу та коштів, а також забезпечити більш гнучку та надійну доставку вантажів. Разом з тим їх організація пов'язана з необхідністю вирішення складних завдань, зокрема узгодження роботи різних видів транспорту, оптимізації перевалочних процесів, зменшення простоїв рухомого складу та впровадження сучасних інформаційних технологій управління.

Важливим аспектом забезпечення ефективності мультимодальних перевезень є раціональна організація взаємодії залізничного та автомобільного транспорту, а також удосконалення роботи перевалочних пунктів. Саме ці елементи значною мірою визначають тривалість доставки вантажів, рівень експлуатаційних витрат і якість транспортного обслуговування. У зв'язку з цим особливого значення набуває дослідження режимів взаємодії транспорту, розробка контактних графіків і обґрунтування оптимальних технологічних параметрів перевізного процесу.

Метою даної кваліфікаційної роботи є оцінка ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах та обґрунтування напрямів її підвищення.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачається вирішити комплекс взаємопов'язаних завдань, що включають аналіз сутності та ролі мультимодальних перевезень, дослідження принципів їх організації та нормативно-правового регулювання, оцінку ефективності функціонування транспортного процесу, вивчення особливостей роботи перевалочних пунктів, а також розробку пропозицій щодо вдосконалення взаємодії різних видів транспорту.

Об'єктом дослідження є процес організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах.

Предметом дослідження виступають організаційно-економічні та технологічні аспекти взаємодії різних видів транспорту, що визначають ефективність перевізного процесу.

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Сутність та економічна роль мультимодальних перевезень

Сучасний розвиток національної економіки, активізація зовнішньоекономічної діяльності та інтеграція України до європейського транспортного простору зумовлюють необхідність удосконалення організації вантажних перевезень. В умовах зростання конкуренції на міжнародних ринках особливого значення набуває оптимізація логістичних витрат, скорочення строків доставки вантажів і підвищення надійності транспортного обслуговування. Одним із найбільш ефективних інструментів досягнення цих цілей є розвиток мультимодальних перевезень.

Відповідно до Закону України «Про мультимодальні перевезення», мультимодальне перевезення – це перевезення вантажу двома або більше видами транспорту на підставі єдиного договору перевезення, що здійснюється під відповідальністю оператора мультимодального перевезення. Ключовою особливістю мультимодальної системи є наявність одного відповідального суб'єкта, який організовує весь процес транспортування від пункту відправлення до пункту призначення.

Мультимодальні перевезення передбачають раціональне поєднання різних видів транспорту: автомобільного, залізничного, морського, річкового або авіаційного. Кожен із них використовується на тій ділянці маршруту, де його застосування є найбільш економічно та технологічно доцільним. Наприклад, автомобільний транспорт забезпечує гнучкість та доставку вантажу «від дверей до дверей», залізничний – ефективність перевезення великих партій на середні та далекі відстані, а морський транспорт – економічність при міжнародних перевезеннях значних обсягів вантажів.

Важливо розмежовувати поняття мультимодальних та інтермодальних

перевезень. В інтермодальній системі перевезення також здійснюється кількома видами транспорту, проте відповідальність за кожен ділянку маршруту несуть окремі перевізники. У мультимодальній системі клієнт укладає єдиний договір із оператором, що спрощує документообіг, знижує ризики та забезпечує централізоване управління логістичним процесом.

Організаційна структура мультимодальної транспортної системи включає таких основних учасників: вантажовідправника, оператора мультимодального перевезення, перевізників різних видів транспорту, термінальні комплекси, митні органи та вантажоодержувача. Важливим елементом є логістичні центри та транспортні вузли, де здійснюється перевантаження, сортування та тимчасове зберігання вантажів. У межах України значну роль у забезпеченні мультимодальних перевезень відіграє Укрзалізниця, яка забезпечує основний обсяг внутрішніх та транзитних залізничних перевезень.

Схематично процес організації мультимодального перевезення можна подати наступним чином:



Рисунок 1.1 – Схема мультимодальних перевезень: вантажовідправник
автомобільне перевезення до терміналу перевантаження у
транспортному вузлі залізничне або морське перевезення (основна ділянка)
логістичний центр у пункті призначення автомобільна доставка
вантажоодержувачу

Така структура дозволяє оптимально розподілити функції між різними видами транспорту та зменшити сукупні витрати.

Економічна роль мультимодальних перевезень проявляється передусім у зниженні транспортно-логістичних витрат. Раціональне комбінування видів транспорту дозволяє скоротити витрати на паливо, технічне обслуговування,

оплату праці та інші експлуатаційні витрати. Особливо це актуально для перевезення масових вантажів (зерна, металопродукції, будівельних матеріалів), де навіть незначне зниження вартості транспортування на одиницю продукції забезпечує суттєвий економічний ефект.

Крім того, мультимодальні перевезення сприяють підвищенню швидкості доставки вантажів за рахунок чіткої координації між учасниками логістичного процесу та застосування сучасних інформаційних систем управління. Використання цифрових технологій дає змогу здійснювати моніторинг руху вантажів у режимі реального часу, прогнозувати строки прибуття та оперативно реагувати на можливі затримки.

Важливою складовою економічної ролі мультимодальних перевезень є розвиток транспортної інфраструктури та інтеграція України до міжнародних транспортних коридорів. Співпраця з Європейський Союз у сфері розвитку транс'європейської транспортної мережі сприяє модернізації портів, прикордонних переходів, залізничних вузлів та логістичних хабів. Це підвищує транзитний потенціал України та її конкурентоспроможність на світовому ринку транспортних послуг.

Окремої уваги заслуговує екологічний аспект. Перенесення частини вантажопотоків з автомобільного транспорту на залізничний або водний дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, скоротити навантаження на автомобільні дороги та знизити рівень аварійності. Таким чином, мультимодальні перевезення відповідають принципам сталого розвитку та екологічної безпеки.

Розвиток мультимодальних перевезень залежить від низки факторів:

- економічних (обсяги торгівлі, тарифна політика);
- інфраструктурних (стан транспортних коридорів, пропускна спроможність терміналів);
- організаційних (координація між учасниками ринку, рівень цифровізації);
- правових (гармонізація законодавства з європейськими нормами).

Комплексний вплив цих факторів визначає ефективність функціонування мультимодальної транспортної системи.

Мультимодальні перевезення є сучасною формою організації транспортного процесу, що базується на інтеграції різних видів транспорту в межах єдиного логістичного ланцюга. Їх економічна роль полягає у зниженні витрат, підвищенні якості транспортного обслуговування, розвитку інфраструктури та зміцненні позицій України на міжнародному транспортному ринку. Ефективне функціонування мультимодальних систем є важливою передумовою сталого розвитку транспортної галузі та національної економіки загалом.

1.2 Принципи організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах

Організація вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах ґрунтується на комплексі взаємопов'язаних принципів, які забезпечують ефективну взаємодію різних видів транспорту, оптимізацію логістичних витрат і підвищення якості транспортного обслуговування. Раціональна побудова мультимодальної системи передбачає не лише технічну можливість поєднання різних видів транспорту, але й чітку організацію управління, координацію учасників перевізного процесу та нормативно-правове забезпечення.

Відповідно до Закон України «Про мультимодальні перевезення», мультимодальне перевезення здійснюється на підставі єдиного договору під відповідальністю оператора мультимодального перевезення. Це положення визначає базовий принцип організації мультимодальної системи – принцип єдиного оператора та централізованої відповідальності.

Принцип єдиного оператора полягає в тому, що весь процес транспортування вантажу – від пункту відправлення до пункту призначення

організовується та контролюється одним суб'єктом господарювання. Замовник укладає єдиний договір перевезення, що значно спрощує договірні відносини та знижує адміністративні витрати. Централізована відповідальність забезпечує підвищення надійності перевезення, оскільки оператор відповідає за своєчасність доставки, збереження вантажу та узгодженість дій усіх залучених перевізників. Такий підхід зменшує ризики розмежування відповідальності між різними учасниками транспортного процесу.

Наступним важливим принципом є принцип раціонального поєднання видів транспорту. Мультиmodalна система передбачає використання кожного виду транспорту відповідно до його техніко-економічних переваг. Автомобільний транспорт забезпечує мобільність та доставку вантажу безпосередньо до складу або підприємства; залізничний – ефективність перевезення масових вантажів на значні відстані; морський і річковий транспорт – економічність при міжнародних та транзитних перевезеннях великих обсягів продукції. В Україні важливу роль у забезпеченні магістральних перевезень відіграє Укрзалізниця, яка забезпечує перевезення значних обсягів сировини, промислової продукції та аграрних вантажів. Раціональне комбінування транспорту дозволяє знизити собівартість перевезення та оптимізувати використання ресурсів.

Не менш важливим є принцип технологічної узгодженості. Він передбачає синхронізацію роботи всіх елементів транспортного ланцюга: графіків руху, термінів перевантаження, оформлення документації та обробки вантажів. Технологічна узгодженість забезпечується шляхом стандартизації вантажних одиниць, зокрема використання контейнерів, напівпричепів та змінних кузовів. Контейнеризація дозволяє здійснювати перевантаження без розкриття вантажу, що зменшує ризик його пошкодження, скорочує час обробки та підвищує рівень безпеки. Узгодженість технологічних операцій сприяє зменшенню простоїв транспортних засобів і підвищенню оборотності рухомого складу.

Принцип безперервності транспортного процесу передбачає забезпечення безперебійного руху вантажу на всіх етапах логістичного ланцюга. Для його реалізації необхідне чітке планування маршрутів, резервування пропускної спроможності транспортних вузлів, координація роботи терміналів і використання сучасних інформаційних систем. Безперервність перевезення зменшує час доставки, знижує витрати на зберігання та сприяє підвищенню рівня обслуговування клієнтів.

Схематично організацію мультимодального перевезення відповідно до зазначених принципів можна подати так:



Рисунок 1.2 – Схема мультимодальних перевезень: вантажовідправник попереднє планування маршруту та укладання єдиного договору автомобільне перевезення до транспортного терміналу перевантаження та митне оформлення магістральне перевезення (залізничне або морське) логістичний центр у пункті призначення доставка автомобільним транспортом вантажоодержувачу

Дана схема відображає поетапну інтеграцію різних видів транспорту в межах єдиного організаційного процесу.

Принцип економічної доцільності є визначальним при виборі варіанта перевезення. Організація мультимодального транспортування повинна забезпечувати зниження сукупних витрат за умови дотримання необхідного рівня сервісу. Під час прийняття рішень враховуються витрати на транспортування, перевантаження, зберігання, страхування, митне

оформлення та інші супутні послуги. Порівняння альтернативних маршрутів і видів транспорту дозволяє визначити оптимальний варіант з точки зору співвідношення «витрати – час – надійність».

Важливу роль у сучасних умовах відіграє принцип інформаційної інтеграції та цифровізації. Використання автоматизованих систем управління транспортом, електронного документообігу, систем GPS-моніторингу та аналітичних платформ забезпечує прозорість логістичних операцій і підвищує оперативність управління. Інформаційна інтеграція дозволяє відстежувати переміщення вантажу в режимі реального часу, прогнозувати можливі затримки та оперативно коригувати маршрут. Це особливо актуально в умовах інтеграції транспортної системи України до європейського логістичного простору в межах співпраці з Європейський Союз.

Окреме значення має принцип безпеки та екологічності. Організація мультимодальних перевезень повинна відповідати вимогам безпеки руху, охорони праці та екологічного законодавства. Перерозподіл вантажопотоків на користь залізничного та водного транспорту сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин і навантаження на автомобільні дороги.

Принципи організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах формують основу ефективного функціонування логістичного ланцюга. Дотримання принципів централізованої відповідальності, раціонального поєднання видів транспорту, технологічної узгодженості, безперервності, економічної доцільності, інформаційної інтеграції та безпеки забезпечує підвищення конкурентоспроможності транспортних підприємств і створює умови для сталого розвитку транспортної інфраструктури України.

1.3 Нормативно-правове регулювання мультимодальних перевезень в Україні

Нормативно-правове регулювання мультимодальних перевезень є важливою складовою забезпечення їх ефективного функціонування, стабільності ринку транспортних послуг та захисту інтересів усіх учасників перевізного процесу. Формування сучасної правової бази у сфері мультимодальних перевезень в Україні пов'язане з необхідністю гармонізації національного законодавства із міжнародними нормами та стандартами, а також із процесами європейської інтеграції.

Ключовим нормативним актом, що регулює організаційні та правові засади здійснення мультимодальних перевезень, є Закон України «Про мультимодальні перевезення». Прийняття цього Закону стало важливим етапом у розвитку транспортного законодавства України, оскільки вперше на законодавчому рівні було визначено поняття мультимодального перевезення, статус оператора мультимодального перевезення, його права та обов'язки, а також особливості укладення договору та відповідальності сторін.

Закон визначає, що мультимодальне перевезення здійснюється на підставі єдиного договору, який укладається між замовником та оператором мультимодального перевезення. Оператор несе відповідальність за весь маршрут транспортування незалежно від кількості залучених перевізників та видів транспорту. Це забезпечує чіткість розподілу відповідальності та підвищує рівень правового захисту клієнтів.

Окрім спеціального закону, правове регулювання мультимодальних перевезень здійснюється на підставі норм Цивільного кодексу України та Господарського кодексу України. Ці нормативні акти визначають загальні засади укладення договорів перевезення, відповідальність сторін за порушення зобов'язань, порядок відшкодування збитків та інші правові аспекти господарської діяльності у сфері транспорту.

Важливу роль у регулюванні перевезень окремими видами транспорту відіграють галузеві нормативні акти. Зокрема, діяльність залізничного транспорту регламентується Статутом залізниць України та іншими підзаконними актами, що визначають порядок перевезення вантажів, оформлення перевізних документів і взаємодію учасників перевізного процесу. У сфері автомобільних перевезень застосовуються правила перевезень вантажів автомобільним транспортом, а у сфері морських перевезень – норми морського законодавства та міжнародних конвенцій.

Особливе значення для мультимодальних перевезень має митне законодавство, оскільки значна частина таких перевезень пов'язана з експортно-імпортними операціями або транзитом. Основним нормативним актом у цій сфері є Митний кодекс України, який визначає порядок митного контролю та оформлення товарів, що переміщуються через митний кордон України. Спрощення митних процедур, впровадження електронного декларування та автоматизованих систем контролю сприяють прискоренню мультимодальних перевезень і зменшенню витрат суб'єктів господарювання.

Міжнародно-правове регулювання також відіграє значну роль у функціонуванні мультимодальних систем. Україна є учасником низки міжнародних договорів і конвенцій, які регулюють перевезення вантажів різними видами транспорту. Серед них важливе значення має Конвенція про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів (CMR), що визначає правові засади міжнародних автомобільних перевезень, а також міжнародні угоди у сфері залізничного та морського транспорту.

У контексті євроінтеграційних процесів важливим напрямом розвитку нормативно-правової бази є адаптація законодавства України до стандартів Європейського Союзу. Це передбачає гармонізацію технічних регламентів, правил безпеки, екологічних вимог та процедур митного контролю. Інтеграція до європейської транспортної мережі сприяє підвищенню прозорості ринку транспортних послуг та створенню конкурентного середовища.

Окрему увагу слід приділити нормативному забезпеченню безпеки перевезень та охорони праці. Законодавство України встановлює вимоги щодо технічного стану транспортних засобів, умов праці працівників транспортної галузі, дотримання екологічних норм та правил перевезення небезпечних вантажів. Виконання цих вимог є обов'язковою умовою здійснення мультимодальних перевезень.

Нормативно-правове регулювання мультимодальних перевезень в Україні має комплексний характер і охоплює норми цивільного, господарського, транспортного та митного законодавства, а також міжнародні договори. Прийняття спеціального закону про мультимодальні перевезення створило правові передумови для розвитку сучасних логістичних систем та підвищення конкурентоспроможності національної транспортної галузі. Подальше вдосконалення нормативної бази, її гармонізація з європейськими стандартами та впровадження цифрових інструментів управління сприятимуть підвищенню ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах.

1.4 Методичні підходи до оцінки ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах

Оцінка ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах є необхідною умовою прийняття обґрунтованих управлінських рішень, вибору оптимальних маршрутів та забезпечення конкурентоспроможності транспортних підприємств. Комплексний характер мультимодальних перевезень, що поєднують декілька видів транспорту, зумовлює потребу у використанні системного підходу до оцінювання їх результативності.

Методичні підходи до оцінки ефективності ґрунтуються на поєднанні

економічних, організаційних, технологічних та екологічних показників. Вони передбачають аналіз як кількісних, так і якісних характеристик функціонування транспортної системи.

Першим і найбільш поширеним є економічний підхід, який базується на визначенні витрат і результатів перевезення. Основним показником виступає собівартість транспортування вантажу, що включає витрати на перевезення різними видами транспорту, перевантажувальні роботи, зберігання, страхування, митне оформлення та адміністративні витрати. Узагальнено повні витрати на мультимодальне перевезення можна подати у вигляді формули:

$$C_{\text{заг}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n + C_{\text{пер}} + C_{\text{дод}} \quad (1.1)$$

де $C_1 \dots C_n$ – витрати на перевезення окремими видами транспорту;

$C_{\text{пер}}$ – витрати на перевантаження;

$C_{\text{дод}}$ – додаткові логістичні витрати.

Економічна ефективність може визначатися шляхом порівняння альтернативних варіантів доставки. Критерієм вибору є мінімум сукупних витрат за умови дотримання встановленого строку доставки та рівня надійності. У деяких випадках розраховується показник рентабельності перевезень:

$$R = (П / В) \cdot 100\% \quad (1.2)$$

де $П$ – прибуток від перевезення;

$В$ – загальні витрати.

Другим важливим підходом є часовий або логістичний підхід, який враховує тривалість доставки вантажу. Загальний час мультимодального перевезення визначається як сума часу транспортування на кожній ділянці маршруту та часу виконання перевантажувальних операцій:

$$T_{заг} = T_{mp1} + T_{mp2} + \dots + T_{mpn} + T_{пер} \quad (1.3)$$

де T_{mp} – час транспортування відповідним видом транспорту;

$T_{пер}$ – час перевантаження та обробки вантажу.

Скорочення загального часу доставки підвищує оборотність капіталу, зменшує витрати на зберігання та позитивно впливає на рівень обслуговування клієнтів. Тому оцінка ефективності повинна враховувати не лише витрати, але й швидкість перевезення.

Третім методичним напрямом є оцінка надійності та якості транспортного обслуговування. Вона включає аналіз дотримання графіків, рівня збереження вантажів, кількості затримок та претензій. Узагальненим показником може бути коефіцієнт своєчасності доставки:

$$K_c = \frac{N_{св}}{N_{заг}} \quad (1.4)$$

де $N_{св}$ – кількість доставок, виконаних у встановлений строк;

$N_{заг}$ – загальна кількість перевезень.

Чим ближче значення коефіцієнта до одиниці, тим вищою є надійність логістичної системи.

Комплексний підхід передбачає поєднання економічних, часових та якісних показників у єдину систему оцінювання. Для цього можуть використовуватися інтегральні показники ефективності, що враховують вагомість кожного критерію. Наприклад, узагальнений показник може визначатися як зважена сума нормованих показників витрат, часу доставки та рівня сервісу.

В умовах сучасної цифровізації транспортної галузі значну роль відіграє інформаційно-аналітичний підхід. Використання автоматизованих систем управління перевезеннями дозволяє здійснювати моніторинг руху

вантажів у режимі реального часу, аналізувати відхилення від графіка та прогнозувати можливі ризики. Це сприяє підвищенню точності розрахунків і оперативності прийняття управлінських рішень.

Окрему увагу слід приділити екологічному підходу до оцінки ефективності. Мультимодальні перевезення часто розглядаються як інструмент зменшення негативного впливу транспорту на довкілля. Оцінювання може здійснюватися шляхом визначення обсягу викидів шкідливих речовин або питомих витрат пального на одиницю перевезеного вантажу.

Системність оцінювання ефективності також передбачає врахування нормативно-правових вимог, визначених у Законі України «Про мультимодальні перевезення», що встановлює правові засади діяльності оператора та визначає його відповідальність за якість і безпеку перевезення.

Методичні підходи до оцінки ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах мають комплексний характер і включають економічний, часовий, якісний, інформаційний та екологічний аспекти. Їх застосування дозволяє об'єктивно оцінити результати функціонування транспортної системи, визначити резерви підвищення ефективності та сформулювати обґрунтовані рекомендації щодо вдосконалення організації перевізного процесу.

1.5 Загальна характеристика підприємства та організація перевізного процесу

Об'єктом дослідження виступає – провідне приватне підприємство України у сфері вантажних перевезень, що спеціалізується на організації логістичних процесів із використанням залізничного транспорту та мультимодальних схем доставки. Компанія забезпечує перевезення широкого спектра вантажів, включаючи сировинні матеріали, металопродукцію, енергетичні ресурси та інші категорії промислових вантажів.

Організаційна структура підприємства побудована за функціонально-ієрархічним принципом, що дозволяє ефективно координувати роботу основних підрозділів. До складу підприємства входять служби логістики, оперативного управління перевезеннями, планування, комерційної діяльності та технічного забезпечення. Взаємодія між підрозділами здійснюється за допомогою сучасних інформаційних систем, що забезпечують оперативний обмін даними та контроль за виконанням перевезень.

Перевізний процес на підприємстві організований відповідно до принципів мультимодальної логістики. Він включає послідовність взаємопов'язаних етапів, починаючи від прийому замовлення і завершуючи доставкою вантажу кінцевому споживачу. На першому етапі формується заявка клієнта із зазначенням характеристик вантажу, маршруту перевезення та необхідних термінів доставки. Далі здійснюється планування логістичної схеми, під час якого визначається оптимальне поєднання різних видів транспорту.

Основу перевізного процесу складає залізничний транспорт, який забезпечує переміщення основних обсягів вантажів на великі відстані. На кінцевих ділянках маршруту активно використовується автомобільний транспорт, що дозволяє реалізувати принцип «останньої милі». У випадку міжнародних перевезень до логістичного ланцюга включається морський транспорт через взаємодію з портовою інфраструктурою.

Особливістю організації перевезень на підприємстві є високий рівень інтеграції різних видів транспорту, що забезпечує скорочення часу доставки та зниження загальних витрат. Завдяки цьому досягається підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку транспортно-логістичних послуг.

У сучасних умовах розвитку економіки особливого значення набуває ефективне функціонування транспортної системи, яка забезпечує безперервність виробничих і логістичних процесів. Важливою передумовою її розвитку є раціональний розподіл інвестиційних ресурсів між різними

видами транспорту.

На відміну від спрощених підходів, де фінансування здійснюється нерівномірно або інтуїтивно, у даній роботі розглядається задача оптимального розподілу обмежених інвестиційних ресурсів між взаємодіючими видами транспорту, з урахуванням їх внеску в загальний ефект транспортної системи.

Задача полягає у визначенні такого варіанта розподілу бюджету, при якому досягається максимальний сумарний ефект функціонування транспортного комплексу регіону.

Особливістю задачі є те, що:

- всі види транспорту функціонують не ізольовано, а у взаємозв'язку;
- ефект від інвестицій залежить від обсягу вкладень;
- ресурси є обмеженими та підлягають розподілу між альтернативними напрямками.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- проаналізувати залежність ефективності від обсягу інвестицій для кожного виду транспорту;
- побудувати математичну модель задачі;
- виконати поетапну оптимізацію розподілу ресурсів;
- обґрунтувати отриманий оптимальний варіант.

Задача формалізується як задача максимального сумарного ефекту

$$F = \sum_{j=1}^n f_j(x_j) \quad (1.5)$$

за обмеження:

$$\sum_{j=1}^n x_j = B, \quad x_j \geq 0$$

де

x_j – обсяг інвестицій у j -й вид транспорту;

$f_j(x_j)$ – відповідний ефект;

n – кількість видів транспорту.

Оскільки функція є адитивною, сумарний ефект формується як сума часткових ефектів, що дозволяє застосувати метод динамічного програмування.

Для спрощення обчислень приймається дискретизація інвестицій – розподіл здійснюється частинами по $0,2B$.

З огляду на багатокроковий характер задачі та необхідність врахування всіх можливих варіантів розподілу ресурсів, доцільно застосувати метод динамічного програмування.

Його основна перевага полягає в тому, що задача розбивається на послідовність підзадач, кожна з яких вирішується окремо, а результати використовуються на наступних етапах.

Ключовим є принцип оптимальності, а саме оптимальний розв'язок на кожному етапі має залишатися оптимальним незалежно від попередніх рішень.

У дослідженні розглядаються такі види транспорту: залізничний (З), автомобільний (А), річковий (Р), трубопровідний (Т), повітряний (П).

Таблиця 1.1 – Ефект від інвестування залежно від обсягу фінансування

| Величина асигнувань | Величина ефекту, $E_{np}(B_j)$ для j-го виду транспорту | | | | |
|---------------------|---|------|------|------|------|
| | З | А | В | Т | П |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,2В | 15,7 | 18,2 | 14,8 | 16,8 | 17,9 |
| 0,4В | 16,4 | 18,6 | 15,1 | 17,0 | 18,5 |
| 0,6В | 17,1 | 19,2 | 18,1 | 17,3 | 19,4 |
| 0,8В | 17,8 | 19,6 | 18,9 | 18,6 | 19,9 |
| В | 19,2 | 20,1 | 19,7 | 18,9 | 20,1 |

У таблиці 1.1 наведено залежність економічного ефекту від обсягу інвестицій для кожного виду транспорту. Видно, що ефект зростає зі збільшенням фінансування, однак темпи зростання є нерівномірними. Це

підтверджує необхідність оптимізації, оскільки просте збільшення вкладень у один вид транспорту не гарантує максимального результату.

У таблиці 1.2 розглядаються всі можливі комбінації розподілу інвестицій між залізничним та автомобільним транспортом.

Таблиця 1.2 – Варіанти розподілу ресурсів

| Розмір виділених асигнувань | Можливі варіанти розподілу | | Значення приведенного і умовно оптимального розподілу ресурсів |
|-----------------------------|----------------------------|---------------|--|
| | Залізничний | Автомобільний | |
| 0 | 0 | 0 | 0+0=0 |
| 0,2 | 0 | 0,2 | 0+18,2=18,2 |
| | 0,2 | 0 | 15,7+0=15,7 |
| 0,4 | 0 | 0,4 | 0+18,6=18,6 |
| | 0,2 | 0,2 | 15,7+18,2=33,9 |
| | 0,4 | 0 | 16,4+0=16,4 |
| 0,6 | 0 | 0,6 | 0+19,2=19,2 |
| | 0,2 | 0,4 | 15,7+18,6=34,3 |
| | 0,4 | 0,2 | 16,4+18,2=34,6 |
| | 0,6 | 0 | 17,1+0=17,1 |
| 0,8 | 0 | 0,8 | 0+19,6=19,6 |
| | 0,2 | 0,6 | 15,7+19,2=34,9 |
| | 0,4 | 0,4 | 16,4+18,6=35 |
| | 0,6 | 0,2 | 17,1+18,2=35,3 |
| | 0,8 | 0 | 17,8+0=17,8 |
| 1 | 0 | 1,0 | 0+20,1=20,1 |
| | 0,2 | 0,8 | 15,7+19,6=35,3 |
| | 0,4 | 0,6 | 16,4+19,2=35,6 |
| | 0,6 | 0,4 | 17,1+18,6=35,7 |
| | 0,8 | 0,2 | 17,8+18,2=36 |
| | 1,0 | 0 | 19,2+0=19,2 |

Кожен рядок відображає: варіант розподілу; відповідні значення ефекту; сумарний результат.

На кожному рівні інвестицій вибирається максимальне значення сумарного ефекту. Наприклад, при «В» найкращим є варіант (0,8В; 0,2В), що забезпечує ефект 36.

Таблиця 1.3 узагальнює результати попередніх обчислень де для кожного рівня інвестицій визначено найкращий варіант розподілу, а також формується оптимальна стратегія для двох видів транспорту.

Таблиця 1.3 – Оптимальні рішення для двох видів транспорту

| Виділена сума асигнувань | E_{np3} | E_{npA} | E_{np3A} | Оптимальний план розподілу |
|--------------------------|-----------|-----------|------------|----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,2В | 0 | 18,2 | 18,2 | (0; 0,2В) |
| 0,4В | 15,7 | 18,2 | 33,9 | (0,2В; 0,2В) |
| 0,6В | 16,4 | 18,2 | 34,6 | (0,4В; 0,2В) |
| 0,8В | 17,1 | 18,2 | 35,3 | (0,6В; 0,2В) |
| В | 17,8 | 18,2 | 36 | (0,8В; 0,2В) |

Наступним етапом є розширення моделі для трьох видів транспорту, де до автомобільного та залізничного додається водний вид транспорту.

Таблиця 1.4 – Розширення моделі (3А, В)

| Розмір виділених асигнувань | Можливі варіанти розподілу | | Значення приведенного і умовно оптимального розподілу ресурсів |
|-----------------------------|----------------------------|--------|--|
| | 3 і А | Водний | |
| 0 | 0 | 0 | 0+0=0 |
| 0,2 | 0 | 0,2 | 0+14,8=14,8 |
| | 0,2 | 0 | 18,2+0=18,2 |
| 0,4 | 0 | 0,4 | 0+15,1=15,1 |
| | 0,2 | 0,2 | 18,2+14,8=33 |
| 0,6 | 0,4 | 0 | 33,9+0=33,9 |
| | 0 | 0,6 | 0+18,1=18,1 |
| 0,8 | 0,2 | 0,4 | 18,2+15,1=33,3 |
| | 0,4 | 0,2 | 33,9+14,8=48,7 |
| 1 | 0,6 | 0 | 34,6+0=34,6 |
| | 0 | 0,8 | 0+18,9=18,9 |
| | 0,2 | 0,6 | 18,2+18,1=36,3 |
| | 0,4 | 0,4 | 33,9+15,1=49 |
| | 0,6 | 0,2 | 34,6+14,8=49,4 |
| | 0,8 | 0 | 35,3+0=35,3 |
| | 0 | 1 | 0+19,7=19,7 |
| | 0,2 | 0,8 | 18,2+18,9=37,1 |
| | 0,4 | 0,6 | 33,9+18,1=52 |
| | 0,6 | 0,4 | 34,6+15,1=49,7 |
| | 0,8 | 0,2 | 35,3+14,8=50,1 |
| | 1 | 0 | 36+0=36 |

З аналізу виконаних розрахунків частина ресурсів спрямовується на вже оптимізовану систему (З+А), інша – на новий вид транспорту (В), де після цього обирається найкраща комбінація.

Оптимальний план розподілу подано у таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Оптимальний розподіл асигнувань

| Виділена сума асигнувань | E_{np3A} | E_{npB} | E_{np3AB} | F_{3AB} |
|--------------------------|------------|-----------|-------------|--------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | (0;0;0) |
| 0,2В | 18,2 | 0 | 18,2 | (0; 0,2В; 0) |
| 0,4В | 33,9 | 0 | 33,9 | (0,2В; 0,2В; 0) |
| 0,6В | 33,9 | 14,8 | 48,7 | (0,2В; 0,2В; 0,2В) |
| 0,8В | 34,6 | 14,8 | 49,4 | (0,4В; 0,2В; 0,2В) |
| В | 33,9 | 18,1 | 52 | (0,2В; 0,2В; 0,6В) |

Оптимальний варіант передбачає поступове включення водного транспорту при зростанні інвестицій.

Після розгляду моделі із трьох видів транспорту додаємо ще наступний вид транспорту – трубопровідний та здійснюємо оптимізацію ресурсів для них.

Таблиця 1.6 – Аналіз варіантів (додається трубопровідний транспорт)

| Розмір виділених асигнувань | Можливі варіанти розподілу | | Значення приведенного і умовно оптимального розподілу ресурсів |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|--|
| | ЗА і В | Трубопровідний | |
| 0 | 0 | 0 | 0+0=0 |
| 0,2 | 0 | 0,2 | 0+16,8=16,8 |
| | 0,2 | 0 | 18,2+0=18,2 |
| 0,4 | 0 | 0,4 | 0+17,0=17,0 |
| | 0,2 | 0,2 | 18,2+16,8=35 |
| 0,6 | 0,4 | 0 | 33,9+0=33,9 |
| | 0 | 0,6 | 0+17,3=17,3 |
| | 0,2 | 0,4 | 18,2+17,0=35,2 |
| | 0,4 | 0,2 | 33,9+16,8=50,7 |
| | 0,6 | 0 | 48,7+0=48,7 |

Продовження таблиці 1.6

| | | | |
|-----|-----|-----|------------------|
| 0,8 | 0 | 0,8 | $0+18,6=18,6$ |
| | 0,2 | 0,6 | $18,2+17,3=35,5$ |
| | 0,4 | 0,4 | $33,9+17,0=50,9$ |
| | 0,6 | 0,2 | $48,7+16,8=65,5$ |
| | 0,8 | 0 | $49,4+0=49,4$ |
| 1 | 0 | 1 | $0+18,9=18,9$ |
| | 0,2 | 0,8 | $18,2+18,6=36,8$ |
| | 0,4 | 0,6 | $33,9+17,3=51,2$ |
| | 0,6 | 0,4 | $48,7+17,0=65,7$ |
| | 0,8 | 0,2 | $49,4+16,8=66,2$ |
| | 1 | 0 | $52+0=52$ |

У таблиці 1.6 показано, як змінюється ефект при включенні нового виду транспорту та як перерозподіляються ресурси. У таблиці 1.7 зведено дані найкращого плану розподілу між чотирма видами транспорту.

Таблиця 1.7 – Найкращі рішення оптимального плану розподілу

| Виділена сума асигнувань | $E_{прЗAB}$ | $E_{прГ}$ | $E_{прЗABГ}$ | Оптимальний план розподілу |
|--------------------------------|-------------|-----------|--------------|-------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | (0; 0; 0; 0) |
| 0,2В | 18,2 | 0 | 18,2 | (0; 0,2В; 0; 0) |
| 0,4В | 18,2 | 16,8 | 35 | (0; 0,2В; 0; 0,2В) |
| 0,6В | 33,9 | 16,8 | 50,7 | (0; 0,2В; 0,2В; 0,2В) |
| 0,8В | 48,7 | 16,8 | 65,5 | (0,2В; 0,2В; 0,2В; 0,2В) |
| В | 49,4 | 16,8 | 66,2 | (0,4В; 0,2В; 0,2В; 0,2В) |

На цьому етапі спостерігається більш рівномірний розподіл ресурсів між видами транспорту.

На завершальному етапі додається повітряний транспорт, і задача набуває завершеного вигляду.

Таблиця 1.8 – Повна модель оптимального розподілу асигнувань

| Розмір виділених асигнувань | Можливі варіанти розподілу | | Значення приведенного і умовно оптимального розподілу ресурсів |
|-----------------------------|----------------------------|------------|--|
| | ЗАВ і Т | Повітряний | |
| 0 | 0 | 0 | 0+0=0 |
| 0,2 | 0 | 0,2 | 0+17,9=17,9 |
| | 0,2 | 0 | 18,2+0=18,2 |
| 0,4 | 0 | 0,4 | 0+18,5=18,5 |
| | 0,2 | 0,2 | 18,2+17,9=36,1 |
| | 0,4 | 0 | 35+0=35 |
| | 0,6 | 0,6 | 0+19,4=19,4 |
| | 0,2 | 0,4 | 18,2+18,5=36,7 |
| | 0,4 | 0,2 | 35+17,9=52,9 |
| | 0,6 | 0 | 50,7+0=50,7 |
| | 0,8 | 0,8 | 0+19,9=19,9 |
| | 0,2 | 0,6 | 18,2+19,4=37,6 |
| | 0,4 | 0,4 | 35+18,5=53,5 |
| | 0,6 | 0,2 | 50,7+17,9=68,6 |
| | 0,8 | 0 | 65,5+0=65,5 |
| 1 | 0 | 1 | 0+20,1=20,1 |
| | 0,2 | 0,8 | 18,2+19,9=38,1 |
| | 0,4 | 0,6 | 35+19,4=54,4 |
| | 0,6 | 0,4 | 50,7+18,5=69,2 |
| | 0,8 | 0,2 | 65,5+17,9=83,4 |
| | 1 | 0 | 66,2+0=66,2 |

У таблиці 1.9 визначено остаточний варіант розподілу ресурсів.

Таблиця 1.9 – Оптимальний план розподілу асигнувань

| Виділена сума асигнувань | $E_{npЗABT}$ | $E_{npП}$ | $E_{npЗABTP}$ | Оптимальний план розподілу |
|--------------------------|--------------|-----------|---------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | (0; 0; 0; 0; 0) |
| 0,2В | 18,2 | 0 | 18,2 | (0; 0,2В; 0; 0; 0) |
| 0,4В | 18,2 | 17,9 | 36,1 | (0; 0,2В; 0; 0; 0,2В) |
| 0,6В | 35 | 17,9 | 52,9 | (0; 0,2В; 0; 0,2В; 0,2В) |
| 0,8В | 50,7 | 17,9 | 68,6 | (0; 0,2В; 0,2В; 0,2В; 0,2В) |
| В | 65,5 | 17,9 | 83,4 | (0,2В; 0,2В; 0,2В; 0,2В; 0,2В) |

На рисунку 1.3 подано графічне вирішення задачі розподілу виділеної суми асигнувань між різними видами транспорту.

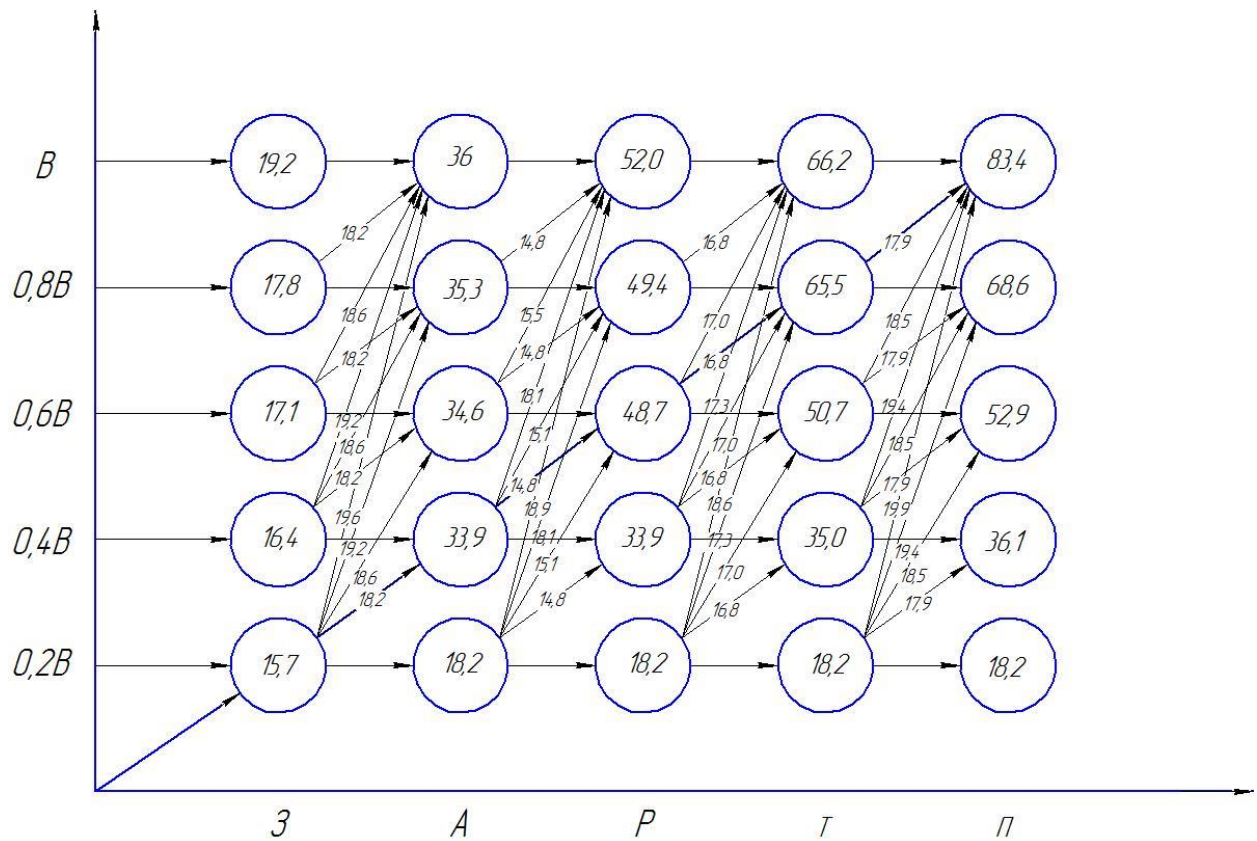


Рисунок 1.3 – Графічний спосіб вирішення задачі

Отриманий результат свідчить про те, що найбільш ефективним є рівномірний розподіл ресурсів між усіма видами транспорту. Це пояснюється тим, що кожен з них робить приблизно однаковий внесок у загальний ефект при певному рівні фінансування.

Максимальний ефект становить: $F = 83,4$.

У результаті проведеного дослідження було доведено, що використання методу динамічного програмування дозволяє ефективно вирішувати задачі розподілу обмежених ресурсів у складних системах.

Детальний аналіз таблиць показав, що:

- оптимальне рішення формується поступово;
- кожен етап впливає на кінцевий результат;
- рівномірний розподіл є найбільш доцільним.

Отримані результати можуть бути використані при плануванні розвитку транспортної інфраструктури на регіональному рівні.

ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Аналіз техніко-економічних показників діяльності

Для оцінки ефективності функціонування підприємства доцільно проаналізувати основні техніко-економічні показники його діяльності за останні роки. Проведений аналіз свідчить про позитивну динаміку розвитку підприємства, що проявляється у зростанні обсягів перевезень, збільшенні доходів та підвищенні рентабельності.

Зокрема, обсяг перевезених вантажів демонструє стабільну тенденцію до зростання, що зумовлено розширенням клієнтської бази та підвищенням попиту на логістичні послуги. Одночасно з цим зростає і вантажообіг, що свідчить про більш ефективне використання транспортних засобів та оптимізацію маршрутів перевезень.

Фінансові показники діяльності підприємства також мають позитивну динаміку. Збільшення доходів супроводжується зростанням прибутку, що є наслідком раціонального управління витратами та впровадження ефективних логістичних рішень. Водночас собівартість перевезень зростає повільнішими темпами, ніж доходи, що свідчить про підвищення економічної ефективності діяльності.

Показник рентабельності підприємства має тенденцію до зростання, що підтверджує ефективність використання ресурсів та правильність обраної стратегії розвитку. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про стабільний розвиток підприємства та його здатність адаптуватися до змін ринкового середовища.

У таблиці 2.1 наведено основні показники діяльності підприємства.

Таблиця 2.1 – Основні показники діяльності

| Показник | 2022 р. | 2023 р. | 2024 р. |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| Обсяг перевезень, млн. т | 52 | 58 | 64 |
| Вантажообіг, млрд. ткм | 120 | 135 | 149 |
| Дохід, млн. грн | 18500 | 21200 | 24500 |
| Собівартість, млн. грн | 15000 | 16800 | 19000 |
| Прибуток, млн. грн | 3500 | 4400 | 5500 |
| Рентабельність, % | 18,9 | 20,7 | 22,4 |

Для оцінки ефективності функціонування підприємства проведено аналіз основних техніко-економічних показників:

- спостерігається стабільне зростання обсягу перевезень, що свідчить про розширення клієнтської бази та збільшення попиту на послуги;
- збільшення вантажообігу вказує на ефективніше використання транспортних ресурсів та оптимізацію маршрутів;
- позитивна динаміка фінансових результатів, а саме доходу та прибутку свідчить про ефективну господарську діяльність підприємства.
- зростання рентабельності означає підвищення ефективності управління витратами.

2.2 Оцінка ефективності організації мультимодальних перевезень

Ефективність організації мультимодальних перевезень на підприємстві визначається комплексом показників, серед яких ключове значення мають час доставки вантажів, рівень транспортних витрат, ступінь використання рухомого складу та надійність виконання перевезень.

Застосування мультимодальних схем дозволяє суттєво скоротити тривалість доставки вантажів за рахунок оптимального поєднання різних

видів транспорту. У порівнянні з традиційними схемами перевезень, де використовується лише один вид транспорту, мультимодальний підхід забезпечує більш гнучке планування маршрутів і зменшення простоїв.

Аналіз витрат показує, що використання мультимодальних перевезень сприяє їх зниженню за рахунок більш ефективного використання транспортних ресурсів та скорочення непродуктивних витрат. Особливо це проявляється при перевезенні вантажів на великі відстані, де комбінування залізничного та морського транспорту є економічно доцільним.

Важливим показником є коефіцієнт використання транспортних засобів, який характеризує ступінь їх завантаженості. На досліджуваному підприємстві цей показник знаходиться на високому рівні, що свідчить про ефективну організацію перевізного процесу. Крім того, спостерігається зниження середнього часу доставки, що є результатом оптимізації логістичних схем.

Проведена оцінка підтверджує, що використання мультимодальних перевезень є ефективним інструментом підвищення якості транспортного обслуговування та зниження витрат.

Коефіцієнт використання рухомого складу є важливим узагальнюючим показником, що характеризує рівень ефективності експлуатації транспортних засобів у процесі перевезень. Його сутність полягає у відображенні ступеня залучення наявного парку транспортних засобів до виконання виробничих завдань, а також повноти використання їх технічних і експлуатаційних можливостей. Чим вищим є значення цього коефіцієнта, тим раціональніше використовується рухомий склад, що свідчить про належну організацію транспортного процесу.

У практиці транспортної діяльності коефіцієнт використання рухомого складу формується під впливом багатьох чинників, серед яких важливе місце займають технічний стан транспортних засобів, рівень їх завантаження, організація маршрутів і графіків руху, а також тривалість простоїв у пунктах навантаження та розвантаження. Значний вплив має також рівень

узгодженості роботи між різними учасниками транспортного процесу, оскільки порушення ритмічності перевезень призводить до зниження ефективності використання наявного парку.

З економічної точки зору підвищення коефіцієнта використання рухомого складу сприяє зниженню собівартості перевезень, оскільки забезпечується більш повне використання наявних ресурсів без необхідності додаткових капіталовкладень у придбання нових транспортних засобів. Водночас надмірне навантаження на рухомий склад може призвести до прискореного зношування техніки та збільшення витрат на її обслуговування, що потребує дотримання оптимального балансу між інтенсивністю експлуатації та технічною надійністю.

У сучасних умовах підвищення коефіцієнта використання рухомого складу досягається за рахунок удосконалення систем планування перевезень, впровадження інформаційних технологій для управління транспортними потоками та оптимізації логістичних процесів. Важливу роль відіграє також аналіз експлуатаційних показників, який дозволяє своєчасно виявляти неефективні ділянки роботи та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Коефіцієнт використання транспорту визначається за формулою:

$$K_{вик} = \frac{Q_{\phi}}{Q_{max}} \quad (2.1)$$

де: Q_{ϕ} – фактичний вантажообіг, ткм;

Q_{max} – максимально можливий вантажообіг, ткм.

Тоді:

$$K_{вик} = \frac{149}{180} = 0,83$$

Рівень використання рухомого складу становить 0,83, що свідчить про достатньо ефективне використання транспортних ресурсів, однак існує резерв у розмірі близько 17%.

Собівартість перевезень – ключовий економічний показник, який відображає сукупність витрат транспортного підприємства, пов'язаних із здійсненням процесу доставки вантажів. Вона формується під впливом великої кількості факторів і безпосередньо визначає рівень тарифів на транспортні послуги, а також конкурентоспроможність підприємства на ринку. Чим нижчим є рівень собівартості за збереження належної якості обслуговування, тим ефективнішою вважається діяльність транспортної організації.

Формування собівартості перевезень охоплює витрати на експлуатацію рухомого складу, оплату праці персоналу, паливно-енергетичні ресурси, технічне обслуговування і ремонт, а також адміністративні та інші супутні витрати. Значний вплив на її величину має рівень використання транспортних засобів, оскільки простой, неповне завантаження та нераціональні маршрути призводять до зростання витрат на одиницю виконаної роботи. Водночас оптимізація логістичних процесів і підвищення продуктивності транспорту сприяють зниженню витрат і покращенню економічних результатів діяльності.

Особливістю собівартості перевезень є її динамічний характер, що зумовлений змінами зовнішніх і внутрішніх умов функціонування транспортної системи. Коливання цін на паливо, зміни в організації руху, сезонні фактори та обсяги перевезень можуть суттєво впливати на рівень витрат. У зв'язку з цим важливим є постійний аналіз структури собівартості та виявлення резервів її зниження шляхом удосконалення технології перевезень, раціонального використання ресурсів і впровадження сучасних управлінських підходів.

Раціональне управління собівартістю перевезень передбачає не лише контроль витрат, а й пошук шляхів підвищення ефективності всієї

транспортної діяльності. Це досягається завдяки оптимізації маршрутів, скороченню непродуктивних витрат часу, підвищенню коефіцієнта використання рухомого складу та вдосконаленню організації роботи перевалочних пунктів. У підсумку зниження собівартості створює передумови для підвищення прибутковості підприємства та забезпечення стабільного розвитку транспортної галузі.

Собівартість одиниці транспортної роботи визначається:

$$C = \frac{C_{заг}}{Q} \quad (2.2)$$

де: $C_{заг}$ – загальні витрати, грн;

Q – обсяг перевезень, т.

Для 2024 року:

$$C = \frac{19000}{64} = 296,9 \text{ грн/т}$$

Середня собівартість перевезення становить приблизно 297 грн/т.

Економічний ефект від мультимодальних перевезень проявляється у підвищенні загальної ефективності логістичних процесів за рахунок раціонального поєднання різних видів транспорту в межах єдиного перевізного ланцюга. Такий підхід дозволяє використовувати переваги кожного виду транспорту залежно від умов перевезення, що сприяє зниженню сукупних витрат і скороченню часу доставки вантажів. Важливою передумовою досягнення економічного ефекту є узгодженість дій усіх учасників процесу та застосування єдиних технологічних і організаційних рішень.

Суттєвий економічний результат досягається завдяки оптимізації

маршрутів і зменшенню частки непродуктивних витрат, пов'язаних із простоем транспортних засобів та перевантажувальними операціями. Раціональне планування перевезень дозволяє знизити витрати на паливо, експлуатацію рухомого складу та обслуговування інфраструктури, що безпосередньо впливає на формування собівартості перевезень. Крім того, використання мультимодальних схем сприяє підвищенню рівня завантаження транспортних засобів і зменшенню кількості порожніх пробігів, що також позитивно позначається на економічних показниках.

Важливим аспектом економічного ефекту є підвищення надійності та стабільності перевезень, що дозволяє зменшити ризики затримок і додаткових витрат, пов'язаних із порушенням термінів доставки. Завдяки інтеграції інформаційних систем і застосуванню сучасних логістичних технологій забезпечується прозорість процесу перевезення та можливість оперативного управління вантажопотоками. Це сприяє більш ефективному використанню ресурсів і підвищенню якості обслуговування клієнтів.

У довгостроковій перспективі економічний ефект від мультимодальних перевезень проявляється у зростанні конкурентоспроможності транспортних підприємств і розвитку транспортної інфраструктури. Скорочення витрат і підвищення продуктивності перевезень створюють умови для розширення ринків збуту та збільшення обсягів перевезень. Впровадження мультимодальних перевезень є важливим напрямом підвищення ефективності функціонування транспортної системи та забезпечення її сталого розвитку.

Економія визначається як різниця між витратами традиційної та мультимодальної схеми:

$$E = C_{mp} - C_m \quad (2.3)$$

де:

$$C_{mp} = 340 \text{ грн} / t \text{ (традиційна схема)}$$

$$C_m = 297 \text{ грн} / t$$

$$E = 340 - 297 = 43 \text{ грн/т}$$

Загальний ефект:

$$E_{\text{заг}} = 43 \cdot 64 = 2752 \text{ млн.грн}$$

Застосування мультимодальних перевезень дозволяє отримати економічний ефект у розмірі близько 2,75 млрд грн на рік.

Середній час доставки – характеризує тривалість проходження вантажем або пасажиром усього маршруту від пункту відправлення до пункту призначення. Цей показник відображає не лише швидкість руху транспортних засобів, але й рівень організації всіх супутніх операцій, включаючи навантаження, перевантаження, зберігання та оформлення супровідної документації. Його значення має безпосередній вплив на якість транспортного обслуговування та задоволення потреб клієнтів.

Формування середнього часу доставки залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів, серед яких важливе місце займають технічні характеристики транспортних засобів, стан транспортної інфраструктури, протяжність маршруту та рівень організації перевізного процесу. Значний вплив мають також затримки в пунктах перевалки, погодні умови та ступінь узгодженості роботи різних видів транспорту у випадку змішаних або мультимодальних перевезень. Усі ці чинники можуть як скорочувати, так і збільшувати загальний час доставки, що безпосередньо позначається на ефективності логістичної системи.

Зменшення середнього часу доставки є одним із пріоритетних завдань сучасної транспортної логістики, оскільки воно дозволяє підвищити оборотність вантажів і знизити витрати, пов'язані з їх зберіганням та простоєм. Досягнення цього результату можливе завдяки оптимізації маршрутів, удосконаленню графіків руху, скороченню часу обробки вантажів у перевалочних пунктах та впровадженню сучасних інформаційних

технологій управління перевезеннями. Важливу роль відіграє також підвищення координації між учасниками логістичного процесу, що забезпечує більш чітке дотримання термінів доставки.

У загальному розумінні середній час доставки виступає інтегральним показником якості транспортного обслуговування, який відображає рівень ефективності функціонування всієї транспортної системи. Його зниження свідчить про вдосконалення організації перевезень, підвищення продуктивності транспортних засобів і покращення взаємодії між елементами логістичного ланцюга.

Середній час доставки визначається як:

$$T_{сер} = \frac{\sum T_i}{n} \quad (2.4)$$

традиційна схема: 6 діб

мультимодальна: 4,8 доби

Скорочення:

$$\Delta T = 6 - 4,8 = 1,2 \text{ доби}$$

$$\% = \frac{1,2}{6} 100\% = 20\%$$

Час доставки скоротився на 20%.



Рисунок 2.1 – Залежність витрат на перевезення від типу транспортної системи



Рисунок 2.2 – Динаміка обсягу перевезень за роками

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика перевезень

| Показник | Традиційні | Мультимодальні |
|--------------|------------|-----------------|
| Час доставки | високий | знижений на 20% |
| Витрати | високі | нижчі на 10-20% |
| Гнучкість | низька | висока |
| Ризики | вищі | знижені |

2.3 Виявлення проблем та розробка пропозицій щодо підвищення ефективності

Незважаючи на загалом позитивні результати діяльності підприємства, у процесі дослідження було виявлено ряд проблем, що стримують подальше підвищення ефективності організації перевезень.

Однією з основних проблем є нерівномірність завантаження транспортних засобів, що призводить до виникнення як дефіциту, так і надлишку рухомого складу у різні періоди. Це негативно впливає на ефективність використання ресурсів та призводить до збільшення витрат.

Іншою суттєвою проблемою є обмеження транспортної інфраструктури, зокрема недостатня пропускна здатність окремих ділянок залізничної мережі та портів. Це спричиняє затримки у доставці вантажів і знижує загальну ефективність логістичних операцій.

Також спостерігаються труднощі у координації взаємодії між різними видами транспорту, що особливо проявляється на стиках перевезень. Недостатній рівень цифровізації окремих процесів ускладнює оперативне управління перевезеннями.

З метою підвищення ефективності діяльності підприємства доцільно запропонувати ряд заходів. Насамперед, необхідно впроваджувати сучасні інформаційні системи управління логістикою, що дозволять автоматизувати процеси планування та контролю перевезень. Важливим напрямом є оптимізація графіків руху транспорту з метою більш рівномірного його завантаження.

Доцільним є також розвиток мультимодальних транспортних вузлів, що забезпечують швидке перевантаження вантажів між різними видами транспорту. Використання методів прогнозування попиту дозволить більш ефективно планувати перевезення та уникати перевантаження інфраструктури.

Реалізація запропонованих заходів сприятиме зниженню витрат, скороченню часу доставки та підвищенню рівня обслуговування клієнтів, що в цілому забезпечить зростання ефективності діяльності підприємства.

Впровадження цифрової системи управління у транспортно-логістичній сфері є важливим етапом модернізації організації перевезень, що спрямований на підвищення ефективності використання ресурсів та покращення якості обслуговування. Такі системи забезпечують інтеграцію всіх елементів логістичного процесу в єдине інформаційне середовище, що дозволяє здійснювати оперативний контроль за рухом транспортних засобів, станом вантажів та виконанням графіків перевезень. Завдяки цьому суттєво підвищується прозорість усіх операцій і зменшується ймовірність виникнення організаційних збоїв.

Цифрові технології управління дозволяють обробляти великі обсяги даних у режимі реального часу, що створює умови для більш точного планування маршрутів і розподілу транспортних ресурсів. Використання

таких систем сприяє оптимізації логістичних рішень, оскільки управлінські дії ґрунтуються не на інтуїтивних оцінках, а на аналітично обґрунтованій інформації. Це особливо важливо в умовах високої динамічності транспортних потоків, де своєчасність прийняття рішень безпосередньо впливає на ефективність усього процесу перевезення.

Застосування цифрових систем управління також позитивно впливає на скорочення витрат і підвищення продуктивності роботи транспорту. Автоматизація контролю дозволяє зменшити обсяги ручної праці, зменшити помилки у плануванні та скоротити час на виконання адміністративних процедур. Крім того, забезпечується більш точне відстеження простоїв, завантаженості рухомого складу та дотримання маршрутів, що дає змогу своєчасно виявляти неефективні ділянки роботи та усувати їх причини.

У стратегічному вимірі впровадження цифрової системи управління сприяє формуванню сучасної логістичної інфраструктури, здатної швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Це підвищує конкурентоспроможність транспортних підприємств, забезпечує більш високу якість послуг і створює передумови для подальшої інтеграції у міжнародні транспортні мережі. Цифровізація управління виступає ключовим фактором розвитку сучасних транспортних систем і підвищення їх ефективності.

Очікуване скорочення витрат – 8%

$$E_1 = 19000 \cdot 0,08 = 1520 \text{ млн. грн}$$

Оптимізація маршрутів є одним із ключових напрямів підвищення ефективності транспортних перевезень, оскільки вона безпосередньо впливає на витрати часу, палива та загальну собівартість доставки вантажів. Її сутність полягає у виборі таких схем руху транспортних засобів, які забезпечують найраціональніше поєднання відстані, часу та ресурсів при виконанні перевізних завдань. У сучасних умовах оптимізація маршрутів

розглядається як складова частина логістичного управління, що базується на використанні аналітичних методів і цифрових технологій.

Формування оптимальних маршрутів передбачає врахування великої кількості змінних факторів, серед яких стан дорожньої мережі, інтенсивність транспортних потоків, розташування вантажовідправників і вантажоодержувачів, а також обмеження щодо часу доставки. Важливу роль відіграє також необхідність зменшення простоїв транспортних засобів і забезпечення їх максимальної завантаженості протягом усього рейсу. Усі ці аспекти взаємопов'язані між собою і потребують комплексного підходу до планування маршрутної мережі.

Застосування оптимізованих маршрутів дозволяє суттєво підвищити ефективність використання рухомого складу, оскільки скорочується непродуктивний пробіг і зменшуються витрати на паливо та технічне обслуговування. Крім того, зниження тривалості перевезень позитивно впливає на якість транспортного обслуговування, що особливо важливо для вантажів із обмеженим терміном зберігання або високими вимогами до своєчасності доставки. У результаті підвищується загальна надійність логістичної системи та її здатність адаптуватися до змінних умов ринку.

У сучасній практиці оптимізація маршрутів дедалі частіше здійснюється з використанням спеціалізованих програмних засобів, які дозволяють моделювати різні варіанти руху та обирати найефективніший з них. Це забезпечує більш точне планування перевезень і зменшує вплив людського фактору на прийняття рішень.

Зниження витрат – 5%

$$E_2 = 19000 \cdot 0,05 = 950 \text{ млн. грн}$$

Зменшення простоїв транспорту

Збільшення використання з 0,83 до 0,9:

$$\Delta = 0,9 \cdot 0,83 = 0,07$$

Додатковий вантажообіг:

$$Q_{\text{дод}} = 180 \cdot 0,07 = 12,6 \text{ млрд. ткм}$$

Загальний ефект

$$E_{\text{заг}} = 1520 + 950 = 2470 \text{ млн. грн}$$

Отримані розрахунки підтверджують, що впровадження мультимодальних перевезень забезпечує суттєве підвищення ефективності діяльності підприємства. Економічний ефект досягається як за рахунок зниження витрат, так і за рахунок більш раціонального використання ресурсів.

Запропоновані заходи дозволяють додатково підвищити ефективність функціонування підприємства та забезпечити його стабільний розвиток у довгостроковій перспективі.

2.4 Дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів

Дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів є елементом оцінювання функціонування логістичних систем, оскільки саме в цих вузлах відбувається перерозподіл вантажопотоків між різними видами транспорту та забезпечується безперервність перевізного процесу. Раціональна організація роботи перевалочних пунктів безпосередньо впливає на тривалість доставки, рівень витрат і якість обслуговування клієнтів, що визначає

конкурентоспроможність транспортних підприємств у сучасних умовах ринку.

Ефективність функціонування перевалочного пункту доцільно розглядати як комплексну характеристику, що відображає ступінь використання його виробничих потужностей, рівень технічної оснащеності, швидкість виконання вантажно-розвантажувальних операцій та узгодженість роботи всіх елементів технологічного процесу. Важливу роль відіграє здатність пункту обробляти змінні за обсягом вантажопотоки без виникнення затримок і накопичення вантажів, що потребує гнучкого управління ресурсами та впровадження сучасних інформаційних технологій.

У процесі дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів аналізуються показники пропускної спроможності, тривалості обробки вантажів, рівня простоїв транспортних засобів, а також витрат, пов'язаних із виконанням перевалочних операцій. Особлива увага приділяється взаємодії між різними видами транспорту, оскільки неузгодженість графіків їх роботи призводить до зниження загальної продуктивності системи. У цьому контексті важливим є забезпечення синхронізації прибуття і відправлення транспортних засобів, що дозволяє зменшити час очікування та підвищити інтенсивність обробки вантажів.

Суттєвий вплив на ефективність перевалочних пунктів мають організаційні та технологічні фактори, зокрема рівень механізації та автоматизації процесів, раціональність планування території, оптимальність розміщення складських зон і транспортних під'їздів. Використання сучасного перевантажувального обладнання та інформаційних систем управління дозволяє скоротити тривалість операцій і знизити ймовірність помилок при обробці вантажів. Крім того, значення має кваліфікація персоналу та ефективність управлінських рішень, що забезпечують координацію роботи всіх учасників логістичного процесу.

Оцінювання ефективності роботи перевалочних пунктів передбачає також врахування економічних результатів їх діяльності, зокрема

співвідношення витрат і отриманого ефекту. Зниження витрат на перевалку при одночасному підвищенні швидкості та надійності обслуговування свідчить про оптимізацію роботи пункту. У свою чергу, впровадження заходів щодо вдосконалення технології перевалки, покращення організації руху транспорту та підвищення рівня інформаційного забезпечення сприяє підвищенню загальної ефективності функціонування транспортно-логістичної системи.

Дослідження ефективності роботи перевалочних пунктів дозволяє виявити вузькі місця у процесі обробки вантажів, обґрунтувати напрями їх удосконалення та забезпечити підвищення якості транспортного обслуговування. Це створює передумови для більш раціонального використання ресурсів і підвищення ефективності функціонування всієї системи перевезень.

Окрім забезпечення результативного виконання перевезень різними видами транспорту, виникає також проблема узгодження черговості їх прибуття до пункту навантаження, а також необхідність урахування витрат, що виникають унаслідок простою транспортних засобів.

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k C_{ij} \cdot t_{ij} \rightarrow \min, \quad (2.5)$$

де C_{ij} – ціна обробки i -ої одиниці транспорту в j -ій фазі її обслуговування;

t_{ij} – час такої обробки.

Завдання полягає у визначенні раціональної послідовності прибуття та обробки наявних транспортних засобів, позначених як (B) , (B) , і $(П)$. При цьому слід врахувати, що кожен транспортний засіб спочатку проходить процес розвантаження, після чого переміщується до пункту подальшого навантаження. Вихідні параметри, необхідні для розв'язання поставленої

задачі, систематизовано та подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Тривалість обслуговування транспортних засобів в пункті взаємодії

| Найменування транспортних засобів | Тривалість обслуговування, год | | Тривалість перестановки транспортної одиниці з одного причалу на інший, год | Витрати за 1 годину стоянки транспортної одиниці, у.о. |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------|---|--|
| | розвантаження | навантаження | | |
| Подача вагонів | 35,7 | 30,1 | 0,7 | 47,2 |
| Вантажний теплохід | 47,0 | 45,2 | 0,5 | 55,5 |
| Баржа | 30,2 | 33,3 | 0,3 | 36,4 |

За наявності трьох транспортних одиниць можна сформувати різні послідовності їх обслуговування, що відрізняються порядком проходження операцій кожним із них. Тривалість перебування вагонів, теплохода та баржі в порту визначено на основі технологічних графіків, наведених на рисунках 2.3–2.8. Відповідно до отриманих результатів здійснено розрахунок експлуатаційних витрат для кожного із можливих варіантів черговості обслуговування:

для П → В → Б

$$E = 66,5 \cdot 47,2 + 93,2 \cdot 55,5 + 79 \cdot 36,4 = 11220,25 \text{ у.о.}$$

для П → Б → В

$$E = 66,5 \cdot 47,2 + 64,1 \cdot 36,4 + 93,2 \cdot 55,5 = 10677,89 \text{ у.о.}$$

для В → П → Б

$$E = 92,7 \cdot 55,5 + 75,8 \cdot 47,2 + 72,7 \cdot 36,4 = 11368,89 \text{ у.о.}$$

для В → Б → П

$$E = 92,7 \cdot 55,5 + 79 \cdot 36,4 + 78,6 \cdot 47,2 = 11730,37 \text{ у.о.}$$

для Б → П → В

$$E = 63,8 \cdot 36,4 + 67,2 \cdot 47,2 + 93,2 \cdot 55,5 = 10666,76 \text{ у.о.}$$

для Б → В → П

$$E = 63,8 \cdot 36,4 + 93,2 \cdot 55,5 + 75,8 \cdot 47,2 = 11072,68 \text{ у.о.}$$

Опрацювання отриманих результатів свідчить, що мінімальні витрати, пов'язані з простоем рухомого складу, у розмірі 10666,76 у.о. досягаються за умови вибору послідовності обслуговування $B \rightarrow П \rightarrow В$. Водночас максимальні витрати, які становлять 11730,37 у.о., відповідають варіанту $В \rightarrow Б \rightarrow П$. Це підтверджує, що раціональна організація процесів обробки вагонів і суден у порту забезпечує відчутний економічний результат та сприяє зменшенню тривалості перебування рухомого складу в пунктах взаємодії.

Масштаб: 1:1

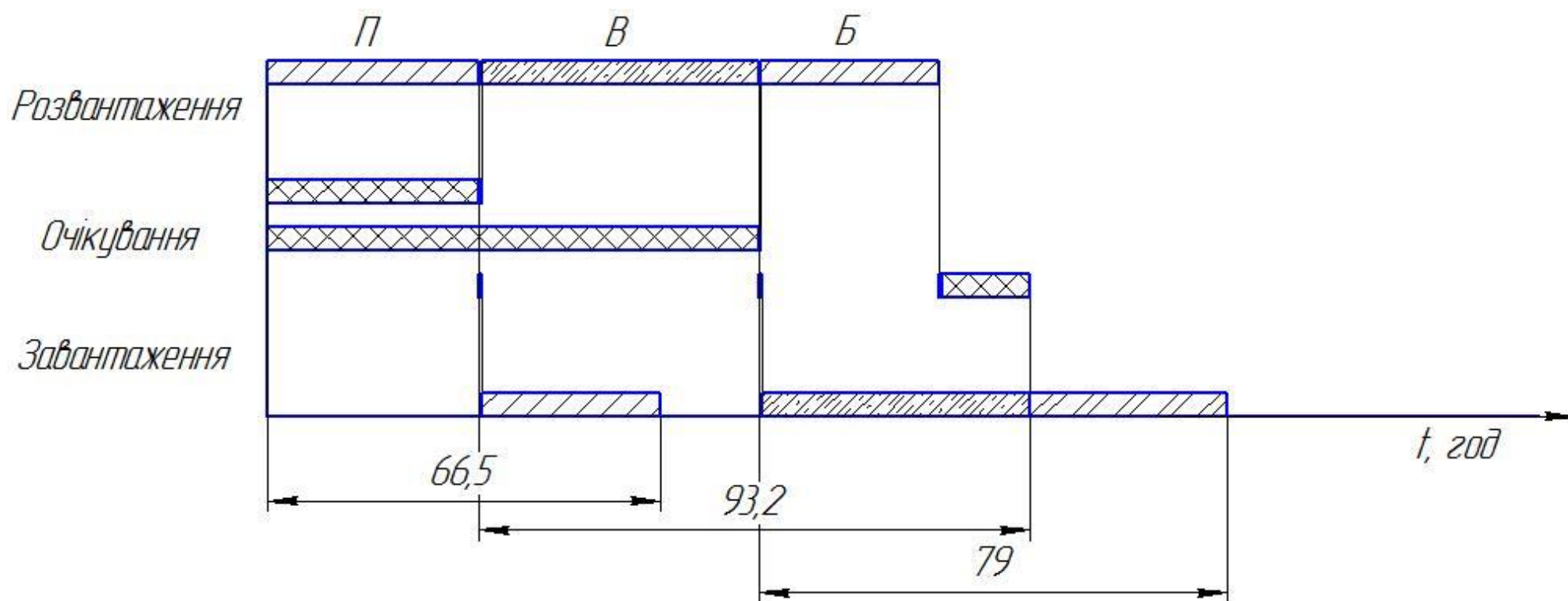


Рисунок 2.3 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом П → В → Б

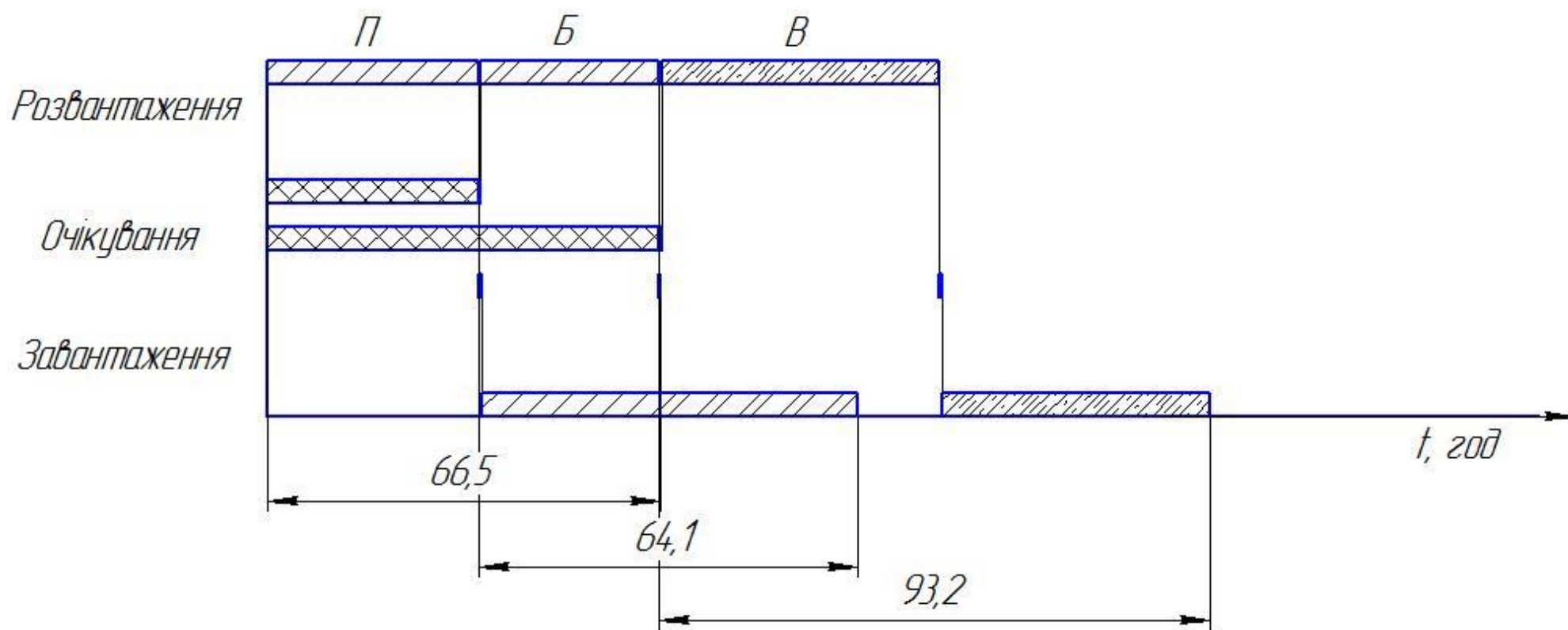


Рисунок 2.4 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом П → Б → В

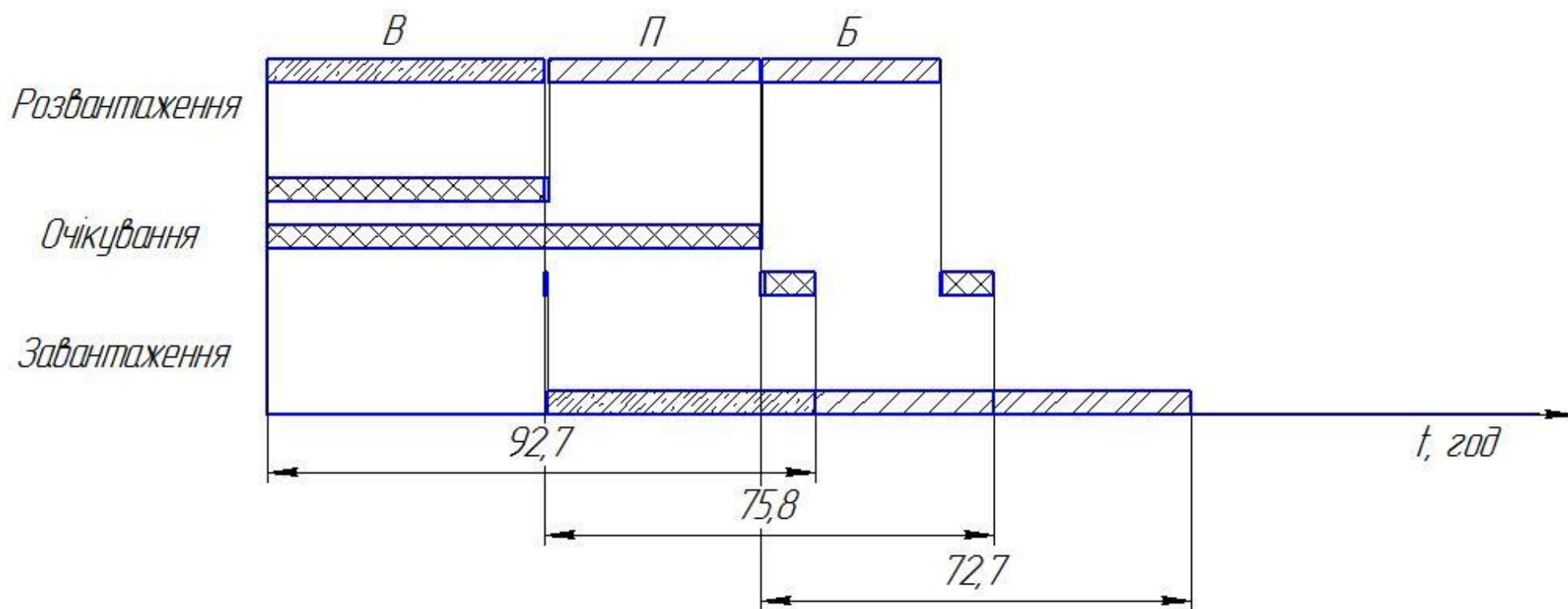


Рисунок 2.5 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом $V \rightarrow \text{П} \rightarrow \text{Б}$

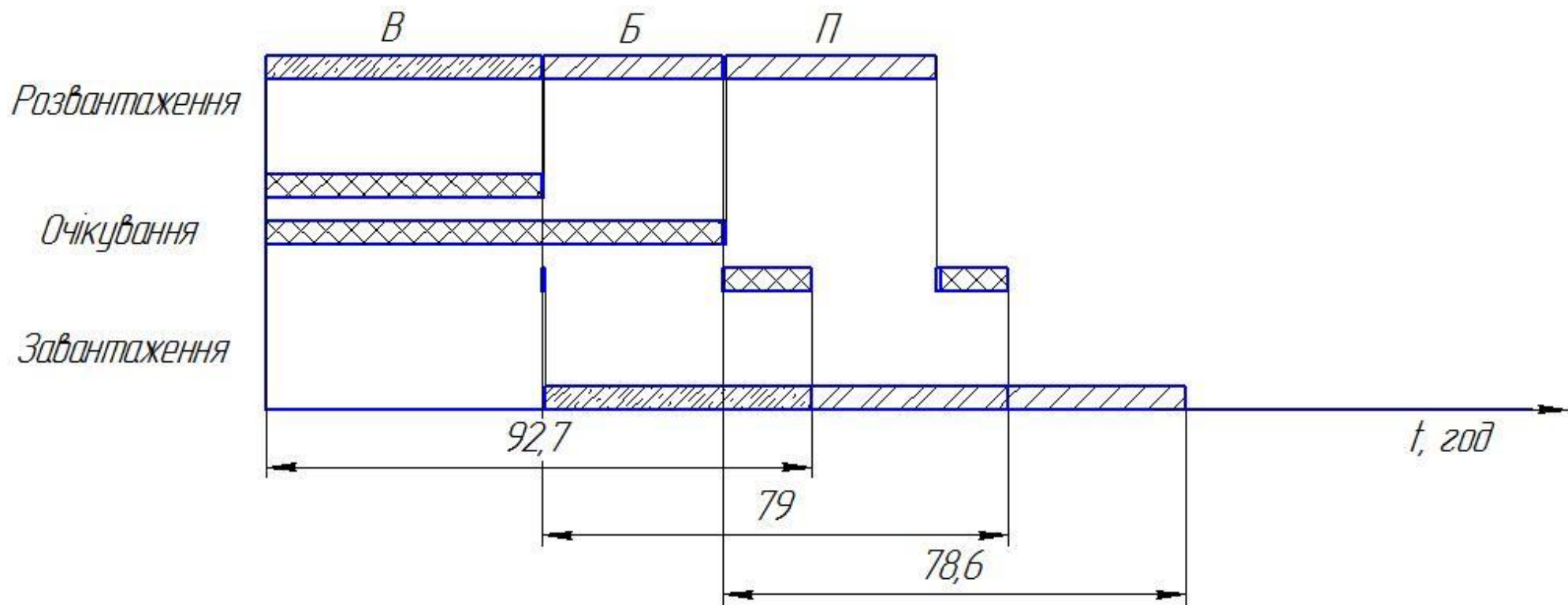


Рисунок 2.6 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом В → Б → П

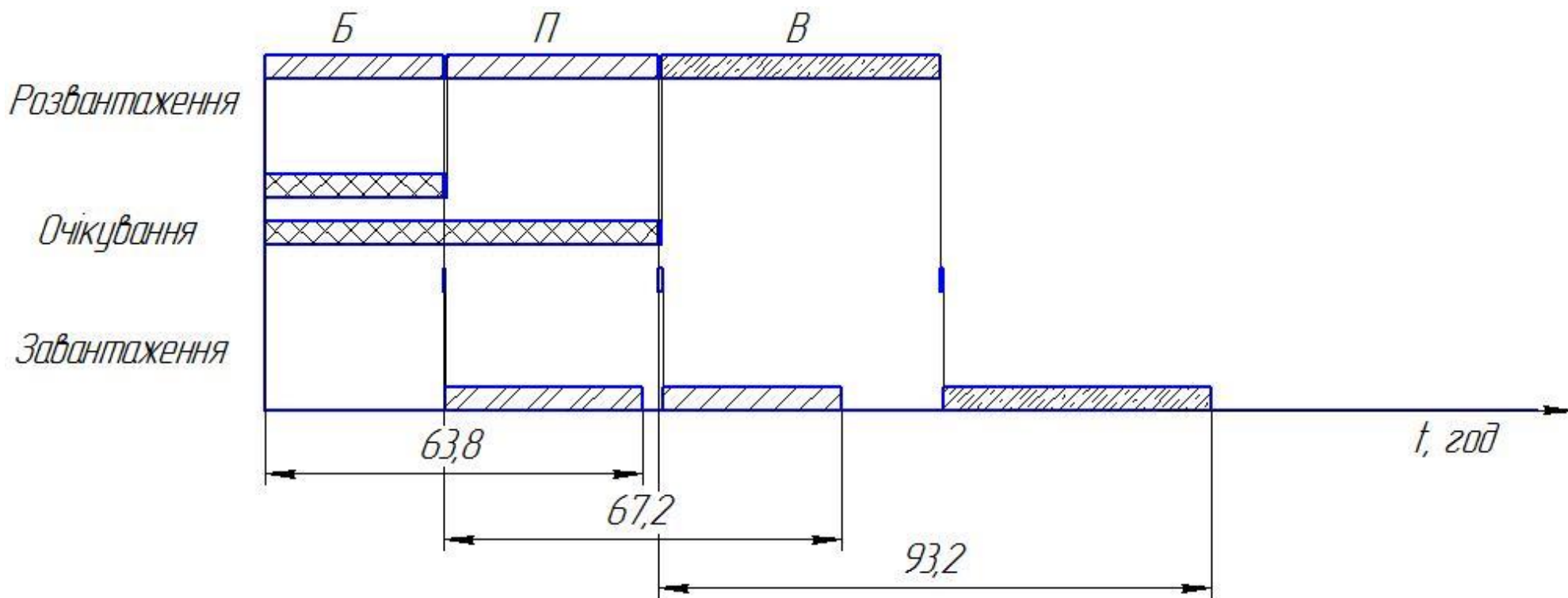


Рисунок 2.7 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом Б → П → В

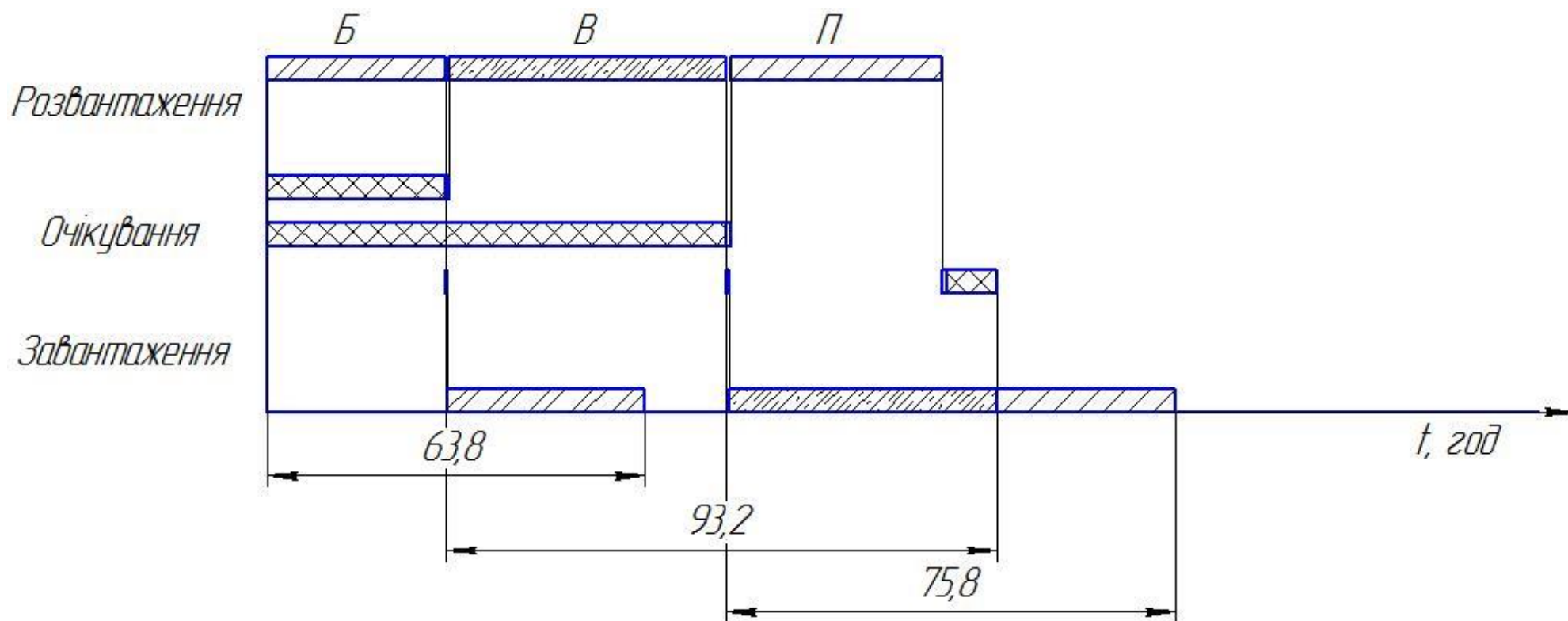


Рисунок 2.8 – Технологічний графік обробки черговості обслуговування за варіантом Б → В → П

2.5 Дослідження прямого варіанту перевалки вантажів

Розглянемо можливі підходи до раціональної організації перевалки вантажів без залучення стаціонарних складів, які відрізняються умовами взаємодії транспортних засобів і характером виконання вантажних операцій. Один із підходів передбачає виконання перевалки без затримок транспортних одиниць, що вимагає високого рівня узгодженості графіків їх прибуття та чіткого дотримання режимів навантаження відповідно до встановленого розкладу. Водночас забезпечити таку синхронізацію на практиці досить складно, оскільки на процес впливають різноманітні чинники, зокрема технічні збої, коливання продуктивності перевантажувальних засобів, а також особливості вантажів і обмеження за часом виконання операцій.

У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні заходів, спрямованих на зменшення нерівномірності процесів обробки, серед яких важливе місце займає тимчасове накопичення вантажів різними способами. При цьому значна увага приділяється можливості здійснення прямого перевантаження, яке забезпечує зменшення витрат. Реалізація таких рішень може відбуватися через використання мобільних форм зберігання, зокрема транспортних засобів як тимчасових складів або плавучих ємностей, а також через застосування бункерних систем. З урахуванням наведених підходів формується відповідна залежність, що дозволяє оцінити витрати для варіанта прямої перевалки вантажів.

$$E = E_{j\text{склад}}(1 - \eta) + E_{i\text{склад}}(1 - \eta) + E_{j-i} \cdot \eta + E_{pcj} + E_{pci} \quad (2.6)$$

де $E_{j\text{склад}}$, $E_{i\text{склад}}$ – приведені затрати;

η – питома вага прямого перевантаження;

E_{pcj} , E_{pci} – затрати на затримку транспорту;

E_{j-i} – затрати на перевантаження

Застосування прямого способу перевантаження сприяє зростанню обсягів вантажу, що обробляється за такою схемою, одночасно забезпечуючи скорочення часу спільного обслуговування транспортних засобів.

Нерівномірність надходження вагонів і автомобілів у пункти їх взаємодії зумовлює випадкові зміни обсягів залишків вантажів. З метою забезпечення більш стійкого функціонування таких пунктів і збільшення частки вантажу, що обробляється за прямою схемою, виникає необхідність у тимчасовому затриманні вагонів під час перевалки. Рациональна тривалість такої затримки визначається на основі економічного зіставлення витрат, коли витрати на зберігання однієї тонни вантажу безпосередньо у транспортному засобі та його обробку за прямим варіантом прирівнюються до витрат на складування вантажу з подальшою перевалкою.

$$T_e = Z_p \beta / Q \quad (2.7)$$

$$T_e = 1390 \cdot 0,626 / 550 = 1,581 \text{ год,}$$

де Z_p – розрахунковий залишок вантажу формується як наслідок нерівномірного прибуття вагонів і автомобілів у пункти їх взаємодії, що призводить до коливань обсягів оброблюваних партій;

β – частка вагонів, які затримуються для забезпечення прямої схеми перевалки, визначає обсяг рухомого складу, що тимчасово утримується з метою оптимізації процесу вантажообробки;

Q – годинна продуктивність вантажно-розвантажувальних машин характеризує інтенсивність виконання операцій і вимірюється в тоннах за годину.

На основі зазначених параметрів далі визначається

середньоквадратичне відхилення вагопотоків, яке використовується для оцінки їхньої нерівномірності.

$$\sigma_B = a \cdot \lambda_B^c \cdot T^{0,5}, \quad (2.8)$$

$$\sigma_B = 1,232 \cdot 5,469^{0,676} \cdot 48^{0,5} = 26,918$$

У наведеному співвідношенні емпіричні коефіцієнти $a = 1,232$, $c = 0,676$ встановлюються з урахуванням особливостей пиломатеріалів і приймають відповідні значення для конкретних умов розрахунку. λ_B Інтенсивність вагопотоків характеризує середню кількість вагонів, що надходять у систему за одиницю часу, тоді як розрахунковий період T взаємодії відображає тривалість аналізованого інтервалу в годинах.

На основі цих параметрів визначається інтенсивність вагопотоків за відповідною розрахунковою залежністю.

$$\lambda_B = Q_{\text{доб}} / (q_B \cdot t), \quad (2.9)$$

$$\lambda_B = 8400 / (64 \cdot 24) = 5,469 \text{ ваг/год},$$

У даному виразі вантажопідйомність вагону $q_B = 64 \text{ т}$ визначає максимальну масу вантажу, що може бути перевезена однією транспортною одиницею в тоннах, тоді як добове надходження вантажів у пункт взаємодії $Q_{\text{доб}}$ характеризує загальний обсяг вантажопотоку за добу. Час надходження вантажу відображає період, протягом якого здійснюється його подача до пункту обробки, і вимірюється в годинах $t = 24 \text{ год}$.

На основі цих параметрів виконується розрахунок середньоквадратичного відхилення потоків автомобілів відповідно до встановленої залежності

$$\sigma_a = \sqrt{(1-P)\lambda_a T}, \quad (2.10)$$

$$\sigma_a = \sqrt{(1-0,44) \cdot 50 \cdot 48} = 36,661$$

де P – ймовірність подачі автомобілів.

$$\lambda_a = Q_{\text{дооб}} / (q_a \cdot t) \quad (2.11)$$

$$\lambda_a = 8400 / (7 \cdot 24) = 50, \text{ авт/год,}$$

де q_a – вантажопідйомність автомобіля, т.

Розрахункова кількість вантажу, що осів в пункті взаємодії, визначається за формулою:

$$Z_p = 0,798 \sqrt{q_B^2 \cdot \sigma_B^2 + q_a^2 \cdot \sigma_a^2} \quad (2.12)$$

$$Z_p = 0,798 \sqrt{64^2 \cdot 26,918^2 + 7^2 \cdot 36,661^2} = 1390 \text{ т.}$$

Значення параметра β має визначатися таким чином, щоб витрати, пов'язані зі зберіганням однієї тонни вантажу безпосередньо на рухомому складі з подальшою перевалкою, були еквівалентними витратам на його складування на складі з наступним перевантаженням на автомобіль.

$$\beta e_B + \beta e_{BA} = (1-\beta)e_{CK} + (1-\beta)e_{CA}, \quad (2.13)$$

У цьому виразі e_B – приведена вартість зберігання однієї тонни вантажу у вагоні протягом години характеризує витрати на утримання вантажу безпосередньо в рухомому складі за одиницю часу, тоді як e_{BA} вартість перевантаження за прямою схемою «вагон–автомобіль» відображає витрати, пов’язані з безпосередньою передачею вантажу між видами транспорту. e_{CK} – питома вартість зберігання однієї тонни вантажу на складі визначає витрати на його утримання в складських умовах протягом доби, а e_{CA} – питомі витрати на перевалку через склад включають операції як розвантаження з вагона на склад, так і подальше навантаження зі складу в автомобіль. Розв’язуючи наведене рівняння відносно шуканого параметра, отримують відповідний аналітичний вираз:

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{e_B + e_{BA}}{e_{CK} + e_{CA}}} \quad (2.14)$$

$$\beta = \frac{1}{1 + \frac{0,4 + 14}{0,07 + 24}} = 0,626$$

Розрахункову кількість вагонів, затримка яких у пункті взаємодії є доцільною для забезпечення прямого варіанта перевезень, визначають за наступною формулою:

$$m_p = Z_p \cdot \beta / q_B, \quad (2.15)$$

$$m_p = 1390 \cdot 0,626 / 64 = 13,588 \text{ ваг.}$$

На основі наведених вище залежностей визначають економічно доцільний термін затримки вагонів і вантажів. Для побудови графіків шляхом варіювання добового обсягу перевалки розраховують кількість вагонів, затримка яких у пункті взаємодії є економічно обґрунтованою для організації прямого варіанта перевалки, а також визначають відповідний допустимий час їх простою. Отримані результати узагальнюють у таблиці 2.4, за даними якої будують графік.

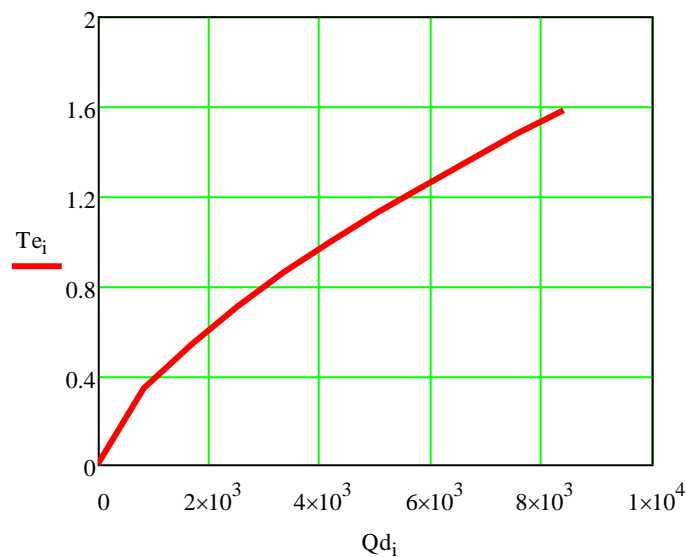


Рисунок 2.9 – Залежність економічно обґрунтованого терміну затримки вагона від $Q_{доб}$

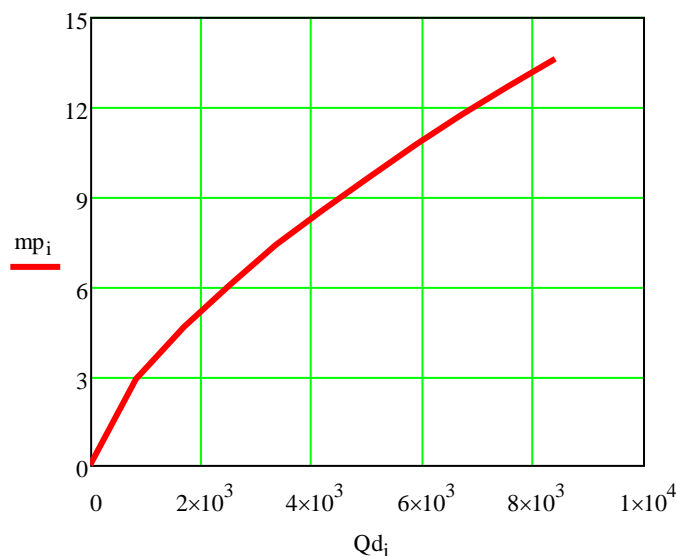


Рисунок 2.10 – Розрахункова кількість вагонів, затримка яких у пункті взаємодії є економічно доцільною для реалізації прямого варіанта перевезень від $Q_{доб}$

Таблиця 2.4 – Розрахунок показників при зміні добового об'єму перевалки вантажів

| $Q_{доб}$, т | λ_a , авт/год | σ_a | σ_B | λ_B , ваг/год | Z_p , т | m_p , ваг. | T_e , год |
|------------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|--------------|-----------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 840 | 5 | 11.593 | 5.676 | 0.547 | 297.031 | 2.904 | 0.338 |
| 1680 | 10 | 16.395 | 9.069 | 1.094 | 472.119 | 4.616 | 0.537 |
| 2520 | 15 | 20.08 | 11.928 | 1.641 | 619.441 | 6.056 | 0.705 |
| 3360 | 20 | 23.186 | 14.489 | 2.188 | 751.228 | 7.344 | 0.855 |
| 4200 | 25 | 25.923 | 16.848 | 2.734 | 872.559 | 8.53 | 0.993 |
| 5040 | 30 | 28.397 | 19.058 | 3.281 | 986.164 | 9.641 | 1.122 |
| 5880 | 35 | 30.672 | 21.151 | 3.828 | 1094 | 10.693 | 1.244 |
| 6720 | 40 | 32.79 | 23.149 | 4.375 | 1196 | 11.696 | 1.361 |
| 7560 | 45 | 34.779 | 25.068 | 4.922 | 1295 | 12.659 | 1.473 |
| 8400 | 50 | 36.661 | 26.918 | 5.469 | 1390 | 13.588 | 1.581 |

Таким чином, зі зростанням добового обсягу перевалки вантажів спостерігається збільшення як економічно доцільного терміну затримки вагонів, так і розрахункової кількості вагонів, затримка яких у пункті взаємодії є обґрунтованою. Це пояснюється підвищенням ефективності організації перевезень за умов більших обсягів вантажопотоку та більш раціональним використанням транспортних ресурсів.

2.6 Розробка контактних графіків взаємодії видів транспорту

Розробка контактних графіків взаємодії залізничного та автомобільного транспорту здійснюється на основі комплексу вихідних параметрів, які характеризують технологічний процес перевалки вантажів і забезпечують узгоджену роботу різних видів транспорту. При формуванні графіків враховується добовий обсяг вантажу, що підлягає перевантаженню із залізничного транспорту на автомобільний. Важливим фактором є також тривалість подачі вагонів і піввагонів під розвантаження, що складає 6:45 год, оскільки саме цей показник визначає ритмічність роботи перевантажувального фронту та впливає на рівень простоїв рухомого складу.

Під час організації взаємодії транспорту враховується час прибуття автомобілів під навантаження, що дорівнює 7:30 год. Це дає можливість забезпечити синхронізацію роботи автомобільного та залізничного транспорту, зменшити непродуктивні витрати часу й підвищити ефективність використання транспортних засобів. Виконання перевезень здійснюється автомобілем вантажопідйомність якого становить 7 т, тоді як вантажопідйомність залізничного вагона становить 64 т. Співвідношення цих показників використовується для визначення необхідної кількості автомобілів, що повинні обслуговувати процес перевалки протягом доби.

Суттєвий вплив на організацію роботи вантажного пункту має продуктивність перевантажувально-розвантажувальних машин, яка складає 550 т/год. Цей параметр визначає інтенсивність виконання вантажних операцій і використовується при розрахунку тривалості обробки транспортних засобів. Час навантаження одного автомобіля становить 0,14 год, що дозволяє оцінити пропускну здатність вантажного фронту та встановити оптимальний режим роботи пункту перевалки.

Тривалість розвантаження складу визначається відповідно до

продуктивності перевантажувально-розвантажувальних механізмів, що забезпечує узгодженість технологічного процесу та безперервність руху вантажопотоків.

$$T_{роз} = Q'_{об} / Q_{год}, \text{ год} \quad (2.16)$$

$$T_{роз} = 840 / 550 = 1,527$$

Кількість автомобілів, необхідних для вивозу вантажу, визначається з урахуванням добового обсягу перевалки, вантажопідйомності рухомого складу та тривалості виконання транспортного циклу. Правильний розрахунок цього показника дозволяє забезпечити безперервність процесу перевезення, уникнути простоїв під час навантаження та підвищити ефективність роботи транспортного вузла. Крім того, оптимальна кількість автомобілів сприяє раціональному використанню ресурсів і зменшенню витрат на організацію перевезень.

$$K_a = Q'_{об} / q_a, \text{ авт.} \quad (2.17)$$

$$K_a = 840 / 7 = 120$$

Час, необхідний для завантаження автомобілів, залежить від продуктивності перевантажувально-розвантажувальних механізмів, виду вантажу та організації роботи вантажного пункту. Визначення цього показника є важливим для забезпечення узгодженої взаємодії автомобільного і залізничного транспорту, а також для скорочення простоїв рухомого складу під вантажними операціями. Раціональна організація процесу навантаження дозволяє підвищити пропускну здатність перевантажувального комплексу та покращити ефективність транспортного обслуговування.

$$T_{зав.}^a = K_a \cdot t_a, \text{ год} \quad (2.18)$$

$$T_{зав.}^a = 120 \cdot 0,14 = 16,8$$

Кількість вантажу, що розвантажується на склад за час простою вагона в очікуванні прибуття автомобілів, визначається тривалістю затримки рухомого складу та продуктивністю перевантажувальних механізмів. Цей показник характеризує рівень узгодженості роботи залізничного й автомобільного транспорту та дозволяє оцінити потребу у складських площах для тимчасового зберігання вантажу. Зменшення часу очікування автомобілів сприяє скороченню обсягів складських операцій, зниженню витрат на зберігання та підвищенню ефективності організації перевезень.

$$Q_{t1} = Q_{зод} \cdot t_1, \text{ т} \quad (2.19)$$

$$Q_{t1} = 0$$

t_1 – час вивантаження вагонів до прибуття автомобілів.

Кількість вантажу, що залишився у вагоні після виконання частини перевантажувальних операцій. Даний показник дає можливість оцінити ефективність взаємодії автомобільного і залізничного транспорту, а також визначити можливі затримки у процесі обробки рухомого складу. Значний залишок вантажу у вагоні може свідчити про недостатню кількість автомобілів або низький рівень організації вантажних робіт.

$$Q_{ваг} = Q'_{доб} - Q_{t1}, \text{ т} \quad (2.20)$$

$$Q_{ваг} = 840 - 0 = 840$$

Час, необхідний на пряме перенавантаження за схемою «вагон – автомобіль» із використанням стаціонарного складу, визначається тривалістю виконання всіх технологічних операцій, пов'язаних із розвантаженням, тимчасовим розміщенням вантажу та його подальшим завантаженням у автомобільний транспорт. На цей показник впливають продуктивність перевантажувального обладнання, організація роботи складу та рівень узгодженості прибуття рухомого складу різних видів транспорту. Оптимізація цього часу дозволяє зменшити простої вагонів і автомобілів та підвищити загальну ефективність роботи перевантажувального вузла.

$$t_{np1} = \frac{Q_{ваг}}{q_a} t_a, \text{ год} \quad (2.21)$$

$$t_{np1} = \frac{840}{7} 0,14 = 16,8$$

Час, необхідний на пряме перенавантаження за схемою «вагон – автомобіль» із використанням складу на колесах (вагонів), визначається тривалістю виконання операцій безпосередньої передачі вантажу між видами транспорту з мінімальним проміжним зберіганням. У цьому випадку ключовим фактором є узгодженість подачі автомобілів і вагонів, а також продуктивність перевантажувальних засобів, що працюють безпосередньо в межах залізничного рухомого складу. Рациональна організація процесу дозволяє скоротити загальний час обробки вантажу та зменшити простої як вагонів, так і автомобілів.

$$t_{np2} = \frac{Q'_{дооб}}{q_a} t_a, \text{ год} \quad (2.22)$$

$$t_{np2} = \frac{840}{7} 0,14 = 16,8$$

Час, необхідний на завантаження за схемою «склад – автомобіль». На цей показник впливають рівень механізації складських процесів, організація подачі вантажу до місця навантаження та узгодженість роботи транспортного і складського персоналу. Оптимізація часу навантаження дозволяє скоротити простої автомобілів і підвищити ефективність використання складської інфраструктури.

$$t_{ск \rightarrow a} = \frac{Q_{t1}}{q_a} t_a, \text{ год} \quad (2.23)$$

$$t_{ск \rightarrow a} = 0$$

Загальний час розвантаження вагонів із використанням стаціонарного складу визначається сумарною тривалістю всіх технологічних операцій, що включають подачу вагонів, безпосереднє вивантаження вантажу, його переміщення та розміщення на складських площах. На цей показник суттєво впливають продуктивність перевантажувально-розвантажувальних машин, організація складських процесів та рівень синхронізації роботи залізничного транспорту зі складською інфраструктурою. Скорочення загального часу розвантаження сприяє зменшенню простоїв вагонів і підвищенню пропускної здатності транспортного вузла.

$$T_{роз}^A = t_1 + t_{np1}, \text{ год} \quad (2.24)$$

$$T_{роз}^A = 0 + 16,8 = 16,8$$

Загальний час розвантаження вагонів із використанням складу на колесах (вагонів) визначається тривалістю безпосередньої передачі вантажу з одних вагонів у інші або з вагона в автомобіль без проміжного складування. Основними чинниками, що впливають на цей показник, є продуктивність перевантажувальних механізмів, організація подачі вагонів під операції та рівень узгодженості роботи залізничного транспорту. Оптимізація цього часу дозволяє зменшити простої рухомого складу та підвищити ефективність використання перевантажувальних потужностей.

$$T_{роз}^B = t_{оч} + t_{пр2}, \text{ ГОД} \quad (2.25)$$

$$T_{роз}^B = 0 + 16,8 = 16,8$$

$t_{оч}$ – час очікування на розвантаження до прибуття автомобілів.

Контактні графіки взаємодії залізничного та автомобільного транспорту наведено на рисунках 2.11 і 2.12: перший ілюструє організацію перевезень із використанням буферного складу, тоді як другий відображає варіант функціонування за принципом «складу на колесах». Зазначені графіки демонструють особливості узгодження роботи різних видів транспорту залежно від обраної технології перевалки.

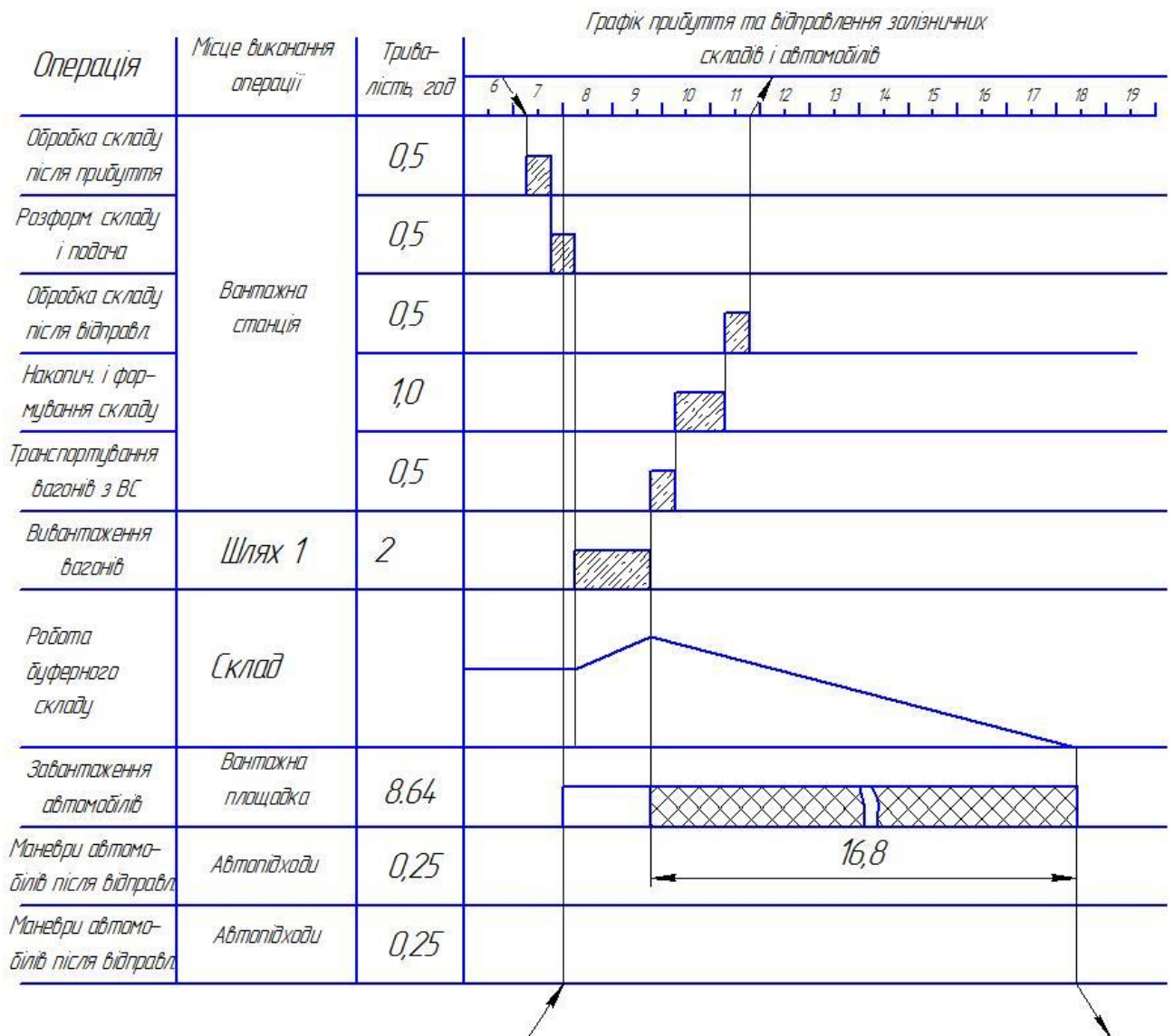


Рисунок 2.11 – Графік узгодження роботи залізничного та автомобільного транспорту при використанні буферного складу

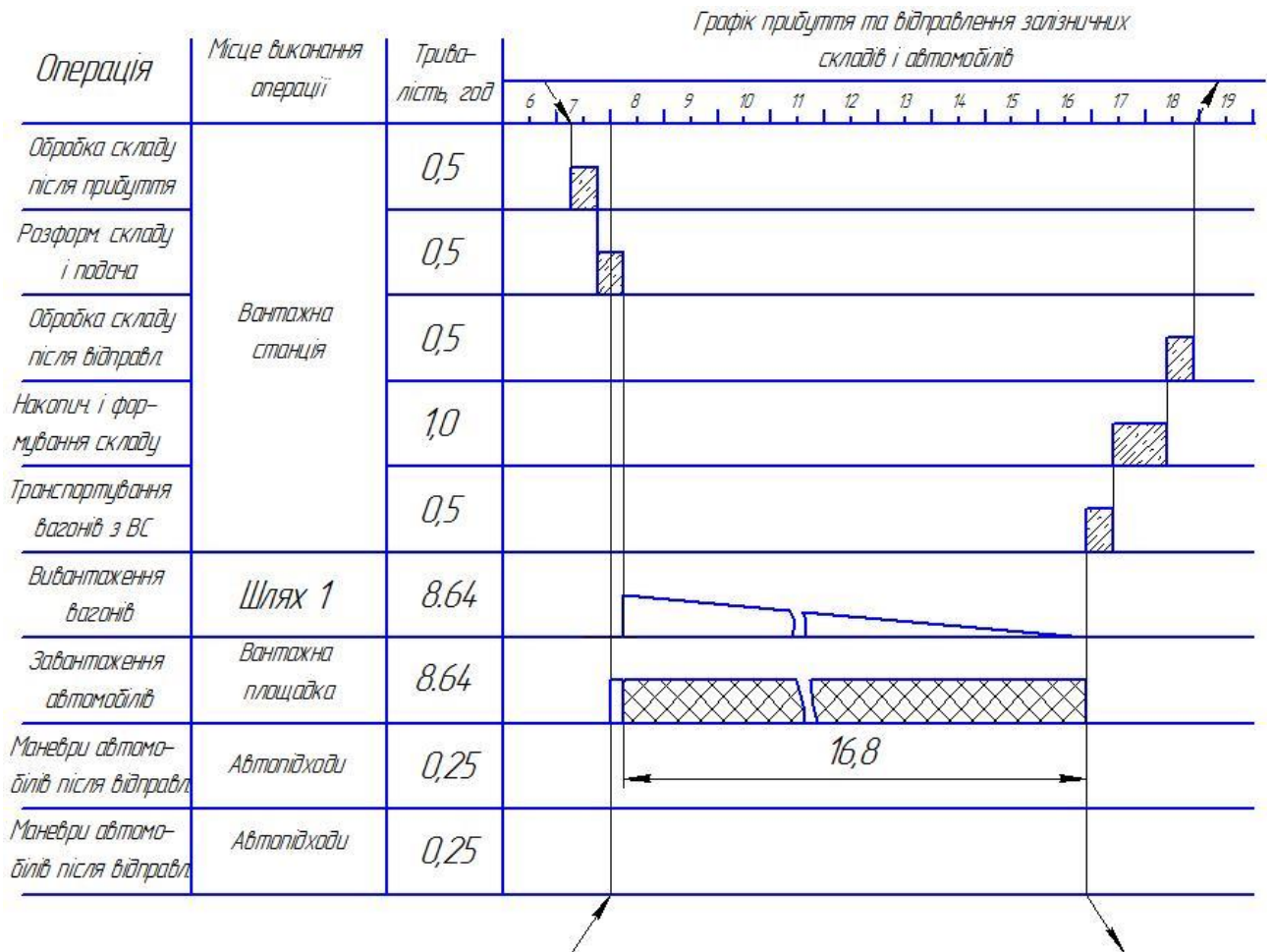


Рисунок 2.12 – Графік узгодження роботи залізничного та автомобільного транспорту при застосуванні принципу «склад на колесах»

2.7 Порівняльний аналіз режимів взаємодії залізничного та автомобільного транспорту за різними варіантами організації їх роботи

Порівняльна оцінка режимів взаємодії залізничного та автомобільного транспорту є одним з етапів у дослідженні ефективності організації перевантажувальних процесів у транспортних вузлах. Вона дозволяє визначити найбільш раціональні технологічні рішення з точки зору скорочення часу обробки вантажів, зменшення простоїв рухомого складу та підвищення загальної пропускної здатності системи перевезень. У межах

кваліфікаційної роботи така оцінка ґрунтується на аналізі різних варіантів організації взаємодії видів транспорту, зокрема прямого перевантаження та схем із використанням проміжного складування.

Режим прямої взаємодії «вагон – автомобіль» характеризується безпосереднім перевантаженням вантажу з одного виду транспорту на інший без залучення додаткових складських потужностей. Така схема на перший погляд є більш простою з організаційної точки зору, оскільки скорочує кількість технологічних операцій і виключає витрати часу на розміщення вантажу на складі. Однак практичний аналіз показує, що ефективність цього варіанта значною мірою залежить від чіткої синхронізації прибуття вагонів і автомобілів. У разі порушення узгодженості виникають значні простой рухомого складу, що призводить до зростання загального часу перебування вагонів на станції та зниження ефективності використання як залізничного, так і автомобільного транспорту.

Інший режим організації взаємодії передбачає використання буферного складу, де вантаж тимчасово розміщується перед подальшим завантаженням у автомобільний транспорт. Такий підхід дозволяє роз'єднати у часі процеси розвантаження вагонів і навантаження автомобілів, що значно підвищує гнучкість у роботі транспортного вузла. У цьому випадку залізничні вагони можуть бути швидше звільнені після прибуття, що скорочує їхній простій, а автомобілі отримують можливість працювати більш ритмічно, незалежно від нерівномірності надходження залізничних партій вантажу. Незважаючи на додаткові операції, пов'язані з переміщенням вантажу через склад, загальна організація процесу стає більш стабільною та передбачуваною.

Порівняльний аналіз показує, що прямий варіант взаємодії доцільний лише за умови високого рівня синхронізації транспортних потоків і достатньої кількості автомобілів, що забезпечують безперервний вивіз вантажу. У реальних умовах такі ідеальні параметри досягаються рідко, тому виникають затримки, які збільшують час простою вагонів під

розвантаженням. Це негативно впливає на оборот рухомого складу та підвищує витрати на перевезення.

Водночас схема з використанням буферного складу демонструє більш високу стійкість до коливань у надходженні транспортних засобів. Завдяки можливості тимчасового накопичення вантажу забезпечується безперервність роботи як залізничного, так і автомобільного транспорту, навіть за умов нерівномірного графіка їхнього прибуття. Це дозволяє суттєво скоротити час простою вагонів на станції, що є одним із ключових показників ефективності транспортного процесу. Крім того, зменшення залежності від одночасної наявності автомобілів під розвантаження підвищує надійність усієї системи перевалки вантажів.

Важливим аспектом порівняння є також вплив обраного режиму взаємодії на використання складських потужностей. Прямий варіант практично не потребує значних складських площ, однак перекладає всі ризики нерівномірності потоків на організацію транспортного процесу. Натомість буферна схема вимагає наявності проміжного складу, але при цьому забезпечує більш рівномірне навантаження на всі елементи транспортно-логістичного ланцюга. Це дозволяє краще планувати роботу перевантажувального комплексу та підвищувати його пропускну здатність.

Результати порівняльної оцінки свідчать, що вибір режиму взаємодії залізничного і автомобільного транспорту повинен здійснюватися з урахуванням умов роботи конкретного транспортного вузла, характеру вантажопотоків та рівня забезпеченості автомобільним рухомим складом. Прямий варіант може бути ефективним у випадку стабільного та добре узгодженого графіка роботи транспорту, однак у більшості практичних ситуацій доцільнішим є застосування буферного складу. Саме він забезпечує зменшення простоїв, підвищення ритмічності перевезень та загальне покращення техніко-економічних показників роботи транспортної системи.

На основі графічних залежностей, наведених на рисунках 2.11 і 2.12, встановлено, що загальна тривалість розвантаження вагонів за прямою

схемою перевантаження становить 16,8 год. У разі застосування буферного складу цей процес значно скорочується і займає лише 1,527 год, що свідчить про більш інтенсивну організацію вантажних операцій. Водночас час перебування вагонів на станції також істотно відрізняється залежно від обраної технології: при прямому варіанті він досягає 19,8 год, тоді як за умови використання буферного складу зменшується до 4,527 год.

Порівняльний аналіз контактних планів-графіків дозволяє зробити висновок, що застосування вагонів як «складу на колесах» призводить до збільшення простою рухомого складу під операціями розвантаження. Це, у свою чергу, знижує ефективність використання залізничних вагонів і підвищує загальні витрати часу на обробку вантажопотоку. Отже, більш раціональним з точки зору організації перевантажувального процесу є варіант із використанням буферного складу, який забезпечує суттєве скорочення часу простою та підвищення пропускної здатності транспортного вузла.

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Нормативно-правове забезпечення охорони праці у сфері транспортної логістики

Сфера транспортної логістики посідає ключове місце у розвитку національної економіки України, адже забезпечує ефективний рух матеріальних потоків, товарів і послуг між виробниками та споживачами. Водночас її функціонування супроводжується підвищеними ризиками для життя і здоров'я працівників, що обумовлює необхідність ефективної системи нормативно-правового забезпечення охорони праці. Безпека праці у транспортно-логістичному секторі має комплексний характер і охоплює питання правового регулювання трудових відносин, санітарно-гігієнічних вимог, технічного контролю, організаційної культури праці та відповідальності суб'єктів господарювання за дотримання встановлених стандартів.

Сучасна система охорони праці в транспортній логістиці формується на основі Конституції України, Кодексу законів про працю та базового Закону України «Про охорону праці». Ці нормативно-правові акти закріплюють права працівників на безпечні умови праці, обов'язки роботодавців щодо створення таких умов і державні гарантії їх дотримання. Важливе місце в цьому контексті посідає Закон України «Про транспорт», який у статті 17 визначає, що трудові відносини, соціальний захист і дисципліна працівників транспорту регулюються трудовим законодавством і спеціальними положеннями, затвердженими Кабінетом Міністрів України за погодженням із профспілками. Такий підхід передбачає диференціацію норм трудового права для різних видів транспорту, враховуючи особливості технологічних процесів та рівень ризику, притаманний кожній підгалузі транспортної

діяльності.

Особливі вимоги правового регулювання охорони праці визначаються також статтею 14 Закону України «Про транспорт», яка покладає на підприємства обов'язок забезпечувати збереження вантажів та безпеку об'єктів транспорту, здійснювати протипожежну профілактику, охорону вантажів і проведення інших заходів із техногенної безпеки. Згідно з положеннями цієї статті, охорона та супровід небезпечних і цінних вантажів мають здійснюватися відправниками або одержувачами протягом усього шляху перевезення, а порядок охорони таких вантажів затверджується центральним органом виконавчої влади у сфері транспорту. Таким чином, законодавець визначає пряму залежність між безпекою логістичних процесів і станом нормативно-організаційної культури безпеки праці в транспортних підприємствах.

Ключовою ланкою у формуванні нормативно-правових засад охорони праці виступає інтеграція національного законодавства з європейськими вимогами. Після підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у 2014 році держава взяла курс на гармонізацію законодавства у сфері безпеки праці, транспорту та екології. Відповідно, Національна транспортна стратегія України до 2030 року, затверджена урядом за підтримки ЄС, містить окремі положення щодо безпеки умов праці та підвищення стандартів управління ризиками у транспортно-логістичній галузі. Як зазначають дослідники, розвиток нормативно-правового забезпечення транспортної системи потребує внесення системних змін до чинних законів з урахуванням європейських директив, що регламентують питання безпеки перевезень, сертифікації техніки, контролю робочого часу та санітарних вимог. Євроінтеграційний вектор розвитку стимулює не лише трансформацію технічної бази, а й становлення нової культури безпеки праці, побудованої на профілактиці, моніторингу ризиків і корпоративній відповідальності.

У системі правового регулювання охорони праці транспортно-

логістичної сфери важливу роль відіграють підзаконні акти – постанови Кабінету Міністрів, накази Міністерства інфраструктури, галузеві інструкції та стандарти. До прикладу, діють положення про робочий час і відпочинок водіїв транспортних засобів, правила безпечного перевезення небезпечних вантажів, вимоги до технічного стану транспортних засобів та правила охорони об'єктів транспортної інфраструктури. Ці нормативи деталізують загальні законодавчі положення і пристосовують їх до умов конкретних видів транспорту – залізничного, автомобільного, морського, авіаційного тощо. У практичному аспекті це означає, що кожен суб'єкт господарювання у логістичній сфері зобов'язаний розробити власну систему управління охороною праці, яка має відповідати міжнародним стандартам ISO 45001 «Охорона праці та безпека виробництва».

Система державного нагляду за дотриманням вимог охорони праці на транспорті здійснюється через спеціалізовані органи виконавчої влади – Державну службу з питань праці, Національну поліцію, а також Державну службу з безпеки на транспорті. Вони мають право проводити інспекції, накладати адміністративні санкції, а також призупиняти діяльність підприємств у разі виявлення грубих порушень. Окрім державного контролю, дедалі більшого значення набуває внутрішній корпоративний аудит безпеки, який орієнтований на формування культури ризик-менеджменту серед працівників і керівників підприємств. Відповідальність роботодавця за дотримання вимог охорони праці визначається не лише нормативно, а й соціально – вона стає складовою репутаційного іміджу компанії та критерієм її конкурентоспроможності.

Окремим напрямом правового регулювання є охорона праці водіїв, операторів терміналів, вантажників і диспетчерів, які працюють в умовах підвищеного фізичного і психоемоційного навантаження. У цій категорії працівників співвідношення загальних і спеціальних норм трудового права має диференційований характер: спеціальні галузеві положення доповнюють або замінюють загальні норми КЗпП, формуючи режим посиленого

соціального захисту. Це зумовлено специфікою ризиків транспортної діяльності, де навіть незначна помилка може призвести до аварії або людських втрат. Тому правове регулювання має враховувати не лише технічні аспекти безпеки, а й психологічні, медичні та ергономічні фактори.

Ефективність нормативно-правового забезпечення охорони праці у транспортній логістиці значною мірою залежить від інтеграції трьох рівнів регулювання: державного, корпоративного та міжнародного. На державному рівні формуються стандарти безпеки, механізми відповідальності та системи контролю. На корпоративному рівні – впроваджуються внутрішні регламенти, інструкції, навчальні програми, політика управління ризиками. А на міжнародному – застосовуються стандарти ЄС, Конвенцій МОП та рекомендації Світової організації транспорту, що орієнтовані на запобігання виробничому травматизму, оптимізацію робочого середовища та розвиток культури безпеки.

Нормативно-правове забезпечення охорони праці у транспортно-логістичній сфері України становить багаторівневу систему, що поєднує загальні положення трудового та транспортного законодавства із галузевими стандартами безпеки. Її розвиток визначається потребою гармонізації українських норм із європейськими, сучасними викликами цифровізації транспорту та посиленням вимог до захисту працівників у професіях підвищеної небезпеки. Подальше вдосконалення нормативної бази має передбачати не лише формальне узгодження законодавства, а й створення дієвих механізмів контролю, підвищення відповідальності роботодавців та формування безпечного середовища праці як стратегічного елементу розвитку транспортної логістики України.

3.2 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при організації вантажних перевезень

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при організації вантажних перевезень є важливою складовою забезпечення безпеки праці, збереження матеріальних цінностей та зменшення негативного впливу на довкілля. Вантажні перевезення, як невід'ємна частина логістичних процесів, охоплюють широкий спектр операцій, що включають навантаження, транспортування, розвантаження та тимчасове зберігання вантажів. Кожен із цих етапів супроводжується потенційними ризиками, які можуть призводити до травматизму, аварій, пошкодження вантажу або погіршення стану здоров'я працівників.

Особливістю організації вантажних перевезень є багатофакторність впливів, які одночасно діють на персонал і технічні засоби. Серед небезпечних факторів суттєве місце займають механічні ризики, пов'язані з використанням транспортних засобів, підйомно-транспортного обладнання та різноманітних механізмів. Під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт існує ймовірність травмування внаслідок падіння вантажів, наїзду техніки, защемлення частин тіла або неправильного використання обладнання. Високий рівень небезпеки виникає при роботі з великогабаритними або нестійкими вантажами, що можуть зміщуватися під час транспортування чи маніпуляцій.

Не менш важливими є фізичні фактори, що впливають на умови праці. До них належать шум, вібрація, підвищена або знижена температура, недостатнє освітлення та запиленість повітря. Тривалий вплив шуму від транспортних засобів і механізмів може призводити до погіршення слуху та загального зниження працездатності. Вібрація, особливо характерна для водіїв вантажного транспорту, негативно впливає на опорно-руховий апарат і

нервову систему. Неприятливі метеорологічні умови, зокрема робота на відкритих майданчиках у зимовий або літній періоди, підвищують ризик переохолодження або перегріву організму, що також відноситься до шкідливих виробничих факторів.

Хімічні фактори проявляються під час перевезення небезпечних вантажів, таких як паливно-мастильні матеріали, хімічні реагенти або токсичні речовини. Випаровування, витіки чи розливи можуть спричинити отруєння, опіки або інші негативні наслідки для здоров'я працівників. Крім того, вихлопні гази транспортних засобів містять шкідливі речовини, які при тривалому впливі можуть викликати хронічні захворювання органів дихання. Особливо актуальною ця проблема є в умовах закритих складів або недостатньої вентиляції.

Психофізіологічні фактори також відіграють значну роль у процесі організації вантажних перевезень. Робота водіїв і операторів техніки часто пов'язана з підвищеним нервово-емоційним напруженням, необхідністю тривалої концентрації уваги та швидкого прийняття рішень. Тривалі рейси, порушення режиму праці та відпочинку, монотонність роботи або, навпаки, її висока інтенсивність можуть призводити до перевтоми, зниження реакції та підвищення ймовірності аварійних ситуацій. Людський фактор у таких умовах стає однією з основних причин нещасних випадків.

Окремо слід розглянути небезпеки, пов'язані з дорожнім рухом. Вантажні перевезення передбачають експлуатацію транспортних засобів у різних дорожніх умовах, що можуть змінюватися залежно від погодних факторів, стану дорожнього покриття та інтенсивності руху. Недотримання правил дорожнього руху, технічна несправність транспортних засобів або неправильне кріплення вантажу можуть призводити до дорожньо-транспортних пригод. У таких випадках небезпека поширюється не лише на працівників підприємства, але й на інших учасників дорожнього руху.

Важливим аспектом є також організаційні фактори, які впливають на рівень безпеки. Недостатній рівень підготовки персоналу, відсутність

інструктажів, порушення технологічних процесів або нехтування правилами охорони праці значно підвищують ризик виникнення небезпечних ситуацій. Неналежне планування маршрутів, перевантаження транспортних засобів або недотримання норм часу роботи можуть створювати додаткові загрози як для працівників, так і для збереження вантажу.

Не можна ігнорувати вплив біологічних факторів, хоча вони менш очевидні у сфері вантажних перевезень. Робота в умовах складів або перевезення певних видів вантажів, зокрема продуктів харчування чи сировини, може супроводжуватися контактом із мікроорганізмами, пліснявою або шкідниками. Це може спричиняти алергічні реакції або інфекційні захворювання, особливо за відсутності належних санітарно-гігієнічних умов.

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів дозволяє визначити основні напрямки підвищення безпеки при організації вантажних перевезень. Важливим є впровадження сучасних технічних засобів, що зменшують фізичне навантаження на працівників і підвищують точність виконання операцій. Автоматизація процесів навантаження та розвантаження, використання систем контролю технічного стану транспортних засобів і дотримання вимог безпеки сприяють зниженню рівня ризиків.

Значну роль відіграє також організація навчання та інструктажів персоналу. Працівники повинні бути обізнані з потенційними небезпеками, правилами безпечної роботи та діями у разі виникнення аварійних ситуацій. Формування культури безпеки на підприємстві є одним із ключових факторів, що впливають на зменшення травматизму та підвищення ефективності роботи.

Організація вантажних перевезень супроводжується комплексом небезпечних і шкідливих факторів, які мають різну природу та ступінь впливу. Їх системний аналіз дає змогу виявити основні ризики та розробити ефективні заходи щодо їх мінімізації. Забезпечення безпеки в цій сфері потребує комплексного підходу, що включає технічні, організаційні та

санітарно-гігієнічні рішення, спрямовані на створення безпечних умов праці та зниження негативного впливу на людину і навколишнє середовище.

3.3 Заходи щодо забезпечення безпеки працівників у мультимодальних транспортних системах

Забезпечення безпеки працівників у мультимодальних транспортних системах є одним із ключових завдань сучасної логістики, оскільки такі системи поєднують різні види транспорту, інфраструктуру та технологічні процеси в єдину функціональну мережу. Особливість мультимодальних перевезень полягає у взаємодії автомобільного, залізничного, морського та авіаційного транспорту, що значно ускладнює організацію безпечних умов праці. У таких умовах виникає потреба у комплексному підході до управління ризиками, який враховує специфіку кожного виду транспорту та особливості їх взаємодії.

Одним із визначальних напрямів забезпечення безпеки є впровадження ефективної системи управління охороною праці, яка передбачає систематичну ідентифікацію небезпек та оцінку ризиків. У мультимодальних транспортних вузлах, таких як логістичні центри або перевантажувальні термінали, працівники одночасно взаємодіють із різними технічними засобами, що підвищує ймовірність травматизму. Саме тому важливо забезпечити узгодженість дій між різними підрозділами, чітке регламентування процесів та контроль за їх виконанням. Організаційні заходи мають бути спрямовані на створення безпечного робочого середовища, де кожен працівник розуміє свої обов'язки та потенційні ризики.

Суттєву роль відіграє технічне забезпечення безпеки. Використання сучасного обладнання з підвищеним рівнем надійності, автоматизованих систем управління та засобів контролю дозволяє зменшити вплив людського

фактору. Наприклад, автоматизація процесів навантаження і розвантаження сприяє зниженню фізичного навантаження на працівників та знижує ризик механічних травм. Водночас впровадження систем моніторингу стану транспортних засобів і вантажів забезпечує своєчасне виявлення несправностей або небезпечних ситуацій. У мультимодальних системах особливого значення набуває сумісність технічних засобів різних видів транспорту, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій під час передачі вантажів.

Важливим аспектом є підготовка та навчання персоналу. Працівники, які залучені до мультимодальних перевезень, повинні володіти знаннями щодо специфіки роботи різних транспортних систем, правил безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Регулярне проведення інструктажів, тренінгів і практичних занять сприяє формуванню навичок безпечної поведінки та підвищує рівень готовності до реагування на потенційні загрози. Особливу увагу слід приділяти розвитку культури безпеки, коли дотримання правил стає невід'ємною частиною професійної діяльності кожного працівника.

Не менш значущим є забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці. У мультимодальних транспортних вузлах працівники можуть піддаватися впливу шуму, вібрації, пилу, шкідливих речовин та несприятливих метеорологічних умов. Для мінімізації цих факторів необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту, організовувати раціональні режими праці та відпочинку, а також забезпечувати належну вентиляцію, освітлення та температурний режим у робочих зонах. Комплексний підхід до гігієни праці дозволяє знизити ризик професійних захворювань та підвищити загальний рівень комфорту працівників.

Особливу увагу слід приділяти організації безпечного переміщення працівників і транспортних засобів у межах мультимодальних терміналів. Чітке зонування території, розмежування потоків транспорту і пішоходів, застосування систем сигналізації та попереджувальних знаків сприяють зменшенню ризику наїздів і зіткнень. Важливо також забезпечити належний

стан дорожнього покриття, освітлення та інфраструктури, що безпосередньо впливає на рівень безпеки. Раціональне планування маршрутів руху дозволяє уникнути перетину небезпечних зон та знизити ймовірність аварійних ситуацій.

У сучасних умовах значну роль відіграють інформаційні технології, які забезпечують підвищення рівня безпеки у мультимодальних транспортних системах. Використання цифрових платформ для управління перевезеннями, систем відстеження вантажів і транспорту, а також автоматизованих засобів контролю доступу дозволяє оперативно реагувати на зміни ситуації та запобігати виникненню небезпечних подій. Інтеграція інформаційних систем різних видів транспорту створює єдиний інформаційний простір, що сприяє більш ефективному управлінню процесами та підвищенню їх прозорості.

Психофізіологічний стан працівників також має суттєвий вплив на безпеку. Робота в умовах високої відповідальності, інтенсивного руху та необхідності швидкого прийняття рішень може призводити до перевтоми та стресу. Тому важливо забезпечити оптимальні умови праці, які сприяють підтриманню працездатності та зниженню нервового напруження. Організація раціональних графіків роботи, можливість відпочинку та підтримка сприятливого психологічного клімату в колективі є важливими складовими системи безпеки.

Забезпечення безпеки працівників у мультимодальних транспортних системах також передбачає готовність до дій у надзвичайних ситуаціях. Розробка планів реагування, проведення навчань і забезпечення необхідних ресурсів для ліквідації наслідків аварій є важливими елементами системи управління безпекою. Умови мультимодальних перевезень можуть включати ризики, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів, тому особливого значення набуває дотримання міжнародних стандартів і норм у цій сфері.

Отже, заходи щодо забезпечення безпеки працівників у мультимодальних транспортних системах повинні мати комплексний характер і охоплювати технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні та психологічні аспекти. Ефективне поєднання цих заходів дозволяє створити безпечні умови праці, знизити рівень травматизму та забезпечити стабільне функціонування транспортних систем. У сучасних умовах розвитку логістики саме інтегрований підхід до безпеки є запорукою підвищення ефективності та конкурентоспроможності мультимодальних перевезень.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальну науково-практичну задачу, що полягає в оцінці ефективності організації вантажних перевезень у мультимодальних транспортних системах та обґрунтуванні напрямів її підвищення. Проведене дослідження підтвердило, що розвиток мультимодальних перевезень є важливим чинником підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі, зниження логістичних витрат і скорочення строків доставки вантажів.

У процесі виконання роботи було досліджено економічну сутність мультимодальних перевезень, визначено їх ключові переваги, зокрема можливість раціонального поєднання видів транспорту, централізацію управління перевізним процесом і підвищення рівня транспортного обслуговування. Встановлено, що ефективність мультимодальних перевезень значною мірою залежить від рівня узгодженості роботи транспортної інфраструктури, організації перевалочних процесів і використання сучасних інформаційних технологій.

Проведений аналіз техніко-економічних показників діяльності підприємства засвідчив позитивну динаміку його розвитку, що проявляється у зростанні обсягів перевезень, доходів і рівня рентабельності. При цьому встановлено, що впровадження мультимодальних схем перевезень сприяє зниженню витрат на 10–20 % та скороченню часу доставки приблизно на 20 %, що підтверджує їх високу економічну ефективність.

У роботі виконано оцінку ефективності організації перевезень, яка показала, що середня собівартість транспортування становить близько 297 грн/т, а коефіцієнт використання рухомого складу дорівнює 0,83, що свідчить про наявність резервів підвищення ефективності. Також визначено значний економічний ефект від застосування мультимодальних перевезень, який може досягати близько 2,75 млрд грн на рік.

Особливу увагу приділено дослідженню ефективності роботи перевалочних пунктів і організації взаємодії залізничного та автомобільного транспорту. Встановлено, що застосування різних варіантів перевалки (прямого або із використанням буферного складу) має суттєвий вплив на тривалість простоїв рухомого складу та загальні витрати. Доведено, що вибір оптимального варіанта повинен здійснюватися з урахуванням обсягів вантажопотоку та ступеня узгодженості роботи транспортних засобів.

Розроблені контактні графіки взаємодії транспорту та проведений порівняльний аналіз режимів їх роботи дозволили встановити, що ефективність перевезень значною мірою залежить від синхронізації процесів навантаження, перевантаження та доставки вантажів. Зменшення простоїв транспортних засобів є одним із ключових резервів підвищення ефективності перевізного процесу.

У роботі також виконано оптимізацію розподілу інвестицій між різними видами транспорту. Встановлено, що найбільш ефективним є збалансований (близький до рівномірного) розподіл ресурсів, що забезпечує максимальний сумарний економічний ефект функціонування транспортної системи.

У результаті дослідження виявлено основні проблеми організації мультимодальних перевезень, серед яких: нерівномірне завантаження транспортних засобів, обмеження пропускної спроможності інфраструктури, недостатня координація між видами транспорту та недостатній рівень цифровізації процесів.

З метою підвищення ефективності перевезень запропоновано комплекс заходів, що включає впровадження сучасних інформаційних систем управління, оптимізацію маршрутів перевезень, удосконалення роботи перевалочних пунктів і підвищення рівня узгодженості роботи транспорту. Реалізація цих заходів дозволить знизити витрати, скоротити час доставки вантажів і підвищити якість транспортного обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Босняк М.Г. «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с.
2. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини / Ф.К.Іванченко.-К.: Вища школа, 1993. – 413с.
3. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи: для студентів за освітньо-професійної програми "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / уклад.: О.Л. Ляшук, Ю.Я. Вовк, В.О. Дзюра, О.П. Цьонь, І.М. Кучвара, М.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин, Н.Б. Гаврон; М-во освіти і науки України, ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 60 с.
4. Бабій М.В. Проблеми транспортної логістики в аграрному секторі України / М.В. Бабій // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 184 “Технічний сервіс машин для рослинництва”, Харків, 2017. – с.130–135.
5. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я., Валяшек В.Б. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.
6. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
7. Северин О.О. Вантажні роботи на автомобільному транспорті: організація і технологія. Підручник для студентів вищих навчальних закладів напрямку „Транспортні технології”. Харків: ХНАДУ, 2017. 384 с.

8. Сокур І.М. Транспортна логістика: Навчальний посібник – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
9. Левковець П.Р., Зеркалов Д.В., Мельниченко О.І., Казаченко О.Г. Управління автомобільним транспортом. Навч. посібник. За ред.Д.В. Зеркалова. К.: Арістей, 2006.
10. Бабій А. В., Довбуш Т. А., Бабій М. В., Ткаченко О. І., Сташків М. Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
11. Бабій М.В. Обґрунтування раціональної тривалості робочого часу водія при виконанні транспортних операцій / М.В. Бабій, А.В. Бабій, А.Й. Матвіїшин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Випуск 169 “Деревооброблювальні технології та системотехніка лісового комплексу” – Харків, 2016. С. 232–236.
12. Автомобільні перевезення вантажів : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://readonline.com.ua/items/anons/vazhnoe-anons/16684-avtomobilni-perevezennya-vantazhiv-perevagi-ta-nedoliki/>.
13. Бабій М.В. Дослідження параметрів стрічкового конвеєра для транспортування сипучих матеріалів. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2019. С. 37-38.
14. Babii A., Babii M.(2019) Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 95, no 3, pp. 97-104.
15. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник / За редакцією Я. І. Бедрія. – Львів: Видавнича фірма «Афіша», 1999. - 275 с.
16. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2019. №3 (13) С. 87–91.

17. Бабій А.В. Аналіз причин травмування зернового матеріалу при збиранні та транспортуванні / Бабій А.В., Бабій М.В., Кучвара І.М. // Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», Харків. № 11. 2018. С. 27-34.
18. Горяїнов О.М. Вантажні перевезення: Конспект лекцій. (для студентів напряму підготовки – Транспортні технології) / Харків, 2009. – 109с.
19. Бабій М.В. Дослідження ефективності розподілу асигнувань між взаємодіючими видами транспорту. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С. 55.
20. Babii A., Babii M. (2019) Taking impact of oscillation amplitude of bearing frame sections of boom sprayers into account on its resource. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol. 95, no 3, pp. 97-104.
21. Кунда Н. Т., Олещук Н. В. Оптимізація схеми доставки дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом. *Вісник Національного транспортного університету*. 2018. № 1. С. 178-187.
22. Oleksandr Andreykiv, Andrii Babii, Iryna Dolinska, Nataliya Yadzhak, Mariia Babii. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, P. 36-42.
23. Бабій М.В. Дослідження раціональної тривалості робочого часу водія. Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2016. Том 1. С. 105.
24. Бабій, М. В., & Чорній, Б. П. (2021). Вплив підготовчих операцій на ефективність транспортування вантажів. *Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-*

технологічних машин “, 91-91.

25. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12.

26. Організація перевезення вантажів у сільському господарстві/О. І. Бурлай, М.Г. Вергун, В.І. Котелянець[та ін.]. Житомир : Вид-во «Полісся», 1993. 162 с.

27. Бабій М.В., Фарина Є.І., Бабій Д.Т. Ефективність технологічних процесів навантажувально-розвантажувальних робіт з різними видами вантажів. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 224.

28. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. – К.: Вища шк., 2009. – 734 с.: іл.

29. Бабій М.В. Шляхи вирішення логістичних проблем агропромислового комплексу України. Матеріали XX наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2017. С. 55.

30. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом в Україні. К.: Державтотрансдідпроект, 1998. – 129 с.

31. Бабій М.В., Бабій В.А., Стрільчук В.М. Особливості автоматизованого способу обробки контейнерів у терміналах. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2024. С. 223.

32. Leshchak, R.L., Babii, A.V., Barna, R.A. et al. Corrosion Resistance of the Coating of the Frame of an Agricultural Sprayer Boom. *Mater Sci* 58, 2022. 268–273.

33. Вікович І.А. Теорія руху транспортних засобів: підруч. / І.А. Вікович. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 672 с.