

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Визначення параметрів раціонального маршруту при
перевезенні насипних вантажів

Виконав: студент 4 курсу, групи МН

спеціальності _____

275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

Личак В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій М.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дзюра В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(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 автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.
(прізвище та ініціали)
« » 20__ р.
(підпис)

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня **бакалавр**
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю **275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)**
(шифр і назва спеціальності)
студенту **Личаку Віталію Романовичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Визначення параметрів раціонального маршруту при перевезенні насипних вантажів**

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

Затверджені наказом ректора від « 29 » 01 2024 року № 4/7-71

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи

Схема транспортної мережі; вантажопотоки; вид вантажу; об'єм перевезень; клас вантажу; час навантаження та розвантаження; технічна швидкість.

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

Реферат. Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження (загальні основи при перевезенні насипних вантажів; визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі; розв'язання транспортної задачі).

2. Заходи із вдосконалення транспортного процесу (розробка раціональних маршрутів перевезень; оптимальне закріплення маршрутів за АТП; розрахунок кількості транспортних засобів та аналіз техніко-експлуатаційних характеристик для запропонованих маршрутів; побудова епюр та схем вантажопотоків).

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 09.02.24</i>	
2.	<i>Заходи із вдосконалення транспортного процесу</i>	<i>До 13.06.24</i>	
3.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>До 18.06.24</i>	
	<i>Загальні висновки, презентація</i>	<i>До 21.06.24</i>	

Студент

_____ (підпис)

Личак В.Р.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабій М.В.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена оптимізації перевезень насипних вантажів автомобільним транспортом. У вступі підкреслено важливість транспортної галузі для економіки країни, зокрема роль автомобільного транспорту, який забезпечує економічне зростання. Основною метою роботи є застосування економіко-математичних методів для організації вантажоперевезень.

У першому розділі детально аналізуються загальні основи перевезення насипних вантажів, зокрема таких матеріалів, як зерно, вугілля, руди, цемент та інші. Описуються різні види транспортних засобів, що використовуються для перевезення насипних вантажів: залізничні вагони, автомобільні самоскиди, морські судна та річкові баржі. Також розглядаються етапи процесу перевезення: завантаження, транспортування, розвантаження та складування.

У другому розділі визначено найкоротші відстані між пунктами транспортної мережі за допомогою методу потенціалів. Детально описується алгоритм розрахунку потенціалів для кожного пункту мережі, що дозволяє знайти оптимальні маршрути перевезення. Метод потенціалів забезпечує ефективне планування транспортних шляхів, що сприяє зменшенню витрат на перевезення та підвищенню ефективності логістичних процесів.

Третій розділ роботи зосереджується на розв'язанні транспортної задачі, яка полягає у визначенні оптимального розподілу вантажів між постачальниками та споживачами з метою мінімальних загальних витрат на транспортування. Використовується модель класичної транспортної задачі лінійного програмування, яка дозволяє знайти оптимальні маршрути перевезення та обсяги вантажів для кожної ланки транспортної мережі.

В цілому, у кваліфікаційній роботі запропоновано комплексний підхід до організації перевезень насипних вантажів, включаючи аналіз ТЗ, визначення оптимальних маршрутів та розв'язання транспортної задачі.

Зміст

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
1.1 Загальні основи при перевезенні насипних вантажів.....	6
1.2 Визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі..	7
1.3 Розв'язання транспортної задачі	12
2. ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	20
2.1 Розробка раціональних маршрутів перевезень	20
2.2 Оптимальне закріплення маршрутів за АТП	26
2.3 Розрахунок кількості транспортних засобів та аналіз техніко- експлуатаційних характеристик для запропонованих маршрутів	31
2.4 Побудова епюр та схем вантажопотоків	52
3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	64
3.1. Контроль за станом охорони праці та техніки безпеки	64
3.2 Особливості реагування на надзвичайні ситуації на підприємствах.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

Транспортна галузь є життєво важливим елементом матеріального виробництва, забезпечуючи безперервне перевезення як пасажирів, так і вантажів. Її ефективне функціонування залежить від взаємодії різноманітних транспортних засобів, якісної документації та висококваліфікованих спеціалістів, що разом утворюють єдину інтегровану транспортну систему.

Автомобільний транспорт є основним двигуном економічного зростання країни. Він розвивається швидшими темпами порівняно з іншими секторами, характеризується високою трудомісткістю, фондоємністю та капіталоємністю, що підкреслює його значущість для національної економіки. Основне завдання цієї галузі полягає в забезпеченні оптимального та ефективного перевезення вантажів.

Метою кваліфікаційної роботи є організація вантажоперевезень із застосуванням економіко-математичних методів. У роботі детально розглядаються методи визначення найкоротших шляхів між пунктами транспортної мережі, вирішення транспортної задачі, а також розробка та оптимізація маршрутів, закріплення їх за автотранспортними підприємствами.

Особлива увага приділяється вибору рухомого складу та засобів механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, розрахунку техніко-експлуатаційних показників та визначенню необхідної кількості рухомого складу. Це дозволяє підібрати найбільш ефективні транспортні засоби для конкретних умов перевезення.

Також у роботі розглядається маршрутизація перевезень із використанням епюр вантажопотоків, що дозволяє візуалізувати розподіл вантажів по транспортній мережі. Ця візуалізація сприяє оцінці руху вантажів та їх подальшій оптимізації, що є важливим для підвищення ефективності всієї транспортної системи.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні основи при перевезенні насипних вантажів

Перевезення насипних вантажів є важливою складовою транспортної інфраструктури, яка відіграє значну роль у різних галузях економіки, таких як сільське господарство, будівництво, видобувна промисловість та енергетика. Це спеціалізований вид перевезень, що вимагає використання певних технологій і технічних засобів для забезпечення ефективності та безпеки транспортування.

Насипні вантажі включають широкий спектр матеріалів, таких як зерно, вугілля, руди, цемент, пісок, гравій та багато інших. Кожен з цих матеріалів має свої особливості, які потрібно враховувати при організації перевезень. Наприклад, зерно повинно зберігати свою якість і не піддаватися впливу вологи, в той час як вугілля потребує особливих заходів для запобігання займанню.

Основні транспортні засоби для перевезення насипних вантажів включають залізничні вагони, автомобільні самоскиди, морські судна та річкові баржі. Кожен з цих видів транспорту має свої переваги та недоліки. Залізничний транспорт забезпечує перевезення великих обсягів вантажу на великі відстані з відносно низькими витратами. Автомобільний транспорт є більш гнучким і підходить для доставки вантажів безпосередньо до місця призначення. Морські та річкові перевезення вигідні для транспортування великих обсягів на довгі відстані, особливо між континентами.

Процес перевезення насипних вантажів включає кілька етапів: завантаження, транспортування, розвантаження та складування. Кожен з цих етапів вимагає використання спеціального обладнання. Наприклад, для

завантаження зерна можуть використовуватися елеватори та транспортери, а для розвантаження вугілля – самоскидні вагони або спеціальні розвантажувальні механізми.

Важливим аспектом перевезення насипних вантажів є забезпечення їх безпеки. Це включає захист від пошкоджень, впливу погодних умов, а також запобігання забрудненню навколишнього середовища. Наприклад, для транспортування цементу використовуються герметичні контейнери, що запобігають розпилюванню пилу.

З точки зору логістики, перевезення насипних вантажів вимагає ретельного планування та координації. Необхідно враховувати такі фактори, як оптимальні маршрути, розклад транспорту, наявність відповідного обладнання та інфраструктури, а також регулювання та законодавчі вимоги.

Перевезення насипних вантажів є складним та багатогранним процесом, що потребує високого рівня професіоналізму та технологічної оснащеності. Ефективне управління цим процесом сприяє підвищенню продуктивності та економічної ефективності різних галузей, які залежать від поставок насипних матеріалів.

1.2 Визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі

Модель транспортної мережі – це детальний план місцевості, на якому позначені всі пункти, що формують цю мережу. Процес її створення потребує точної відповідності розробленій схемі, яка визначає розташування кожного пункту. Особливу увагу слід приділяти зв'язкам між пунктами та їх довжині, щоб забезпечити точність відображення реальних відстаней. Крім того, важливо враховувати можливі перешкоди та особливості рельєфу, які

можуть впливати на маршрути між пунктами. Ця модель допомагає ефективно планувати та оптимізувати транспортні шляхи, забезпечуючи зручність та швидкість пересування.

У кваліфікаційній роботі ми скористалися схемою транспортної мережі, яка слугувала основою для наших досліджень та аналізу. Завдяки цьому ми змогли більш глибоко зрозуміти структуру та функціонування транспортної мережі, що, у свою чергу, сприяло більш точним і достовірним результатам нашої роботи.

Модель транспортної мережі являє собою схематичний план місцевості, де відображені різні пункти, що входять до складу цієї мережі. Її створення передбачає ретельне дотримання визначеної схеми, яка вказує, де саме розташовані ці пункти. Важливим аспектом побудови моделі є врахування наявних зв'язків між сусідніми пунктами, а також довжини цих зв'язків, що дозволяє точно відобразити реальні відстані між ними.

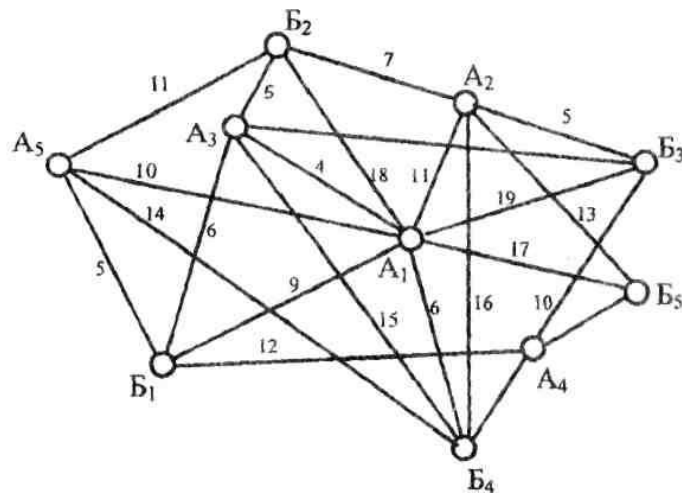


Рисунок 1.1 – Схема транспортної мережі

Для визначення найкоротших відстаней між пунктами транспортної мережі застосовується метод потенціалів, який відзначається високою зручністю та ефективністю. Цей метод базується на спеціальному алгоритмі, що складається з кількох послідовних етапів.

На першому етапі потенціал, рівний нулю, присвоюється початковому пункту, від якого треба визначити найкоротші відстані до інших пунктів

мережі. Далі здійснюється детальний аналіз усіх ланок мережі, що виходять із цього початкового пункту. На кожному наступному етапі алгоритму перевіряються зв'язки між уже оціненими пунктами та тими, які ще не мають визначених потенціалів.

Для кожного пункту, який вже має потенціал, розглядаються його зв'язки з іншими пунктами. Якщо зв'язок веде до пункту без визначеного потенціалу, для такого пункту розраховується потенціал на основі відстані до попереднього пункту та його потенціалу. Цей процес продовжується до тих пір, поки не будуть визначені потенціали для всіх пунктів мережі.

Метод потенціалів дозволяє ефективно знайти найкоротші шляхи в транспортній мережі, що сприяє оптимізації логістичних процесів та зниженню загальних витрат на перевезення. Використання цього методу забезпечує більш раціональне планування маршрутів, підвищуючи ефективність роботи транспортної системи та зменшуючи час доставки вантажів.

Цей підхід дозволяє поступово визначити потенціали для всіх пунктів мережі, починаючи з початкового і рухаючись далі, що в підсумку дозволяє знайти найкоротші відстані між ними.

Формула для визначення потенціалу кінцевого пункту j виглядає наступним чином:

$$V_{j(i)} = V_i + L_{ij}, \quad (1.1)$$

Найменший потенціал вказує на те, що цей шлях є оптимальним з точки зору відстані, і саме його слід використовувати для знаходження найкоротшої відстані між відповідними пунктами транспортної мережі.

Метод потенціалів забезпечує ефективне та точне вирішення задачі знаходження найкоротших відстаней, що є важливим для планування та оптимізації транспортних маршрутів.

$$\begin{aligned} \min \{V_{j(i)}\} &= V_{j'}(i') \\ V_{j'}(i') &\in \{V_{j(i)}\} \end{aligned} \quad (1.2)$$

У методі потенціалів, де $V_{j(i)}$ представляє множину значень потенціалів кінцевих пунктів j для всіх ланок $i-j$, де i є початковим пунктом, якому вже присвоєно потенціал, важливо визначити найменше значення потенціалу серед цієї множини.

Кожен елемент множини $V_{j(i)}$ обчислюється за допомогою формули $V_{j(i)} = V_i + l_{ij}$ – потенціал початкового пункту i , а l_{ij} – довжина ланки $i-j$. Ця множина включає всі можливі значення потенціалів для кінцевих пунктів j відповідних ланок.

Серед усіх значень цієї множини $V_{j(i)}$ обирається потенціал кінцевого пункту j' ланки $i'-j'$, що має найменше значення. Цей потенціал позначається як $V_{j'}(i')$ і є найменшим елементом множини $V_{j(i)}$.

Після визначення найменшого значення потенціалу, $V_{j'}(i')$ присвоюється відповідному кінцевому пункту j' . Ланка $i'-j'$, яка відповідає цьому найменшому потенціалу, відзначається зірочкою, що вказує на її важливість у визначенні найкоротшого шляху.

Якщо ж найменші рівні значення потенціалів відносяться до одного і того ж кінцевого пункту j' , то цьому пункту j' присвоюється це найменше значення потенціалу. Відзначається зірочкою також і ланка $i'-j'$, яка відповідає цьому потенціалу, з урахуванням більшої питомої ваги в складі довжин ланок з кращими дорожніми умовами. При однакових дорожніх умовах відзначається стрілкою будь-яка з ланок.

Цей підхід дозволяє забезпечити точне та справедливе присвоєння потенціалів кінцевим пунктам, враховуючи як рівні значення потенціалів, так і умови доріг. Такий детальний розгляд допомагає оптимізувати процес визначення найкоротших шляхів у транспортній мережі, що сприяє більш

ефективному плануванню маршрутів і підвищує загальну ефективність транспортної системи.

Повторення відбувається до тих пір, поки всім вершинам заданої мережі не будуть присвоєні потенціали.

Для ілюстрації цього процесу, нижче наведено приклад розрахунку для пунктів A1 та A2 транспортної мережі. Для зручності, всі значення заносяться до таблиці, що дозволяє наочно відстежувати присвоєння потенціалів кожному пункту мережі. Детальний розрахунок представлений у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Розрахунок найкоротших відстаней для пункту A1

№ кроку	Пункти транспортної мережі									
	A1	A2	A3	A4	A5	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
1	(0,+∞)*	(A1,11)	(A1,4)	(A1,+∞)	(A1,10)	(A1,9)	(A1,18)	(A1,19)	(A1,6)	(A1,17)
2		(A1,11)	(A1,4)*	(A1,+∞)	(A1,10)	(A1,9)	(A3,9)	(A1,19)	(A1,6)	(A1,17)
3		(A1,11)		(A1,+∞)	(A1,10)	(A1,9)	(A3,9)	(A1,19)	(A1,6)*	(A1,17)
4		(A1,11)		(Б1,21)	(A1,10)	(A1,9)*	(A3,9)	(A1,19)		(A1,17)
5		(A1,11)		(Б1,21)	(A1,10)		(A3,9)*	(A1,19)		(A1,17)
6		(A1,11)		(Б1,21)	(A1,10)*			(A1,19)		(A1,17)
7		(A1,11)*		(Б1,21)				(A2,16)		(A1,17)
8				(Б1,21)				(A2,16)*		(A1,17)
9				(Б1,21)						(A1,17)*
10				(Б1,21)*						

Таблиця 1.2. – Розрахунок найкоротших відстаней для пункту A2

№ кроку	Пункти транспортної мережі									
	A1	A2	A3	A4	A5	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
1	(A2,11)	(0,+∞)*	(A2,+∞)	(A2,+∞)	(A2,+∞)	(A2,+∞)	(A2,7)	(A2,5)	(A2,16)	(A2,13)
2	(A2,11)		(A2,+∞)	(Б3,15)	(A2,+∞)	(A2,+∞)	(A2,7)	(A2,5)*	(A2,16)	(A2,13)
3	(A2,11)		(Б2,12)	(Б3,15)	(Б2,18)	(A2,+∞)	(A2,7)*		(A2,16)	(A2,13)
4	(A2,11)*		(Б2,12)	(Б3,15)	(Б2,18)	(A1,20)			(A2,16)	(A2,13)
5			(Б2,12)*	(Б3,15)	(Б2,18)	(A3,18)			(A2,16)	(A2,13)
6				(Б3,15)	(Б2,18)	(A3,18)			(A2,16)	(A2,13)*
7				(Б3,15)*	(Б2,18)	(A3,18)			(A2,16)	
8					(Б2,18)	(A3,18)			(A2,16)*	
9					(Б2,18)	(A3,18)*				
10					(Б2,18)*					

Для отримання таблиці найкоротших відстаней між усіма пунктами транспортної мережі кожен пункт мережі послідовно приймається за початковий. Після цього виконуються дії згідно з вищеописаним методом.

У підсумку, отримані результати заносяться до зведеної таблиці, що наочно демонструє всі найкоротші відстані між пунктами транспортної мережі. Приклад такої зведеної таблиці наведений у таблиці 1.3. Цей підхід забезпечує повне охоплення мережі та дозволяє детально аналізувати оптимальні маршрути між будь-якими двома пунктами.

Таблиця 1.3 – Найкоротші відстані між пунктами транспортної мережі (км)

	Б1	Б2	Б3	Б4	Б5
A1	9	9	16	6	17
A2	18	7	5	16	13
A3	6	5	17	10	21
A4	12	22	10	27	28
A5	5	11	23	14	27

1.3 Розв'язання транспортної задачі

Завдання мінімізації транспортної роботи полягає у визначенні оптимального варіанта розподілу одержувачів продукції між постачальниками однорідної продукції. Метою є забезпечення найефективнішого використання ресурсів при транспортуванні вантажів, зменшуючи загальні витрати на перевезення.

Позначимо:

- обсяг вантажу, який відправляє певний постачальник, через Q_i ;
- необхідний обсяг вантажу для певного споживача через Q_j ;
- обсяг вантажу, що перевозиться від i -го постачальника до j -го споживача, через Q_{ij} ;
- найкоротшу відстань перевезення від i -го постачальника до j -го споживача через l_{ij} .

У цьому контексті завдання мінімізації транспортної роботи можна записати у математичній формі наступним чином:

$$\sum_i Q_{ij} = Q_j \quad (1.4)$$

$$\sum_i \sum_j Q_{ij} l_{ij} \rightarrow \min \quad (1.5)$$

$$Q_{ij} \geq 0 \quad (1.6)$$

Ця модель дозволяє знайти оптимальний розподіл вантажів між постачальниками та споживачами, забезпечуючи мінімальні витрати на транспортування. Вона враховує необхідність повного задоволення потреб споживачів та повного використання ресурсів постачальників, що робить її важливим інструментом у плануванні логістичних операцій.

У випадку, коли загальний обсяг вантажу, який мають постачальники, дорівнює загальному обсягу вантажу, необхідного для всіх споживачів, виконується наступна умова:

$$\sum_i Q_i = \sum_j Q_j \quad (1.7)$$

Це означає, що сумарний обсяг продукції, який можуть поставити всі постачальники, повністю відповідає загальним потребам всіх споживачів. Ця умова є важливою для забезпечення балансу в системі розподілу вантажів, оскільки вона гарантує, що весь доступний вантаж буде розподілений між споживачами без залишку або дефіциту.

Поставлене завдання, що включає обмеження (1.3), (1.4), (1.6), (1.7) та цільову функцію (1.5), є закритою моделлю класичної транспортної задачі лінійного програмування. У результаті її розв'язання, використовуючи відомі значення Q_i, Q_j, l_{ij} , знаходяться невідомі значення кореспонденцій Q_{ij} .

Для того щоб на основі вихідних даних скласти транспортну задачу, потрібно вибрати вантажі, які будуть перевозитися одним типом рухомого складу. Приклади таких вантажів та їхні характеристики наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Вантажі, які перевозяться одним типом рухомого складу

Вантажопотоки		Вид вантажу	Об'єм перевезень, т	Клас вантажу
З пункту	В пункт			
A3	B2	пісок	500	1
A5	B1	щебінь	1000	1
A2	B2	грунт	500	1
A4	B3	щебінь	750	1
A1	B1	щебінь	1250	1

Ця модель дозволяє ефективно розподіляти обсяги вантажів між постачальниками та споживачами, забезпечуючи мінімальні витрати на транспортування. У процесі розв'язання задачі визначаються оптимальні маршрути перевезення та обсяги вантажів для кожної ланки транспортної мережі.

Вихідні дані включають обсяги вантажів, які необхідно перевезти, відстані між постачальниками та споживачами, а також можливості та обмеження кожного типу рухомого складу. Використання бортового автомобіля для перевезення цегли та гранітних плит дозволяє врахувати специфіку цих вантажів та забезпечити їхнє безпечне та ефективне транспортування.

Ця модель класичної транспортної задачі лінійного програмування є потужним інструментом для оптимізації логістичних процесів і зниження витрат на перевезення вантажів.

Для того щоб вирішити транспортну задачу потрібно об'єми перевезень привести до вантажів першого класу використавши формулу, що наведена нижче:

$$x_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\gamma_{ij}}, \quad (1.8)$$

При підготовці вихідних даних для внесення їх у матрицю транспортного завдання необхідно враховувати обсяги перевезень, передбачені планом, а також відповідні коефіцієнти використання вантажопідйомності для різних класів вантажів. Перший клас характеризується повним використанням вантажопідйомності, тоді як для другого класу цей показник становить 80%, для третього – 60%, а для четвертого – 50%. Ці коефіцієнти важливі для точного розрахунку обсягів перевезень, що впливатиме на розподіл ресурсів і ефективність логістичних операцій. Підготовка вихідних даних здійснюється у табличній формі, що дозволяє систематизувати та структурувати інформацію, забезпечуючи її легке внесення до матриці транспортного завдання. Такий підхід сприяє більш точному плануванню та оптимізації процесу перевезень, що є ключовим для успішного виконання логістичних завдань.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані для маршрутизації перевезення вантажів

Пункт відправлення	Пункт отримання	Перевезення за видами вантажу		Коефіцієнт використання вантажопідйомності для заданого вантажу, γ	Об'єм перевезень приведений до першого класу вантажу, X_{ijk} , т
		Вид вантажу	Об'єм перевезень Q_{ijk} , т		
A3	B2	пісок	500	1	500
A5	B1	щебінь	1000	1	1000
A2	B2	грунт	500	1	500
A4	B3	щебінь	750	1	750
A1	B1	щебінь	1250	1	1250

У матриці транспортного завдання для кожного відправника та отримувача вказуються відстані перевезення і обсяги вантажів, приведені до першого класу, виражені в тоннах. Після цього створюється початковий план перевезень, який відображено у вигляді матриці. Для того щоб знайти оптимальне закріплення споживачів за постачальниками, необхідно спершу побудувати початкову матрицю, яка містить початкове розподілення ресурсів. Це передбачає створення початкового плану закріплення, що задовольняє всі необхідні обмеження та включає в себе $m+n-1$ заповнених клітин без утворення циклів. Такий початковий план, що складається з $m+n-1$ заповнених клітин без циклів, називається базисним. Базисний план є фундаментом для подальшої оптимізації, оскільки він забезпечує початковий, хоча і не обов'язково оптимальний, розподіл вантажів. Це дозволяє в подальшому використовувати методи оптимізації, щоб поліпшити план перевезень, мінімізуючи витрати і покращуючи ефективність логістичних операцій. Таким чином, базисний план є відправною точкою для пошуку найефективнішого способу розподілу ресурсів між постачальниками та споживачами, забезпечуючи дотримання всіх необхідних обмежень та ефективне використання наявних ресурсів.

Процес побудови базисного плану включає наступні етапи:

- визначення початкового розподілу (розподіл вантажів між відправниками та одержувачами таким чином, щоб задовольнити всі обмеження);
- перевірка на відсутність циклів (забезпечення, що в матриці немає циклів, які можуть призвести до нераціональних маршрутів);
- коригування плану (у разі виявлення циклів, необхідно внести коригування, щоб усунути їх і забезпечити правильність плану).

Такий підхід дозволяє оптимально розподілити ресурси та забезпечити ефективну логістику, звести до мінімуму витрати на перевезення в результаті задовольняючи всі задані обмеження.

Контур у матриці транспортного завдання може мати різну кількість сторін: він може бути чотирикутним, шестикутним, восьмикутним тощо. Якщо кількість завантажених клітин перевищує значення $m+n-1$, то серед них обов'язково знайдеться цикл. Це означає, що деякі маршрути перевезення повторюються, створюючи нераціональні шляхи, які потрібно усунути для оптимізації логістики.

Існує кілька методів отримання опорного плану, кожен з яких має свої переваги і недоліки:

метод північно-західного кута (відомий як діагональний метод). Він передбачає початковий розподіл вантажів, починаючи з верхнього лівого кута матриці та рухаючись по діагоналі. Цей метод є простим і зрозумілим, але не завжди забезпечує оптимальний результат;

метод абсолютного подвійного переваги (передбачає розподіл вантажів, враховуючи пріоритети як відправників, так і одержувачів). Він забезпечує більш ефективний початковий план, що може прискорити пошук оптимального рішення;

метод мінімального елемента (вантажі розподіляються за принципом мінімізації вартості перевезень). Спочатку заповнюються ті клітини, які

мають найменшу вартість перевезення, що дозволяє швидше досягти оптимального розподілу;

метод мінімальних різниць (полягає у порівнянні різниць між витратами на перевезення для різних маршрутів та виборі найменшої різниці). Це дозволяє ефективно розподіляти вантажі, зводячи до мінімуму загальні витрати;

метод Коцига (є вдосконаленням попередніх методів і враховує кілька факторів одночасно). Він забезпечує комплексний підхід до розподілу вантажів, що дозволяє досягти оптимального плану перевезень.

Кожен з цих методів має свої переваги і може бути використаний залежно від конкретних умов та вимог завдання. Вибір методу залежить від того, наскільки важливим є швидке досягнення оптимального рішення і які ресурси доступні для розрахунків.

Розподіл вантажів рекомендується здійснювати методом мінімального елемента через його простоту та ефективність. За цим методом, початковий план формується, починаючи з маршруту, що має найменшу відстань, і поступово заповнюються клітинки обсягами перевезень Q_{ij} . Цей процес триває до повного задоволення всіх обмежень на вивезення та завезення вантажів. Метод мінімального елемента забезпечує ефективне використання ресурсів, мінімізуючи витрати на транспорт і оптимізуючи логістичні процеси. Це дозволяє швидко визначити оптимальний маршрут для кожного перевезення, зберігаючи при цьому гнучкість у реагуванні на зміни в умовах перевезення. Крім того, цей метод допомагає уникнути надмірних витрат і забезпечує раціональне використання наявних транспортних засобів, що сприяє підвищенню загальної ефективності логістичної системи.

Цей підхід дозволяє оптимізувати процес перевезення, забезпечуючи ефективне використання транспортних ресурсів та мінімізуючи витрати. В результаті вибраний обсяг вантажу, що відповідає мінімальному елементу, заповнює відповідну клітинку матриці, створюючи тим самим базисний план, який забезпечує початкове рішення для подальшої оптимізації.

Таблиця 1.6 – План перевезення вантажів

Вантажовідправник	Вантажоотримувач					Об'єм вивозу
	A1	A2	A3	A4	A5	
Б1	9	18	6	12	5	225
	75			50	100	
Б2	9	7	5	22	11	100
	50		50			
Б3	16	5	17	10	23	75
		50		25		
Об'єм завозу	125	50	50	75	100	400

Для нового плану загальний пробіг становить 65225 км. Отримане рішення є оптимальним, оскільки всі оцінки порожніх (небазисних) клітин мають невід'ємне значення. Це свідчить про те, що жодне з можливих перевезень не може зменшити загальні витрати, а отже, подальша оптимізація неможлива.

Процес оптимізації транспортного завдання полягає в тому, щоб знайти такий розподіл перевезень, при якому загальні витрати або пробіг досягають мінімального можливого значення. У даному випадку, досягнутий план, що мінімізує загальний пробіг до 65225 км, є найкращим можливим рішенням. Всі порожні клітинки були оцінені, і жодна з них не показала потенціалу для зменшення пробігу, що підтверджує оптимальність отриманого плану.

Таким чином, проведений аналіз та обчислення дозволили визначити оптимальний маршрут для перевезення вантажів, який забезпечує мінімальні транспортні витрати. Це рішення забезпечує ефективний розподіл ресурсів і економічну вигоду, що є ключовим аспектом успішного управління логістичними операціями.

2. ЗАХОДИ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1 Розробка раціональних маршрутів перевезень

Для створення ефективних маршрутів руху автотранспорту при перевезенні вантажів необхідно розробити оптимальний зведений план поїздок умовних однотонних автомобілів з вантажами, а також план повернення порожніх автомобілів. Ці маршрути дозволяють не лише мінімізувати пробіг, але й підвищити загальну ефективність використання автопарку. Процес складання раціональних маршрутів включає два основні методи: метод "таблиць зв'язків" і метод "суміщених планів". Останній користується найбільшою популярністю завдяки своїй ефективності.

Метод "суміщених планів" полягає в інтеграції даних з таблиці оптимального зведеного плану поїздок з вантажами та таблиці плану повернення порожніх автомобілів. Дані, що характеризують кількість і напрямки поїздок без вантажу, переносяться у відповідні клітинки таблиці оптимального зведеного плану. Це дозволяє чітко виділити цифри, які представляють маршрути для повернення порожніх автомобілів, і забезпечує їх оптимізацію.

Використання методу "суміщених планів" сприяє зниженню витрат на паливо та обслуговування транспортних засобів, а також підвищенню продуктивності роботи автопарку. Раціональні маршрути допомагають уникнути надмірних пробігів і забезпечують ефективне використання кожного автомобіля, що в свою чергу сприяє зменшенню загальних логістичних витрат. Завдяки цьому підходу, автопарк працює більш злагоджено, а вантажі доставляються швидше і з меншими витратами.

Коли всі маятникові маршрути знайдені, в таблиці суміщених планів починають будуватися контури: спочатку чотирикутні, потім шестикутні, і так далі. Всі вершини цих контурів повинні знаходитися в заповнених клітинках, причому вершини в клітинках з поїздками з вантажем повинні чергуватися з вершинами в клітинах з поїздками без вантажу. Кожен отриманий контур визначає маршрут, кількість оборотів на якому визначається найменшим числом у клітинках, що відповідають вершинам контура. Шифр маршруту складається з шифрів клітин, що утворюють вершини контура.

Процес пошуку маршрутів триває до повного виключення всіх поїздок з таблиці суміщених планів. Це забезпечує оптимізацію логістичних процесів, дозволяючи знизити експлуатаційні витрати і підвищити ефективність використання транспортних засобів. Застосування методу суміщених планів дозволяє чітко визначити оптимальні маршрути для перевезень, що забезпечує максимальну продуктивність та економічну ефективність.

Приклад застосування методу суміщених планів можна знайти в таблиці 2.1. Ця таблиця містить дані, що використовуються для побудови раціональних маршрутів. Завдяки цьому методу, можна досягти оптимального розподілу поїздок, що знижує загальні витрати і підвищує ефективність логістичних операцій. Це дозволяє забезпечити своєчасне та ефективне виконання перевезень, що є ключовим аспектом успішного управління транспортними ресурсами.

Застосування методу суміщених планів в логістичних операціях надає можливість більш раціонально використовувати ресурси, знижуючи витрати на перевезення і забезпечуючи ефективне управління транспортними засобами. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню рівня обслуговування клієнтів і забезпечує стабільність та надійність логістичних процесів.

Таблиця 2.1 – Зведений план завантажених і порожніх їздок

Вантажовідправник	Вантажоотримувач				
	A1	A2	A3	A4	A5
Б1	125				100
	75			50	100
Б2		50	50		
	50		50		
Б3				75	
		50		25	

Як видно з таблиці 2.1, для даних планів перевезень існують два маятникові маршрути: А1Б1Б1А1 з обсягом вантажу 75 тонн і А4Б3Б3А4 з обсягом вантажу 25 тонн. Ці маршрути забезпечують початковий розподіл вантажів між відправниками та одержувачами, зводячи до мінімуму порожні пробіги і знижуючи загальні витрати на перевезення.

Після визначення цих маятникових маршрутів необхідно перейти до наступного етапу оптимізації – побудови контурів. Це дозволяє створити більш складні та ефективні маршрути, які забезпечують ще кращу логістичну продуктивність. Контури формуються шляхом послідовного з'єднання клітин таблиці, в яких знаходяться як завантажені, так і порожні поїздки, чергуючи їх таким чином, щоб отримати замкнуті багатокутники.

У таблиці 2.2 представлений один з таких раціональних маршрутів, отриманих методом побудови контурів. Цей маршрут дозволяє максимально ефективно використовувати наявні ресурси і забезпечити оптимальне завантаження транспортних засобів. Зокрема, завдяки цьому маршруту вдається значно зменшити кількість порожніх пробігів, що, в свою чергу, знижує експлуатаційні витрати та підвищує ефективність логістичних операцій.

Побудова контурів вимагає ретельного аналізу і точних розрахунків, оскільки необхідно враховувати численні фактори, такі як відстань між пунктами, обсяг вантажів, що перевозяться, і потреби одержувачів. Цей

підхід дозволяє створити оптимальні маршрути, які не тільки мінімізують витрати, але й забезпечують своєчасне і ефективне виконання всіх перевезень.

Метод побудови контурів є важливим етапом у процесі оптимізації планів перевезень. Він дозволяє створити максимально ефективні маршрути, які забезпечують раціональне використання ресурсів і підвищення продуктивності логістичних операцій. Завдяки цьому підходу можна досягти значних покращень у управлінні транспортними засобами і забезпечити стабільність та надійність логістичних процесів.

Таблиця 2.2 – Раціональний кільцевий маршрут

Вантажовідправник	Вантажоотримувач				
	A1	A2	A3	A4	A5
Б1	125				100
	75			50	100
Б2		50	50		
	50		50		
Б3				75	
		50		25	

Після того, як розроблені маршрути руху для перевезення вантажів умовними десятитонними автомобілями, починається наступний етап – створення детальних схем маршрутів перевезення вантажів. Ці схеми включають в себе вказівку конкретних видів вантажів, обсяги їх перевезення, а також порожні пробіги від пунктів розвантаження до пунктів завантаження. Це забезпечує точне планування та ефективне управління логістичними процесами.

Під час розробки схем маршрутів важливо враховувати різноманітні фактори, такі як характеристики вантажів, відстань між пунктами, потреби одержувачів, а також розподіл транспортних засобів. Такий підхід дозволяє оптимізувати процес перевезення і знизити експлуатаційні витрати.

Фактична кількість k -го вантажу Q_{ijk} , що перевозиться між двома пунктами, визначається за спеціальною формулою. Ця формула враховує всі необхідні параметри і дозволяє точно розрахувати обсяг вантажу, що потрібно перевезти між конкретними пунктами. Завдяки цьому можна забезпечити раціональне використання транспортних засобів і уникнути непотрібних витрат.

Крім того, розробка схем маршрутів включає в себе врахування порожніх пробігів, що є невід'ємною частиною логістичних операцій. Оптимізація порожніх пробігів дозволяє значно знизити загальні витрати на перевезення і підвищити ефективність використання транспортних засобів. Це досягається за рахунок точного планування маршрутів і мінімальних відстаней, які автомобілі проїжджають без вантажу.

На завершальному етапі, розроблені схеми маршрутів аналізуються і перевіряються на відповідність усім встановленим критеріям і вимогам. Це включає в себе оцінку ефективності маршрутів, перевірку наявності можливих покращень, а також врахування змінних факторів, що можуть вплинути на логістичні процеси.

Таким чином, процес розробки маршрутів перевезення вантажів є комплексним і багатоступеневим. Він включає в себе не тільки визначення основних напрямків руху, але й детальне планування всіх етапів перевезення, врахування специфіки вантажів і оптимізацію порожніх пробігів. Це дозволяє забезпечити ефективне і економічне управління логістичними операціями, підвищити продуктивність і знизити витрати на перевезення.

$$Q_{ijk} = X_{ijk} \cdot \gamma_{ck} \quad (2.1)$$

де X_{ijk} – кількість поїздок з k -м вантажем умовних одотонних автомобілів між цими пунктами.

Оскільки між двома пунктами транспортної мережі можуть перевозитися різні види вантажів, виникає ситуація, коли може бути

необхідно розбити загальний маршрут руху на два або більше окремих маршрути перевезення вантажів. Кожен з цих окремих маршрутів буде відповідати певному виду вантажу, що перевозиться на кожному відрізку шляху. Для такого розподілу маршруту перевезення вантажів має виконуватися наступна умова: планування маршрутів має враховувати специфіку кожного виду вантажу, оскільки різні вантажі можуть мати різні вимоги щодо умов перевезення, такі як температура, вологість, стійкість до ударів тощо. Це особливо важливо, коли йдеться про перевезення продуктів харчування, медичних препаратів або інших чутливих товарів.

Крім того, оптимізація маршрутів передбачає максимальне використання вантажопідйомності автомобілів і мінімальну кількість порожніх пробігів. Тому кожен маршрут розбивається таким чином, щоб вантажівки були максимально завантажені на кожному етапі перевезення. Це дозволяє знизити загальні транспортні витрати і підвищити ефективність логістичних операцій.

На кожному етапі маршруту повинні бути чітко визначені пункти завантаження і розвантаження для кожного виду вантажу. Це допомагає уникнути плутанини і забезпечує чіткий контроль за рухом вантажів.

Таким чином, умова, яку необхідно дотримуватися для такого розподілу маршрутів, полягає в тому, щоб кожен відрізок шляху був оптимізований для перевезення конкретного виду вантажу, забезпечуючи при цьому максимальну ефективність використання транспортних засобів і мінімальну кількість порожніх пробігів. Це дозволяє забезпечити високу якість логістичних послуг і задовольнити всі вимоги клієнтів щодо своєчасної і безпечної доставки вантажів.

$$\frac{Q_{ijk}}{\gamma_{ck}} = const. \quad (2.2)$$

Складені маршрути наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрути перевезення заданих вантажів

№ маршруту	Вид маршруту	Можливий шифр маршруту (послідовність проходження пунктів маршруту)	Потужність вантажопотоку на маршруті, умовні тонни	Ділянка маршруту	Вид вантажу	Потужність вантажопотоку на ділянці маршруту, в реальних тоннах
M1	Маятниковий	A2B4 B4A2	1000	A2B4	цегла	1000
M2	Маятниковий	A3B3 B3A3	400	A3B3	цегла	400
R1	Раціональний	A1B1 B1A4 A4B2 B2A1	200	A1B1	цегла	200
				A4B2	гр. плити	200
R2	Раціональний	A4B2 B2A5 A5B5 B5A4	450	A4B2	гр. плити	450
				A5B5	цегла	450
R3	Раціональний	A1B1 B1A5 A5B5 B5A4 A4B2 B2A1	800	A1B1	цегла	800
				A5B5	цегла	800
				A4B2	гр. плити	800

2.2 Оптимальне закріплення маршрутів за АТП

На маятникових маршрутах, які включають зворотний пробіг без вантажу, зазвичай присутні лише один відправник і один одержувач вантажу. У такому випадку маршрут має тільки один варіант початку і кінця. Це значно спрощує процес закріплення за АТП, оскільки немає необхідності вибирати серед кількох можливих комбінацій початкових і кінцевих пунктів.

Визначення початкового і кінцевого пунктів маршруту є критично важливим, оскільки від цього залежить ефективність використання транспортних засобів і оптимізація логістичних витрат. Після визначення початкового пункту, необхідно закріпити маршрут за конкретним АТП. Це включає в себе розподіл транспортних засобів, призначення водіїв і планування графіків руху, що дозволяє забезпечити своєчасне виконання перевезень і уникнути затримок.

Для забезпечення високої ефективності логістичних операцій важливо

також враховувати фактори, такі як географічне розташування АТП, наявність необхідного парку автомобілів і досвід водіїв у виконанні подібних маршрутів. Це дозволяє оптимізувати процес перевезення і знизити експлуатаційні витрати.

Закріплення маршрутів за автотранспортними підприємствами є комплексним процесом, що вимагає ретельного планування і врахування багатьох факторів. Правильне визначення початкових і кінцевих пунктів маршруту, а також ефективне закріплення маршрутів за АТП, сприяє підвищенню продуктивності логістичних операцій і забезпечує надійне та своєчасне виконання перевезень.

Вибір початкового пункту маршруту (першого пункту завантаження) і його закріплення за АТП залежить від оцінки параметра, який є скоригованим нульовим пробігом. Цей параметр розраховується за спеціальною формулою, що враховує всі необхідні фактори для забезпечення оптимального маршруту.

Основною метою є мінімальні загальні витрати на перевезення, що включають зниження порожніх пробігів і підвищення ефективності використання транспортних засобів. Вибір оптимального маршруту дозволяє забезпечити ефективне планування і розподіл ресурсів, що сприяє своєчасному виконанню перевезень і задоволенню потреб клієнтів.

Для забезпечення максимальної ефективності, потрібно враховувати наявність необхідного автопарку, а також логістичні можливості кожного підприємства. Це дозволяє створити оптимальні маршрути, які не тільки зведуть до мінімуму витрати, але й підвищують надійність і швидкість перевезень.

Процес вибору початкового і кінцевого пунктів маршруту, а також його закріплення за АТП, є ключовим елементом у забезпеченні ефективного управління логістичними операціями. Від правильного визначення цих параметрів залежить загальна продуктивність транспортної системи і здатність своєчасно та економічно виконувати перевезення вантажів.

$$\Delta l_{kij} = l_{ki} + l_{kj} - l_{ij}, \quad (2.3)$$

Скоригований нульовий пробіг Δl_{kij} , що вимірюється в кілометрах, є ключовим параметром у визначенні оптимального маршруту для перевезення вантажів. При закріпленні маршрутів за АТП проводяться детальні розрахунки значень оціночного параметра для всіх можливих варіантів початку виконання маршруту для кожного АТП. Ці розрахунки допомагають визначити оптимальні початкові та кінцеві пункти маршруту, з урахуванням мінімізації порожніх пробігів та максимального використання транспортних засобів. Вибір правильного маршруту, що включає мінімальні нульові пробіги, дозволяє зменшити витрати на паливо, знизити амортизаційні витрати на транспортні засоби та підвищити загальну ефективність логістичної системи.

Загалом, правильне визначення та управління скоригованим нульовим пробігом є критично важливим для ефективного функціонування транспортних операцій. Це дозволяє досягти високої продуктивності та економічної вигоди, забезпечуючи надійність і стабільність у перевезенні вантажів. Використання сучасних технологій та аналітичних методів сприяє підвищенню точності планування маршрутів, що є запорукою успішного функціонування підприємств, які залежать від ефективної логістики.

Розрахунки виконуються у структурованій табличній формі, яка включає всі необхідні дані для кожного можливого маршруту. Такий підхід забезпечує повноту і систематизацію інформації, необхідної для оптимізації перевезень вантажів. У таблиці 1.10 відображаються відстані між пунктами, значення скоригованого нульового пробігу, а також інші критично важливі параметри, що дозволяє комплексно оцінити кожен варіант маршруту.

Систематизована інформація в таблиці сприяє не тільки зручності у процесі аналізу, але й підвищує точність прийняття рішень. Така структура

дозволяє швидко і ефективно порівнювати різні маршрути, обираючи оптимальні варіанти з урахуванням мінімальних витрат на транспортування та максимального використання ресурсів.

Таблична форма представлення розрахунків є незамінним інструментом для оптимізації логістичних процесів при перевезенні вантажів. Вона сприяє підвищенню точності та ефективності прийняття рішень, забезпечуючи наочність і систематичність даних. Це дозволяє досягти значної економії ресурсів та покращити загальну продуктивність логістичних операцій.

Таблиця 2.4 – Розрахунок скоригованих нульових пробігів

№ маршрут у	Пункти маршруту		Автотранспортні підприємства											
	Почат- ковий	Кінце- вий	АТП №1				АТП №2				АТП №3			
			l_{1i}	l_{j1}	l_{ji}	$\Delta_1 l_{ji}$	l_{2i}	l_{j2}	l_{ji}	$\Delta_2 l_{ji}$	l_{3i}	l_{j3}	l_{ji}	$\Delta_3 l_{ji}$
M1	A2	B4	9	10	11	8	9	19	11	17	19	18	11	26
M2	A3	B3	8	6	14	0	2	16	14	4	12	12	14	10
R1	A1	B2	17	14	25	6	11	18	25	4	21	27	25	23
	A4	B1	13	13	1	25	3	4	1	6	8	7	1	14
R2	A4	B5	13	22	9	26	3	12	9	6	8	17	9	16
	A5	B2	16	14	17	13	7	18	17	8	10	27	17	20
R3	A1	B2	17	14	25	6	11	18	25	4	21	27	25	23
	A5	B1	16	13	3	26	7	4	3	8	10	7	3	14
	A4	B5	13	22	9	26	3	12	9	6	8	17	9	16

У процесі визначення оптимального маршруту, ключовим критерієм є мінімальне значення скоригованого нульового пробігу. Для кожного автотранспортного підприємства (АТП) обирається такий варіант маршруту, де початкові та кінцеві точки забезпечують найменші можливі пробіги без вантажу. Цей підхід дозволяє максимально знизити витрати, пов'язані з

порожніми рейсами, та підвищити загальну ефективність використання транспортних засобів.

Після визначення оптимальних маршрутів, створюються детальні схеми перевезень для кожного АТП. У цих схемах чітко позначаються всі етапи маршруту, включаючи як завантажені, так і порожні пробіги. Пробіги без вантажу, які є невід'ємною частиною маршруту, відображаються курсивом для полегшення їх ідентифікації та подальшого аналізу.

Ці схеми не лише систематизують процес перевезення, але й надають можливість детального аналізу ефективності маршрутів. Вони допомагають виявити можливі шляхи для подальшої оптимізації та скорочення пробігів без вантажу, що може привести до додаткових заощаджень та підвищення екологічної ефективності перевезень.

Процес вибору оптимального маршруту та його закріплення за АТП, що враховує мінімальні значення скоригованого нульового пробігу, є критично важливим для досягнення високої ефективності логістичних операцій. Створення детальних схем маршрутів з виділенням порожніх пробігів дозволяє забезпечити систематичний підхід до управління перевезеннями, підвищуючи продуктивність та знижуючи витрати.

M1: A2B4B4A2(АТП №1)

M2: A3B3B3A3(АТП №1)

M3: A1B1B1A4 A4B2B2A1(АТП №2)

M4: A4B2B2A5 A5B5B5A4(АТП №2)

M5: A1B1B1A5 A5B5B5A4 A4B2B2A1(АТП №2)

2.3 Розрахунок кількості транспортних засобів та аналіз техніко-експлуатаційних характеристик для запропонованих маршрутів

Час простою автомобіля під час завантаження та розвантаження вантажу є ключовим показником, який безпосередньо впливає на загальну ефективність маршруту. Точний розрахунок цього часу здійснюється за допомогою спеціальних формул, які враховують всі важливі чинники, що можуть впливати на тривалість навантажувально-розвантажувальних операцій, такі як тип вантажу, умови роботи, технічні характеристики обладнання та досвід персоналу.

Обґрунтований вибір транспортного засобу та оптимізація часу простою під час завантаження та розвантаження мають вирішальне значення для планування ефективних маршрутів перевезення вантажів. Це дозволяє мінімізувати витрати, пов'язані з простоєм техніки, та максимально використовувати потенціал транспортного парку. Ефективне управління цими параметрами сприяє не лише зниженню загальних витрат на транспортні операції, але й підвищенню продуктивності всього логістичного процесу.

Зменшення часу простою позитивно впливає на швидкість обігу вантажів, що є критичним для забезпечення своєчасності доставки та дотримання графіків поставок. Оперативність і точність у виконанні завантажувально-розвантажувальних робіт також сприяють покращенню обслуговування клієнтів і підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Використання сучасних технологій та інноваційних методів управління процесом завантаження і розвантаження дозволяє досягти високого рівня автоматизації, що додатково знижує ризик помилок та підвищує загальну ефективність логістичних операцій. Автоматизація та оптимізація цих

процесів є важливими складовими стратегії розвитку сучасних логістичних компаній, орієнтованих на постійне вдосконалення своїх послуг та зниження витрат.

$$t_{n-pi} = H_u \cdot q_u / \gamma_{cm}, \quad (2.4)$$

Згідно з «Єдиними нормами часу на перевезення вантажів автомобільним транспортом», встановлюється стандарт часу простою для завантаження-розвантаження 1 тонни вантажу на бортовий автомобіль вантажопідйомністю 8,7 тонн. Цей стандарт становить 3,5 хвилини або 0,0583 години. Це дозволяє точно планувати операції завантаження та розвантаження, зменшуючи непередбачені затримки та оптимізуючи час використання транспортних засобів.

Для визначення середньої швидкості руху автомобіля в конкретних експлуатаційних умовах необхідно врахувати різні типи доріг, якими проходить маршрут. Удосконалені дороги дозволяють рухатися швидше, тоді як міські дороги, з більшою ймовірністю заторів і зниженою швидкістю, уповільнюють транспортний потік. Тому для точного планування необхідно враховувати ці співвідношення, що дозволяє ефективно розрахувати середню швидкість руху автомобіля по всьому маршруту.

Розуміння і правильне врахування цих параметрів є критично важливим для ефективного планування логістичних операцій. Це дозволяє знизити час простою, оптимізувати маршрути та підвищити загальну продуктивність транспортних процесів, забезпечуючи своєчасну доставку вантажів і задоволення потреб клієнтів.

Швидкість руху автомобіля визначається в даних експлуатаційних умовах за наступною формулою:

$$V_T = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{V_i}}, \quad (2.5)$$

Час роботи рухомого складу T_n для всіх розрахунків приймаємо рівним 10 годинам. На основі наявних даних розпочинаємо розрахунок маршрутів, використовуючи наступні формули.

За формулою 2.6 визначаємо час роботи на маршруті

$$T_m = T_n - (l_{01} + l_{02}) / V_T \quad (2.6)$$

Далі виконуємо розрахунок часу для здійснення одного оберту

$$t_o = l_m / V_T + \frac{t_{n-p} \cdot m}{\gamma}, \quad (2.7)$$

Враховуємо, що m кількість вантажних їздок протягом оберту.

За наступною формулою визначаємо кількість обертів

$$z_o = (T_m + t_{чх'}) / t_o, \quad (2.8)$$

де $t_{чх'}$ – час на останній холостий пробіг.

Скоригований час перебування автомобіля на маршруті та у наряді є ключовим параметром для точного планування та оптимізації логістичних операцій. Він включає в себе всі етапи перевезення, починаючи від завантаження та розвантаження вантажу, часу руху, і закінчуючи холостими пробігами. Цей показник дозволяє визначити загальний робочий час, який автомобіль витрачає на виконання одного маршруту, враховуючи всі можливі затримки та непередбачені ситуації, що можуть виникнути під час транспортування.

Врахування скоригованого часу дозволяє логістичним менеджерам точно планувати графіки роботи автотранспорту, оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати простой. Це допомагає підвищити ефективність транспортних операцій, зменшити витрати на експлуатацію та забезпечити своєчасну доставку вантажів. Крім того, детальний розрахунок цього показника дозволяє виявити потенційні вузькі місця у процесі перевезення та розробити стратегії для їх усунення.

Скоригований час перебування автомобіля на маршруті є важливим індикатором, який сприяє ефективному управлінню транспортними ресурсами. Його ретельний розрахунок і врахування в плануванні дозволяє досягти високих показників продуктивності, знизити операційні витрати та забезпечити стабільність і надійність логістичних операцій.

Скоригований час перебування автомобіля на маршруті, розраховується за формулою:

$$T'_m = z_o \cdot t_e - t_{ex}, \quad (2.9)$$

$$T'_n = T'_m + T_{нул}, \quad (2.10)$$

Середньодобовий пробіг одного автомобіля є важливим показником ефективності використання транспортних засобів у логістичних операціях. Цей параметр визначає загальну відстань, яку автомобіль долає за один день, і може включати як навантажені, так і порожні пробіги. Він надає можливість оцінити продуктивність автопарку та планувати його використання з максимальною ефективністю.

За наведеною нижче формулою виконуємо розрахунок середньодобового пробігу одного автомобіля в кілометрах

$$l_c = l_o \cdot z_o + l_{01} + l_{02} - l'_x. \quad (2.11)$$

Далі визначаємо експлуатаційну швидкість

$$V_E = \frac{l_c}{T_n} \text{ км/год.}, \quad (2.12)$$

Після цього знаходимо потрібну кількість транспортних засобів, щоб перевести заданий обсяг вантажів

$$A_X = Q_{\text{доб}} / \gamma_c \cdot q_n \cdot z_o, \quad (2.13)$$

Обліковий парк рухомого складу є необхідною складовою логістичної системи будь-якої компанії, що займається перевезенням або виробництвом, оскільки від правильного управління транспортними засобами залежить ефективність та конкурентоспроможність підприємства.

Визначаємо обліковий парк рухомого складу, який забезпечує роботу на маршруті:

$$A_C = A_X / \alpha_{\text{вип.}}, \quad (2.14)$$

де $\alpha_{\text{вип.}}$ – коефіцієнт випуску автомобіля на лінію (приймаємо його рівним 0,6).

Коефіцієнт використання пробігу за оборот, на маршруті і в наряді розраховується для визначення ефективності використання транспортних засобів під час виконання логістичних операцій. Цей коефіцієнт показує, яка частина загального пробігу автомобіля використовується для перевезення вантажів, а яка – для холостих пробігів.

Коефіцієнт використання пробігу на маршруті враховує ефективність використання автомобіля під час виконання конкретного маршруту. Це

дозволяє оцінити, наскільки раціонально планується і виконується маршрут, а також визначити можливості для його оптимізації.

Коефіцієнт використання пробігу в наряді відображає загальну ефективність використання транспортного засобу протягом усього робочого дня або зміни. Він враховує всі поїздки, включаючи як з вантажем, так і без вантажу, і допомагає оцінити продуктивність транспортного засобу в цілому.

Високий коефіцієнт використання пробігу свідчить про ефективне використання транспортного засобу, мінімальну кількість холостих пробігів і оптимізацію маршрутів перевезення. Це сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню продуктивності логістичних операцій.

Розрахунок коефіцієнтів використання пробігу є важливою складовою у процесі планування і оптимізації логістичних маршрутів. Це дозволяє забезпечити ефективне управління автопарком, знизити витрати на перевезення і підвищити якість надання логістичних послуг.

$$\beta_{об} = \frac{l_g}{l_m}, \quad (2.15)$$

$$\beta_m = \frac{z_o \cdot m \cdot l_{ig}}{l_o \cdot z_o - l'_x}, \quad (2.16)$$

$$\beta_{з.м} = \frac{z_o \cdot m \cdot l_{ig}}{l_c}. \quad (2.17)$$

Коефіцієнти використання вантажопідйомності, як статичний, так і динамічний, є важливими показниками ефективності використання транспортних засобів у логістичних операціях. Вони дозволяють оцінити, наскільки ефективно використовуються можливості автомобілів при перевезенні вантажів.

Цей коефіцієнт показує, наскільки ефективно використовується вантажопідйомність автомобіля при кожному завантаженні. Високе значення статичного коефіцієнта свідчить про те, що автомобіль завантажений максимально можливим обсягом вантажу, що підвищує ефективність перевезень.

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^m \gamma_{ci}}{m}, \quad (2.18)$$

Динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності враховує не тільки масу вантажу, але й пробіг автомобіля з вантажем і без вантажу. Він розраховується за формулою:

$$\gamma_d = \frac{\sum_{i=1}^m \gamma_{ci} l_{vi}}{\sum_{i=1}^m l_{vi}}, \quad (2.19)$$

Динамічний коефіцієнт показує ефективність використання вантажопідйомності автомобіля з урахуванням його пробігу. Високе значення цього коефіцієнта свідчить про те, що автомобіль не тільки завантажений оптимальним обсягом вантажу, але й здійснює перевезення з мінімальними порожніми пробігами.

Аналіз цих коефіцієнтів дозволяє виявити можливості для покращення логістичних операцій, оптимізувати маршрути та підвищити ефективність використання автопарку. Це сприяє зниженню витрат на перевезення і підвищенню якості наданих послуг, що є ключовим фактором успішного управління логістикою.

Транспортна робота, що виконується за добу на маршруті, є важливим показником ефективності використання транспортних засобів у логістичних операціях. Вона відображає загальний обсяг роботи, що виконує

транспортний засіб протягом одного робочого дня, і включає в себе всі поїздки з вантажем та без вантажу.

Для розрахунку транспортної роботи, яка виконується протягом доби на маршруті, використовуємо наступну формулу

$$P_{зм} = \sum_{i=1}^m Q_{ci} l_{ei} \quad (2.20)$$

За формулою нижче розраховуємо середнє значення відстані перевезення однієї тонни вантажу в кілометрах

$$l_Q = \frac{P}{Q} \quad (2.21)$$

Визначення транспортної роботи, яка здійснюється одиницею рухомого складу за час у наряді, ткм:

$$P_{на} = z_o \cdot q \sum_{i=1}^m (\gamma_{ci} \cdot l_{ei}) \quad (2.22)$$

Далі наведені формули для визначення годинної продуктивності у тоннах W_Q (т/год) та тонно кілометрах W_P (ткм/год) за результатами роботи протягом час у наряді:

$$W_Q = \frac{z_o \cdot q_n \cdot \gamma_c}{T_H'}, \quad (2.23)$$

$$W_P = \frac{P_{на}}{T_H'}, \quad (2.24)$$

Розрахунок інтервалу руху автомобілів на маршруті визначаємо:

$$I = \frac{t_o}{A_M}, \text{ год} \quad (2.25)$$

На маршруті частоту руху автомобілів, що вимірюється в год⁻¹, є важливим показником, що відображає кількість поїздок, здійснюваних транспортними засобами за одиницю часу. Вона допомагає оцінити ефективність використання автопарку та планувати логістичні операції таким чином, щоб забезпечити максимальну продуктивність.

$$A_q = \frac{A_M}{t_0}, \text{ год}^{-1} \quad (2.26)$$

Висока частота руху автомобілів на маршруті свідчить про ефективне використання транспортних засобів, оскільки вони здійснюють більше поїздок за одиницю часу. Це дозволяє підвищити продуктивність логістичних операцій і забезпечити швидку та надійну доставку вантажів.

Частота руху автомобілів на маршруті є важливим індикатором ефективності транспортних операцій. Оптимізація цього показника дозволяє значно підвищити продуктивність автопарку, знизити витрати на перевезення та забезпечити високий рівень обслуговування клієнтів.

Для автомобілів, які працюють повний робочий день, показники T_M і T_H розраховуються на основі загального часу, проведеного на маршруті, і включають час на завантаження, розвантаження, рух до пункту призначення і повернення до бази. Ці показники дозволяють оцінити ефективність використання транспортного засобу протягом всього робочого дня.

Диференційований підхід до розрахунку показників для автомобілів, що працюють повний робочий день і частково, дозволяє більш точно оцінити

і оптимізувати використання транспортних засобів, забезпечуючи ефективне управління логістичними процесами.

$$T_m^{//} = z_o^{//} \cdot t_e - t_{ex'}, \quad (2.27)$$

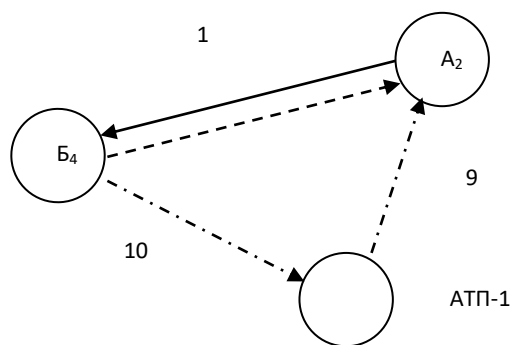
де $z^{//}$ - кількість оборотів для останнього автомобіля.

$$T_n' = z_m' + t_{нул}, \quad (2.28)$$

Усі розрахунки показників виконуються повністю та його результати об'єднуються у таблицю розрахункових даних з маршрутам. Як приклад наведено розрахунок техніко-експлуатаційних показників для маятникових маршрутів зі зворотними холостими та навантаженими пробігами, а також для одного кільцевого маршруту.

Маршрут №1

$$A_2 B_4 \cdot B_4 A_2 = 600 \text{ м}$$



Вихідні дані до першого маршруту:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 9 \text{ км},$$

$$q_n = 8,7 \text{ т}, \quad l_{02} = 10 \text{ км},$$

$$t_{н-р} = 0,5072 \text{ год}, \quad l_0 = 22 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км/год}, \quad l'_x = 11 \text{ км},$$

$$Q_{\text{дооб}} = 600 \text{ м},$$

$$T_m = 10 - (10 + 9)/30 = 9,37 \text{ год},$$

$$t_o = 22/30 + 0,5072 = 1,24 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,37 + 11/30)/1,24 = 7,85 \text{ год}, \quad Z' = 8,$$

$$T'_m = 8 \cdot 1,24 - 11/30 = 9,553 \text{ год},$$

$$T'_n = 9,553 + 19/30 = 10,19 \text{ год},$$

$$l_c = 22 \cdot 8 + 10 + 9 - 11 = 184 \text{ км},$$

$$V_e = 184/10,19 = 18,06 \text{ км/год},$$

$$A_x = 600/(8,7 \cdot 8) = 8,62 \approx 9; \quad A_c = 9/0,6 = 15;$$

$$\beta_{\text{об}} = 11/22 = 0,5; \quad \beta_m = 8 \cdot 11/(8 \cdot 11 - 11) = 0,53; \quad \beta_{3,м} = 8 \cdot 11/184 = 0,48;$$

$$\gamma_c = 1/1 = 1; \quad \gamma_\partial = 1 \cdot 11/11 = 1;$$

$$P_{3,м} = 600 \cdot 11 = 6600 \text{ ткм};$$

$$l_o = 11 \text{ км};$$

$$P_{на} = 8 \cdot 8,7 \cdot 11 = 765,6 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 8 \cdot 8,7/10,19 = 6,83 \text{ м}; \quad W_P = 765,6/10,19 = 75,13 \text{ ткм};$$

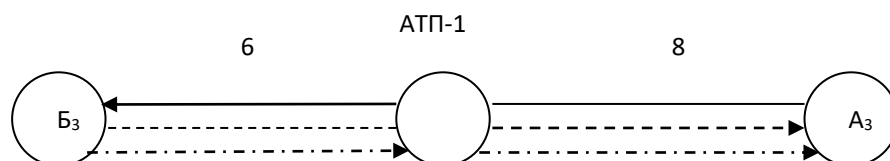
$$I = 1,24/9 = 0,137 \text{ год}; \quad A_u = 9/1,24 = 7,26 \text{ год}^{-1};$$

$$Z'' = 8 \cdot 0,62 = 4,96 \approx 5; \quad T''_m = 5 \cdot 1,24 - 11/30 = 5,83 \text{ год};$$

$$T''_n = 5,83 + 19/30 = 6,46 \text{ год};$$

Маршрут №2

$$A3B3 \cdot B3A3 = 400 \text{ м}$$

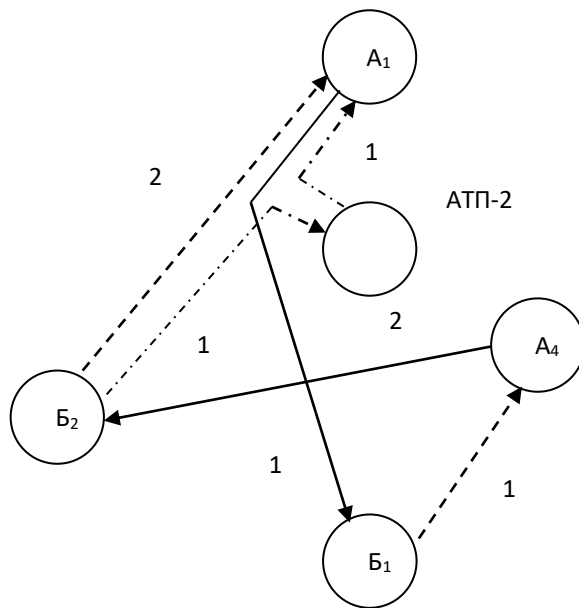


Вихідні дані до другого маршруту:

$$\begin{aligned}
T_n &= 10 \text{ зод}, & l_{01} &= 8 \text{ км}, \\
q_n &= 8,7 \text{ м}, & l_{02} &= 6 \text{ км}, \\
t_{n-p} &= 0,5072 \text{ зод}, & l_0 &= 28 \text{ км}, \\
V_m &= 30 \text{ км / зод}, & l'_x &= 14 \text{ км}, \\
Q_{\partial o \partial} &= 400 \text{ м}, \\
T_m &= 10 - (6 + 8) / 30 = 9,53 \text{ зод}, \\
t_o &= 28 / 30 + 0,5072 = 1,44 \text{ зод}, \\
Z_o &= (9,53 + 14 / 30) / 1,44 = 6,94 \text{ зод}, & Z' &= 7, \\
T'_m &= 7 \cdot 1,44 - 14 / 30 = 9,61 \text{ зод}, \\
T'_n &= 9,61 + 14 / 30 = 10 \text{ зод}, \\
l_c &= 7 \cdot 28 + 8 + 6 - 14 = 196 \text{ км}, \\
V_e &= 196 / 10 = 19,6 \text{ км / зод}, \\
A_x &= 400 / (8,7 \cdot 7) = 6,57 \approx 7; & A_c &= 7 / 0,6 = 12; \\
\beta_{o\partial} &= 14 / 28 = 0,5; & \beta_m &= 7 \cdot 14 / (28 \cdot 7 - 14) = 0,54; & \beta_{3M} &= 7 \cdot 18 / 196 = 0,5; \\
\gamma_c &= 1 / 1 = 1; & \gamma_\partial &= 1 \cdot 14 / 14 = 1; \\
P_{3M} &= 400 \cdot 14 = 5600 \text{ ткм}; \\
l_o &= 14 \text{ км}; \\
P_{na} &= 7 \cdot 8,7 \cdot 1 \cdot 14 = 852,6 \text{ ткм}; \\
W_Q &= 7 \cdot 8,7 \cdot 1 / 10 = 6,09 \text{ м}; & W_P &= 825,6 / 10 = 85,26 \text{ ткм}; \\
I &= 1,44 / 7 = 0,206 \text{ зод}; & A_u &= 7 / 1,44 = 4,86 \text{ зод}^{-1}; \\
Z'' &= 7 \cdot 0,57 = 3,99 \approx 4; & T''_m &= 4 \cdot 1,44 - 14 / 30 = 5,29 \text{ зод}; \\
T''_n &= 5,29 + 14 / 30 = 1,81 \text{ зод};
\end{aligned}$$

Маршрут №3

$$A1B1 \cdot B1A4 \cdot A4B2 \cdot B2A1 = 200 \text{ м}$$



Вихідні дані до третього маршруту:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 11 \text{ км},$$

$$q_n = 8,7 \text{ т}, \quad l_{02} = 18 \text{ км},$$

$$t_{n-p} = 0,5072 \text{ год}, \quad l_0 = 61 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км/год}, \quad l'_x = 25 \text{ км},$$

$$Q_{\text{дооб}} = 400 \text{ т},$$

$$T_m = 10 - (11 + 18)/30 = 9,03 \text{ год},$$

$$t_o = 61/30 + 2 \cdot 0,5072 = 3,05 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,03 + 25/30)/3,05 = 3,24 \text{ год}, \quad Z' = 4,$$

$$T'_m = 4 \cdot 3,05 - 25/30 = 11,37 \text{ год},$$

$$T'_n = 11,37 + 29/30 = 12,34 \text{ год},$$

$$l_c = 61 \cdot 4 + 11 + 18 - 25 = 248 \text{ км},$$

$$V_e = 248/12,34 = 20,1 \text{ км/год},$$

$$A_x = 400/(2 \cdot 8,7 \cdot 4) = 5,75 \approx 6; \quad A_c = 6/0,6 = 10;$$

$$\beta_{o\bar{o}} = 10/20 = 0,5; \quad \beta_m = 11 \cdot 10/(20 \cdot 11 - 10) = 0,5; \quad \beta_{3M} = 10 \cdot 11/220 = 0,5;$$

$$\gamma_c = \gamma_{\bar{o}} = 1;$$

$$P_{3M} = 200 \cdot 14 + 200 \cdot 21 = 7000 \text{ ткм};$$

$$l_o = \frac{7000}{400} = 17,5 \text{ км};$$

$$P_{на} = 4 \cdot 8,7 \cdot (1 \cdot 14 + 1 \cdot 21) = 1218 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 4 \cdot 8,7 \cdot 2 / 12,34 = 5,64 \text{ м}; \quad W_P = 1238 / 12,34 = 98,7 \text{ ткм};$$

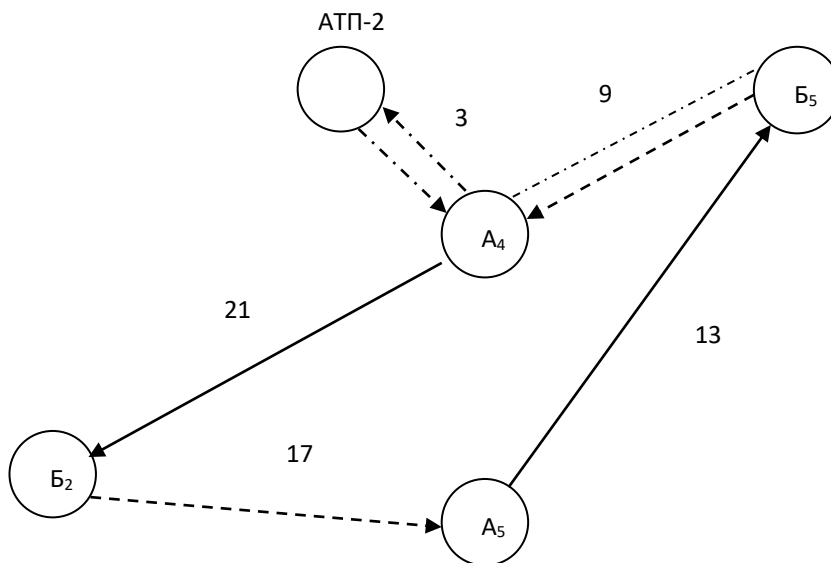
$$I = 3,05 / 6 = 0,508 \text{ год}; \quad A_u = 6 / 3,05 = 1,967 \text{ год}^{-1};$$

$$Z'' = 4 \cdot 0,75 = 3; \quad T_m'' = 3 \cdot 3,05 - 25 / 30 = 8,32 \text{ год};$$

$$T_n'' = 8,32 + 29 / 30 = 9,29 \text{ год};$$

Маршрут №4

$$A_4 B_2 \cdot B_2 A_5 \cdot A_5 B_5 \cdot B_5 A_4 = 450 \text{ м}$$



Вихідні дані до четвертого маршруту:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 3 \text{ км},$$

$$q_n = 8,7 \text{ м}, \quad l_{02} = 12 \text{ км},$$

$$t_{н-р} = 0,5072 \text{ год}, \quad l_0 = 60 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км} / \text{год}, \quad l'_x = 9 \text{ км},$$

$$Q_{\text{доо}} = 900 \text{ м},$$

$$T_m = 10 - (3 + 12) / 30 = 9,5 \text{ год},$$

$$t_o = 60 / 30 + 2 \cdot 0,5072 = 3,01 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,5 + 9 / 30) / 3,01 = 3,26 \text{ год}, \quad Z' = 4,$$

$$T'_m = 4 \cdot 3,01 - 9 / 30 = 11,74 \text{ год},$$

$$T'_n = 11,74 + 15 / 30 = 12,24 \text{ год},$$

$$l_c = 60 \cdot 4 + 3 + 12 - 9 = 246 \text{ км},$$

$$V_e = 246 / 12,24 = 20,1 \text{ км} / \text{год},$$

$$A_x = 900 / (2 \cdot 8,7 \cdot 4) = 12,93 \approx 13; \quad A_c = 13 / 0,6 = 22;$$

$$\beta_{\text{доо}} = 34 / 60 = 0,57; \quad \beta_m = 4 \cdot 34 / (60 \cdot 4 - 9) = 0,59; \quad \beta_{3M} = 34 \cdot 4 / 246 = 0,55;$$

$$\gamma_c = \gamma_d = 1;$$

$$P_{3M} = 450 \cdot 21 + 450 \cdot 13 = 15300 \text{ ткм};$$

$$l_o = \frac{15300}{900} = 17 \text{ км};$$

$$P_{\text{на}} = 4 \cdot 8,7 \cdot (1 \cdot 21 + 1 \cdot 13) = 1183,2 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 4 \cdot 8,7 \cdot 2 / 12,24 = 5,69 \text{ м}; \quad W_P = 1183,2 / 12,24 = 96,67 \text{ ткм};$$

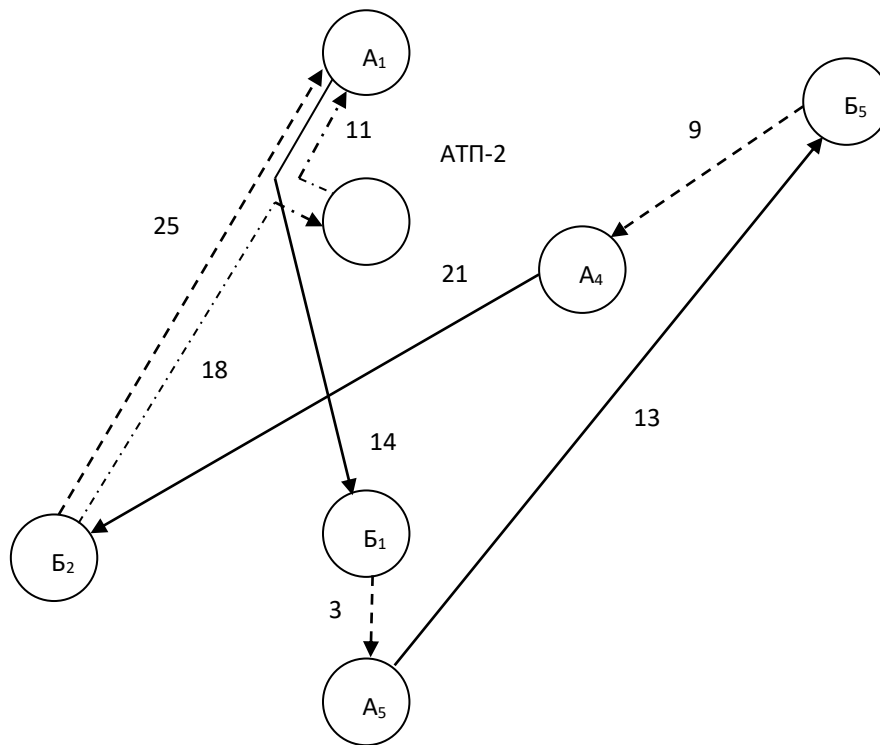
$$I = 3,01 / 13 = 0,232 \text{ год}; \quad A_q = 13 / 3,01 = 4,32 \text{ год}^{-1};$$

$$Z'' = 4 \cdot 0,93 = 3,72 \approx 4; \quad T''_m = 4 \cdot 3,01 - 9 / 30 = 11,74 \text{ год};$$

$$T''_n = 11,74 + 15 / 30 = 12,24 \text{ год};$$

Маршрут №5

$$A1B1 \cdot B1A5 \cdot A5B5 \cdot B5A4 \cdot A4B2 \cdot B2A1 = 800 \text{ м}$$



Вихідні дані до п'ятого маршруту:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 11 \text{ км},$$

$$q_n = 8,7 \text{ т}, \quad l_{02} = 18 \text{ км},$$

$$t_{n-p} = 0,5072 \text{ год}, \quad l_0 = 85 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км / год}, \quad l'_x = 25 \text{ км},$$

$$Q_{дооб} = 2400 \text{ т},$$

$$T_m = 10 - (18 + 11) / 30 = 9,03 \text{ год},$$

$$t_o = 85 / 30 + 3 \cdot 0,5072 = 4,35 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,03 + 25 / 30) / 4,35 = 2,27 \text{ год}, \quad Z' = 3,$$

$$T'_m = 3 \cdot 4,35 - 25 / 30 = 12,22 \text{ год},$$

$$T'_n = 12,22 + 29 / 30 = 13,19 \text{ год},$$

$$l_c = 85 \cdot 3 + 11 + 18 - 25 = 259 \text{ км},$$

$$V_e = 259 / 13,19 = 19,6 \text{ км / год},$$

$$A_x = 2400 / (3 \cdot 8,7 \cdot 3) = 30,65 \approx 31; \quad A_c = 31 / 0,6 = 52;$$

$$\beta_{об} = 48/85 = 0,56; \quad \beta_m = 3 \cdot 48 / (85 \cdot 3 - 25) = 0,63;$$

$$\beta_{з.м} = 48 \cdot 3 / 259 = 0,56;$$

$$\gamma_c = \gamma_d = 1;$$

$$P_{з.м} = 800 \cdot 14 + 800 \cdot 13 + 800 \cdot 21 = 38400 \text{ ткм};$$

$$l_o = \frac{38400}{2400} = 16 \text{ км};$$

$$P_{на} = 3 \cdot 8,7 \cdot (1 \cdot 14 + 1 \cdot 13 + 1 \cdot 21) = 1252,8 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 3 \cdot 8,7 \cdot 3 / 13,19 = 5,94 \text{ т}; \quad W_P = 1252,8 / 13,19 = 94,98 \text{ ткм};$$

$$I = 4,35 / 31 = 0,14 \text{ год}; \quad A_u = 31 / 4,35 = 7,31 \text{ год}^{-1};$$

$$Z'' = 3 \cdot 0,65 = 1,95 \approx 2; \quad T_m'' = 2 \cdot 4,35 - 25 / 30 = 7,87 \text{ год};$$

$$T_u'' = 7,87 + 29 / 30 = 4,24 \text{ год};$$

Розрахунки техніко-експлуатаційних показників по маршрутах зводимо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункові дані по маршрутах

Маршрут		К-сть т, перевезень на маршруті	Пробіг ТЗ за оберт, км		К-сть обертів (ізлок) за зміну, км			Пробіг автомобіля за зміну, км		$\beta_{об}$ $\beta_{мз}$ $\beta_{мв}$	К-сть авто-мобілів, А	$T'_{мз}$ год	$T''_{мз}$ год	$T'_{мв}$ год	$T''_{мв}$ год
звідки	куда		з вантаж.	без вантаж.	одного авто	кільчено-го авто	з вантаж.	без вантаж.							
АТП-1	А2	-	-	-			-	9							
	А2 Б4	600	11	-			88	-	0,5						
	Б4 А2	-	-	11			-	77	0,53	9	9,553	10,19	5,83	6,46	
	АТП-Б4	1	-	-			-	10	0,48						
Всього:		600	11	11	8	5	88	96							
АТП-1	А3	-	-	-			-	8							
	А3 Б3	400	14	-			98	-	0,5						
	Б3 А3	-	-	14			-	84	0,54	7	9,61	10	5,29	5,76	
	АТП-Б3	1	-	-			-	6	0,5						
Всього:		400	14	14	7	4	98	98							
АТП-2	А1	-	-	-			-	11							
	А1 Б1	200	14	-			56	-							
	Б1 А4	-	-	1			-	4	0,57						
	А4 Б2	200	21	-			84	-	0,64	6	11,37	12,34	8,32	9,29	
	Б2 А1	-	-	25			-	75	0,56						
	АТП-Б2	2	-	-			-	18							
Всього:		400	35	26	4	3	140	108							
АТП-2	А4	-	-	-			-	3							
	А4 Б2	450	21	-			84	-							
	Б2 А5	-	-	17			-	68	0,57						
	А5 Б5	4500	13	-			52	-	0,59	13	11,74	12,24	11,74	12,24	
	Б5 А4	-	-	9			-	27	0,55						
	АТП-Б5	2	-	-			-	12							
Всього:		900	34	26	4	4	136	110							

Продовження таблиці 2.5

АП-2	А1	-	-	-			-	11						
А1	Б1	800	14	-			42	-						
Б1	А5	-	-	3			-	9						
А5	Б5	800	13	-			39	-	0,56					
Б5	А4	-	-	9			-	27	0,63	31	12,21	13,19	7,87	8,48
А4	Б2	800	21	-			63	-	0,56					
Б2	А1	-	-	25			-	50						
Б2	АП-2	-	-	-			-	18						
Всього:		2400	48	37	3	2	144	115						
ВСЬОГО:		4700	142	114			606	527		66				

За результатами таблиці 2.5 далі виконуємо розрахунки середніх показників роботи автомобіля на всіх маршрутах:

- визначення середньої відстані перевезень

$$\bar{l}_{пер} = \frac{\sum_{i=1}^k (P_{змі} \cdot D_{p_i})}{\sum_{i=1}^k (Q_{дооб_i} \cdot D_{p_i})}; \quad (2.29)$$

$$\bar{l}_{пер} = \frac{(6600 + 5600 + 7000 + 15300 + 38400)}{(600 + 400 + 400 + 900 + 2400)} = 15,5 \text{ км};$$

- формула для визначення середнього коефіцієнта використання пробігу

$$\bar{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^k ((l_{ван_i} \cdot (A_{x_i} - 1) + l''_{ван_i}) \cdot D_{\kappa_i})}{\sum_{i=1}^k ((l_c \cdot (A_x - 1) + l''_c) \cdot D_{\kappa_i})}; \quad (2.30)$$

$$\begin{aligned}\bar{\beta} &= \frac{(88 \cdot 8 + 11 \cdot 5 + 98 \cdot 6 + 14 \cdot 4 + 140 \cdot 5 + 35 \cdot 3 + 136 \cdot 12 + 34 \cdot 4 + 144 \cdot 30 + 48 \cdot 2)}{(184 \cdot 8 + 22 \cdot 5 + 8 + 196 \cdot 6 + 28 \cdot 4 + 248 \cdot 5 + 61 \cdot 3 + 4 + 246 \cdot 12 + 60 \cdot 4 + 6 + 259 \cdot 30 + 85 \cdot 2 + 4)} = \\ &= \frac{8392}{15447} = 0,54;\end{aligned}$$

- за формулою 2.31 знаходимо середній час перебування в наряді

$$\bar{T}_n = \frac{\sum_{i=1}^k ((T'_{n_i} \cdot (A_{x_i} - 1) + T''_{n_i}) \cdot D_{\kappa_i})}{\sum_{i=1}^k (A_{x_i} \cdot D_{\kappa_i})} \quad (2.31)$$

Після підстановки значень, отримаємо

$$\begin{aligned}T_n &= \frac{(10,19 \cdot 8 + 6,46 + 10 \cdot 6 + 5,76 + 12,34 \cdot 5 + 9,29 + 12,24 \cdot 13 + 13,19 \cdot 30 + 8,84)}{66} = \\ &= \frac{788,39}{66} 11,95 \text{ год};\end{aligned}$$

- за наступною формулою визначаємо середню експлуатаційну швидкість

$$\bar{V}_e = \frac{\sum_{i=1}^k ((l_{c_i} \cdot (A_{x_i} - 1) + l''_{c_i}) \cdot D_{\kappa_i})}{\sum_{i=1}^k ((T'_{n_i} \cdot (A_x - 1) + T''_{n_i}) \cdot D_{\kappa_i})}; \quad (2.32)$$

Отримуємо

$$\bar{V}_e = \frac{15447}{788,39} = 19,59 \text{ км/год};$$

- розраховуємо середньодобовий пробіг за формулою 2.33

$$\bar{l}_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^k ((l_{c_i} \cdot (A_{x_i} - 1) + l_{c_i}^{\prime\prime}) \cdot D_{p_i})}{\sum_{i=1}^k (A_{x_i} \cdot D_{p_i})} \quad (2.33)$$

Після розрахунку середньодобовий пробіг становить

$$\bar{l}_{cc} = \frac{15447}{66} = 234,05 \text{ км/год};$$

- розрахунок коефіцієнта використання вантажопідйомності

$$\gamma_{\partial} = \frac{\sum_{i=1}^k (P_{зм_i} \cdot D_{\kappa_i})}{\sum_{i=1}^k (q_{н_i} \cdot l_{ван_i} \cdot (z_{o_i} \cdot (A_{x_i} - 1) + z_{o_i}^{\prime\prime}) \cdot D_{\kappa_i})}; \quad (2.34)$$

$$\gamma_{\partial} = \frac{72900}{72900} = 1;$$

- розрахунок середньої продуктивності на одну автомобіле-годину в наряді

$$\bar{W}_{AGH} = \frac{\sum_{i=1}^k (P_{зм_i} \cdot D_{\kappa_i})}{\sum_{i=1}^k ((T_{н_i}^{\prime\prime} \cdot (A_{x_i} - 1) + T_{н_i}^{\prime\prime}) \cdot D_{\kappa_i})}; \quad (2.35)$$

Середня продуктивність на одну автомобіле-годину в наряді становитиме

$$\bar{W}_{AGH} = \frac{72900}{788,39} = 92,47 \text{ ткм/АГ};$$

- розрахунок середньої продуктивності на одну автомобіле-тонно-день роботи

$$\bar{W}_{ATD} = \frac{\sum_{i=1}^k (P_{зМ_i} \cdot D_{к_i})}{\sum_{i=1}^k (A_{х_i} \cdot D_{к_i})}; \quad (2.36)$$

$$\bar{W}_{ATD} = \frac{72900}{66 \cdot 8,7} = 126,96 \text{ ткм/ АТ.}$$

Для створення першого раціонального маршруту було розроблено графік роботи рухомого складу, що демонструє всі аспекти транспортного процесу у візуальному форматі. Графік представлений у вигляді графа, розташованого в системі координат, де на осі абсцис відображено час (у встановленому масштабі), включаючи час руху та зупинок рухомого складу, а на осі ординат – відстань, що подолається між зупинками. Візуально ділянки руху маршруту представлені нахиленими лініями, тоді як періоди простою показані горизонтальними смугами. Цей підхід дозволяє чітко і наочно спостерігати за ходом транспортування в реальному часі та планувати оптимізацію маршрутів із мінімальними затратами часу на зупинки.

2.4 Побудова епюр та схем вантажопотоків

Для ефективного визначення оптимальних шляхів транспортування вантажів, важливо глибоко аналізувати та оцінювати всі доступні потоки вантажів. Такі потоки означають обсяг вантажів, що переміщуються в заданому напрямку протягом визначеного часового проміжку, і вони мають характеристики такі як вага, склад, маршрут та час перевезення.

Для дослідження вантажопотоків використовуються матричні таблиці, що містять дані про обмін вантажами між пунктами їх виробництва та споживання. Вантажопотоки також можуть візуалізуватися через діаграми або графіки вантажопотоків.

У складних транспортних мережах, де маршрути розгалужені, вантажопотоки можна представити на картограмах. Створення таких картограм базується на аналізі дорожньої мережі, включаючи маршрути, які не зазначені у стандартній матриці.

Ці картограми дозволяють не лише візуально представити вантажопотоки, але й ефективно оцінити потенційні затори та оптимізувати логістичні маршрути. Крім того, таке візуальне представлення допомагає краще розуміти географічний розподіл вантажопотоків та забезпечує зручний інструмент для планування та прийняття стратегічних рішень у сфері логістики.

Аналіз вантажопотоків є ключовим у розробці більш ефективних і економічно вигідних транспортних стратегій. Це не тільки сприяє зниженню витрат на транспортування, але й забезпечує більш стабільне та надійне постачання, знижуючи ризики пов'язані з логістичними перебоями.

Застосування цих методів аналізу та візуалізації вантажопотоків стимулює більш обґрунтоване прийняття рішень у сфері управління ланцюгами постачання, сприяючи розвитку ефективних логістичних рішень, що відповідають сучасним викликам ринку.

Епюри та картограми забезпечують зручне візуальне представлення логістики перевезень, що є критично важливим для розробки ефективних транспортних маршрутів. Ці інструменти допомагають оптимізувати рух транспорту та планування вантажних операцій.

Для створення картограми вантажопотоків спочатку визначають відстані між вантажними пунктами, використовуючи карту дорожньої мережі. Після цього обраховують обсяги вантажопотоків між кожною парою пунктів. Вибір масштабу для числових значень вантажів дозволяє точно

нанести вантажопотоки на схему, де ширина ліній відображає інтенсивність потоків залежно від обраного масштабу.

Об'єми вантажів, які переміщуються між пунктами, детально описані в таблиці 2.6, що включає дані про масу перевезеного вантажу. Це дозволяє забезпечити більш точне і обґрунтоване планування маршрутів, враховуючи поточні потреби і особливості вантажопотоків.

Таблиця 2.6 – Вантажі, що перевозяться одним типом рухомого складу

Вантажопотоки		Вид вантажу	Об'єм перевезень, т	Клас вантажу
З пункту	В пункт			
A1	A3	пісок	500	1
A1	B1	асбест навалом	750	2
B1	A5	пісок	250	1
B1	A1	щебінь	1200	1

Таблиця 2.7 – Підготовка вихідних даних для маршрутизації перевезень вантажів

Пункт відправлення	Пункт одержання	Перевезення за видами вантажу		Коефіцієнт використання вантажопідйомності для даного вантажу, γ	Обсяг перевезень приведений до 1-го класу вантажу X'_{ijk} , т
		Вид вантажу	Об'єм перевезень Q_{ijk} , т		
A1	A3	пісок	500	1	500
B1	A5		250		250
A1	B1	асбест навалом	750	0,8	937,5
B1	A1	щебінь	1200	1	1200

Після створення картограми вантажопотоків, було розроблено маршрути на її основі, створено епюри вантажопотоків, вибрано відповідний тип транспортного засобу та проведено розрахунки техніко-експлуатаційних характеристик. Результати відображені у формі таблиць.

У рамках кваліфікаційної роботи були розроблені маятникові маршрути, що включають як завантажені, так і порожні поїздки. Транспортування здійснюється за допомогою самоскиду КаМАЗ – 55111 з вантажопідйомністю 13 тонн, а завантаження та розвантаження вантажів виконується механізованим способом. Це дозволяє оптимізувати вантажні потоки та підвищити ефективність транспортування.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд самоскиду КаМАЗ – 55111

Тоді час затримки на завантаження та розвантаження визначається наступним чином: для піску та щебеню: $t_{н-р} = (0,007 \cdot 13)/1 = 0,091 год$. Для асбесту навалом: $t_{н-р} = (0,007 \cdot 13)/0,8 = 0,114 год$ години. Прикріплення до автотранспортного підприємства (АТП) детально викладено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок скорегованих нульових пробігів

№ маршруту	Пункти маршруту		Автотранспортні підприємства											
	Початковий	Кінцевий	АТП №1				АТП №2				АТП №3			
			l_{1i}	l_{j1}	l_{ji}	$\Delta_1 l_{ji}$	l_{2i}	l_{j2}	l_{ji}	$\Delta_2 l_{ji}$	l_{3i}	l_{j3}	l_{ji}	$\Delta_3 l_{ji}$
М6	А1	А3	17	8	9	16	11	2	9	4	21	12	9	24
М7	А1	А1	17	17	0	34	11	11	0	22	21	21	0	42
	Б1	Б1	13	13	0	26	4	4	0	8	7	7	0	14
М8	Б1	А1	13	17	14	16	4	11	14	1	7	21	14	14
М9	Б1	А5	13	16	3	26	4	7	3	8	7	10	3	14

Маршрут № 6 (АТП №2)

$A1A3 \cdot A3A1$

Маршрут № 7 (АТП №2)

$B1A1 \cdot A1B1$

Маршрут № 8 (АТП №2)

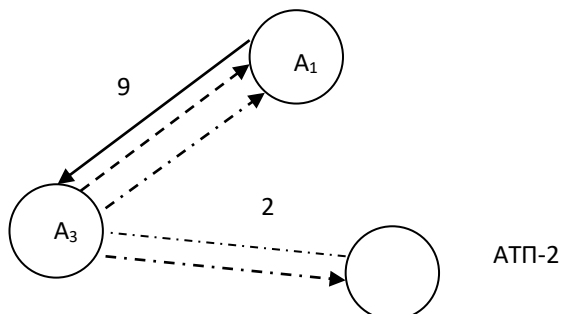
$B1A1 \cdot A1B1$

Маршрут № 9 (АТП №2)

$B1A5 \cdot A5B1$

Маршрут № 6

$A1A3 \cdot A3A1 = 500 m$



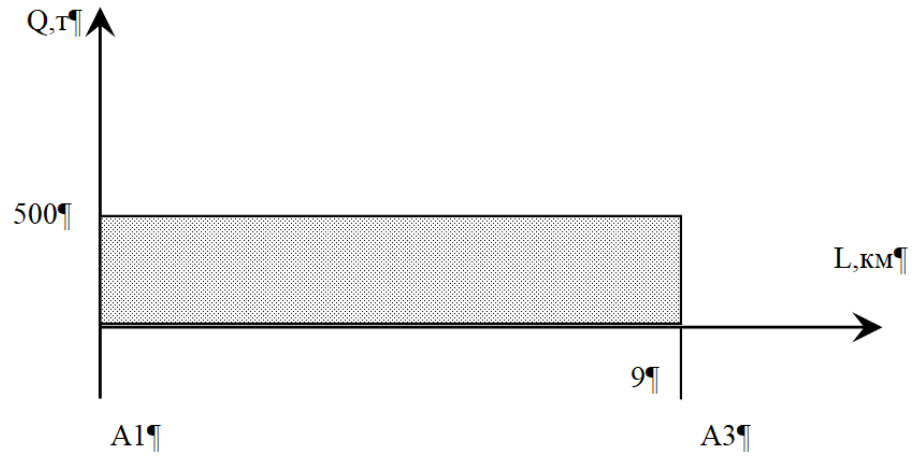
Вихідні дані:

$T_n = 10 год,$

$l_{01} = 11 км,$

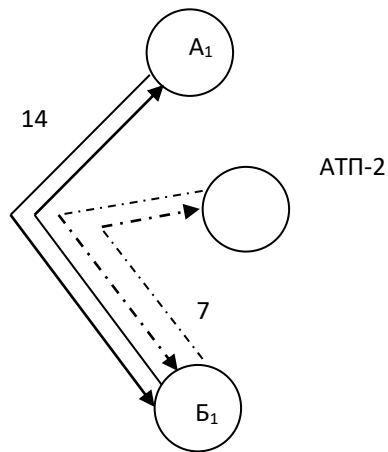
$$\begin{aligned}
q_n &= 13 \text{ m}, & l_{02} &= 2 \text{ км}, \\
t_{n-p} &= 0,091 \text{ год}, & l_0 &= 18 \text{ км}, \\
V_m &= 30 \text{ км/год}, & l'_x &= 9 \text{ км}, \\
Q_{\text{дооб}} &= 500 \text{ m}, \\
T_m &= 10 - (11 + 2)/30 = 9,57 \text{ год}, \\
t_o &= 18/30 + 0,091 = 0,69 \text{ год}, \\
Z_o &= (9,57 + 9/30)/0,69 = 14,3 \text{ год}, & Z' &= 15, \\
T'_m &= 15 \cdot 0,69 - 9/30 = 10,05 \text{ год}, \\
T'_n &= 10,05 + 13/30 = 10,48 \text{ год}, \\
l_c &= 18 \cdot 15 + 11 + 2 - 9 = 274 \text{ км}, \\
V_e &= 274/10,48 = 26,15 \text{ км/год}, \\
A_x &= 500/(1 \cdot 13 \cdot 15) = 2,56 \approx 3; & A_c &= 3/0,6 = 5; \\
\beta_{\text{об}} &= 0,5; & \beta_m &= 15 \cdot 9/(18 \cdot 15 - 9) = 0,52; & \beta_{3m} &= 15 \cdot 9/274 = 0,49; \\
\gamma_c &= \gamma_d = 1; \\
P_{3m} &= 500 \cdot 9 = 4500 \text{ ткм}; \\
l_o &= 9 \text{ км}; \\
P_{na} &= 15 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 9 = 1755 \text{ ткм}; \\
W_Q &= 15 \cdot 13 \cdot 1/10,8 = 18,61 \text{ m}; & W_P &= 1755/10,48 = 167,46 \text{ ткм}; \\
I &= 0,69/3 = 0,23 \text{ год}; & A_q &= 3/0,69 = 4,35 \text{ год}^{-1}; \\
Z'' &= 15 \cdot 0,56 = 8,4 \approx 9; & T''_m &= 9 \cdot 0,69 - 9/30 = 5,91 \text{ год}; \\
T''_n &= 5,91 + 13/30 = 6,34 \text{ год};
\end{aligned}$$

Пісок 



Маршрут № 7

$$B_1A_1 \cdot A_1B_1 = 937,5 m$$



Вихідні дані:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 7 \text{ км},$$

$$q_n = 13 m, \quad l_{02} = 7 \text{ км},$$

$$t_{n-p1} = 0,091 \text{ год}, \quad l_0 = 28 \text{ км},$$

$$t_{n-p2} = 0,114 \text{ год},$$

$$V_m = 30 \text{ км / год}, \quad l'_x = 0 \text{ км},$$

$$Q_{\text{доб}} = 1687,5 m,$$

$$T_m = 10 - 14/30 = 9,53 \text{ год},$$

$$t_o = 28/30 + 0,091 + 0,114 = 1,14 \text{ год},$$

$$Z_o = 9,53/1,14 = 8,38 \text{ год}, \quad Z' = 9,$$

$$T'_m = 9 \cdot 1,14 = 10,26 \text{ год},$$

$$T'_n = 10,26 + 14/30 = 10,73 \text{ год},$$

$$l_c = 28 \cdot 9 + 14 = 266 \text{ км},$$

$$V_e = 266 / 10,73 = 24,8 \text{ км/год},$$

$$A_x = 1687,5 / (1,8 \cdot 13 \cdot 9) = 8,01 \approx 9; \quad A_c = 9 / 0,6 = 15;$$

$$\beta_{ob} = \frac{28}{28} = 1; \quad \beta_m = 9 \cdot 28 / (28 \cdot 9) = 1; \quad \beta_{3m} = 9 \cdot 28 / 266 = 0,95;$$

$$\gamma_c = (1 + 0,8) / 2 = 0,9; \quad \gamma_d = (1 \cdot 14 + 0,8 \cdot 14) / 28 = 0,9;$$

$$P_{3m} = 1687,5 \cdot 14 = 23625 \text{ ткм};$$

$$l_o = 14 \text{ км};$$

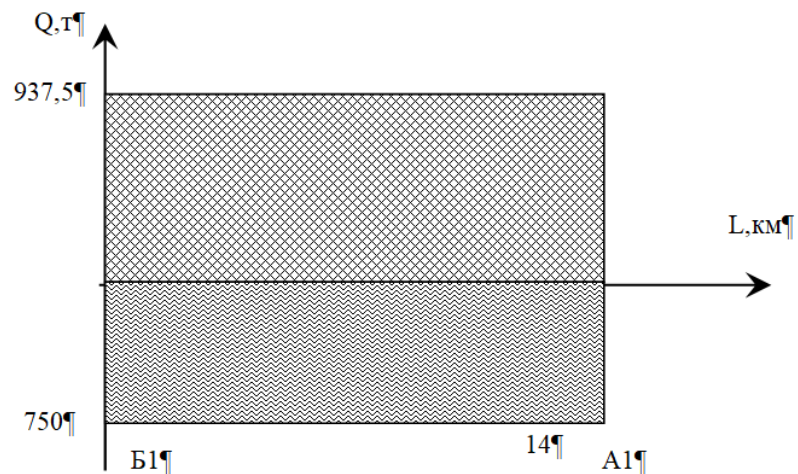
$$P_{na} = 9 \cdot 13 \cdot 1,8 \cdot 14 = 2948,4 \text{ ткм};$$


$$W_Q = 9 \cdot 13 \cdot 1,8 / 10,73 = 19,63 \text{ т}; \quad W_P = 2948,4 / 10,73 = 274,78 \text{ ткм};$$


$$I = 1,14 / 9 = 0,127 \text{ год}; \quad A_y = 9 / 1,14 = 7,89 \text{ год}^{-1};$$

$$Z'' = 9 \cdot 0,01 = 0,09 \approx 1; \quad T''_m = 1 \cdot 1,14 = 1,14 \text{ год};$$

$$T''_n = 1,14 + 14/30 = 1,61 \text{ год};$$

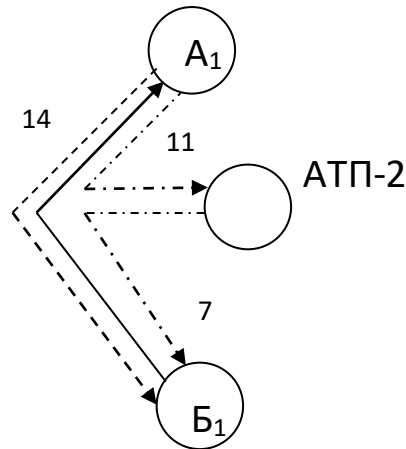


 - асбест

 - щебінь

Маршрут № 8

$$B_1A_1 \cdot A_1B_1 = 262,5 m$$



Вихідні дані:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 7 \text{ км},$$

$$q_n = 13 m, \quad l_{02} = 11 \text{ км},$$

$$t_{n-p} = 0,091 \text{ год}, \quad l_0 = 28 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км / год}, \quad l'_x = 14 \text{ км},$$

$$Q_{дооб} = 262,5 m,$$

$$T_m = 10 - (7 + 11) / 30 = 9,4 \text{ год},$$

$$t_o = 28 / 30 + 0,091 = 1,02 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,4 + 14 / 30) / 1,02 = 9,67 \text{ год}, \quad Z' = 10,$$

$$T'_m = 10 \cdot 1,02 = 10,2 \text{ год},$$

$$T'_n = 10,2 + 18 / 30 = 10,8 \text{ год},$$

$$l_c = 28 \cdot 10 + 7 + 11 - 14 = 284 \text{ км},$$

$$V_e = 284 / 10,8 = 26,3 \text{ км / год},$$

$$A_x = 262,5 / (1 \cdot 13 \cdot 10) = 2,02 \approx 3; \quad A_c = 3 / 0,6 = 5;$$

$$\beta_{об} = \frac{14}{28} = 1; \quad \beta_m = 10 \cdot 14 / (28 \cdot 10 - 14) = 0,53; \quad \beta_{3M} = 10 \cdot 14 / 284 = 0,49;$$

$$\gamma_c = \gamma_o = 1;$$

$$P_{3M} = 262,5 \cdot 14 = 3675 \text{ ткм};$$

$$l_o = 14 \text{ км};$$

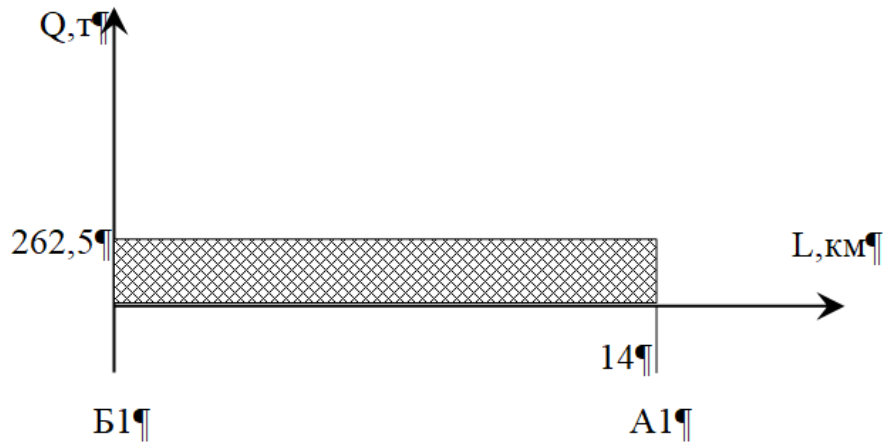
$$P_{na} = 10 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 14 = 1820 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 10 \cdot 13 \cdot 1 / 10,8 = 12,04 \text{ т}; \quad W_P = 1820 / 10,8 = 168,52 \text{ ткм};$$

$$I = 1,02 / 3 = 0,34 \text{ год}; \quad A_q = 3 / 1,02 = 2,94 \text{ ч}^{-1};$$

$$Z'' = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \approx 1; \quad T_m'' = 1 \cdot 1,02 = 1,02 \text{ год};$$

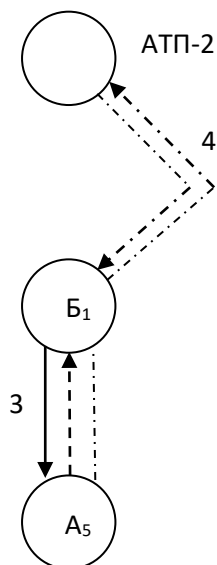
$$T_h'' = 1,02 + 18 / 30 = 1,62 \text{ год};$$



 - щебінь

Маршрут № 9

$$B1A5 \cdot A5B1 = 250 \text{ т}$$



Вихідні дані:

$$T_n = 10 \text{ год}, \quad l_{01} = 4 \text{ км},$$

$$q_n = 13 \text{ м}, \quad l_{02} = 7 \text{ км},$$

$$t_{n-p} = 0,091 \text{ год}, \quad l_0 = 6 \text{ км},$$

$$V_m = 30 \text{ км/год}, \quad l'_x = 3 \text{ км},$$

$$Q_{\text{доб}} = 250 \text{ м},$$

$$T_m = 10 - (4 + 7)/30 = 9,63 \text{ год},$$

$$t_o = 6/30 + 0,091 = 0,29 \text{ год},$$

$$Z_o = (9,63 + 3/30)/0,29 = 33,55 \text{ год}, \quad Z' = 34,$$

$$T'_m = 34 \cdot 0,29 - 3/30 = 9,76 \text{ год},$$

$$T'_n = 9,76 + 11/30 = 10,13 \text{ год},$$

$$l_c = 6 \cdot 34 + 4 + 7 - 3 = 212 \text{ км},$$

$$V_e = 212/10,13 = 20,93 \text{ км/год},$$

$$A_x = 250/(1 \cdot 13 \cdot 34) = 0,57 \approx 1; \quad A_c = 1/0,6 = 1,67 \approx 2;$$

$$\beta_{o\delta} = 0,5; \quad \beta_m = 34 \cdot 3/(34 \cdot 6 - 3) = 0,51; \quad \beta_{3m} = 34 \cdot 3/212 = 0,48;$$

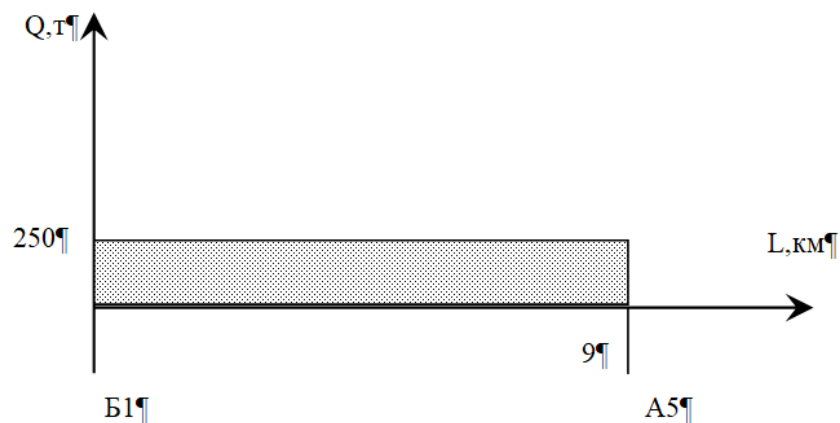
$$\gamma_c = \gamma_\delta = 1;$$

$$P_{3m} = 250 \cdot 3 = 750 \text{ ткм};$$

$$l_o = 3 \text{ км};$$

$$P_{na} = 34 \cdot 13 \cdot 1 \cdot 3 = 1326 \text{ ткм};$$

$$W_Q = 34 \cdot 13 \cdot 1/10,13 = 43,63 \text{ м}; \quad W_P = 1326/10,13 = 130,9 \text{ ткм};$$



 - пісок

Таблиця 2.9 – Розрахункові дані за розробленими маршрутами

Маршрут		Кількість т, що перевозяться за маршрутом	Пробіг авто за оборот, км		Кількість оборотів (іздок) за зміну, км			Пробіг автомобіля за зміну, км		$\beta_{об.}$ $\beta_{м.}$ $\beta_{зм}$	К-сть авто, А	$T'_{м.}$ год	$T'_{н.}$ год	$T''_{м.}$ год	$T''_{н.}$ год
звідки	куди		з вантаж.	без вантаж.	одного ТЗ	останнього ТЗ	го ТЗ	з вантаж.	без вантаж.						
АТП-2	А1	-	-	-			-	11	0,5 0,52 0,49	3	10,05	10,48	5,91	6,34	
А1	А3	500	9	-			135	-							
А3	А1	-	-	9			-	126							
А3	АТП-1	-	-	-			-	2							
Всього:		500	9	9	15	9	135	139							
АТП-2	Б1	-	-	-			-	7	1 1 0,95	9	10,26	10,73	1,14	1,61	
Б1	А1	937,5	14	-			126	-							
А1	Б1	750	14	-			126	-							
Б1	АТП-2	-	-	-			-	7							
Всього:		1687,5	28	-	9	1	252	14							
АТП-2	Б1	-	-	-			-	7	0,5 0,53 0,49	3	10,2	10,8	1,02	1,62	
Б1	А1	262,5	14	-			140	-							
А1	Б1	-	-	14			-	126							
А1	АТП-2	-	-	-			-	11							
Всього:		262,5	14	14	10	1	140	144							
АТП-2	Б1	-	-	-			-	4	0,5 0,51 0,48	1	9,76	10,13	-	-	
Б1	А5	250	3	-			102	-							
А5	Б1	-	-	3			-	99							
А5	АТП-2	-	-	-			-	7							
Всього:		250	3	3	34	-	102	110							
ВСЬОГО:		2700	54	26			629	407		16					

3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Контроль за станом охорони праці та техніки безпеки

Автомобільний транспорт є джерелом підвищеної небезпеки для життя і здоров'я людей. Ця проблема особливо загострилася в останні десятиліття унаслідок збільшення кількості автомобілів і інтенсивності їх експлуатації. На автомобільному транспорті відбувається різке зростання виробництва, збільшується чисельність працівників, діяльність яких пов'язана з експлуатацією автомобілів. В той же час підвищується енергоозброєність праці, широко застосовуються нові технології технічного обслуговування і ремонту рухомого складу автомобільного транспорту. У зв'язку з цим існує потреба в зниженні і запобіганні дії на людину несприятливих виробничих чинників, пов'язаних з експлуатацією, технічним обслуговуванням і ремонтом рухомого складу автомобільного транспорту.

В умовах ринкових стосунків між працедавцями і працівниками зростає важливість знання правової основи цих стосунків, а також прав, обов'язків і відповідальності як працедавців (організаторів виробництва), так і працівників. Це необхідно для правильної організації охорони праці, збереження життя, здоров'я і працездатності працівників і врешті для підвищення ефективності їх праці.

Контроль за станом охорони праці на автомобільному транспорті передбачає виявлення відхилень від стандартів, норм, правив, інструкцій і іншої нормативної документації по охороні праці, перевірку виконання органами управління і керівним складом своїх обов'язків в області охорони праці, умов праці, готовності виконавців до роботи, дотримання ними вимог

безпеки праці. На основі результатів контролю повинні прийматися заходи по усуненню виявлених недоліків.

На автомобільному транспорті застосовують наступні види контролю за станом охорони праці: оперативний; ступінчастий (адміністративно-суспільний); відомчий; суспільний; контроль, здійснюваний органами державного і відомчого нагляду.

Оперативний контроль за дотриманням вимог безпеки праці в ході роботи здійснюють керівники цих робіт. Контроль за виконанням функцій системи управління охороною праці на підлеглих підприємствах, в їх підрозділах і в організаціях (апараті управління) здійснюють керівники підприємств і організацій відповідно до посадових обов'язків.

Ступінчастий контроль за перебуванням охорони праці на підприємстві проводить адміністрація за участю профспілкового комітету відповідно до стандарту підприємства.

Відомчий контроль за станом охорони праці (комплексні і цільові перевірки) здійснюють відділення доріг, управління доріг і метрополітенів, головні управління і управління МПС. Цільові перевірки можуть проводити і керівники підприємств в підлеглих підрозділах.

Нагляд за правильністю виготовлення, установки і безпечною експлуатацією об'єктів котлонагляду, за технічним станом і забезпеченням безпечного обслуговування електроустановок, дотриманням правил безпеки при експлуатації газового устаткування, безпекою ведення гірських і вибухових робіт, дотриманням санітарно-гігієнічних норм і правил, законодавства про охорону праці здійснюють органи державного і відомчого нагляду, що діють відповідно до положень затвердженими в установленому порядку.

Контроль за діяльністю керівників підприємств і їх підрозділів в області охорони праці здійснює ЦК профспілки і технічна інспекція праці, що знаходиться в його підпорядкуванні, комісії і суспільні інспектори по охороні праці, суспільні санітарні інспектори.

За своїм змістом контроль повинен передбачати організацію та здійснення нагляду за:

- станом і функціонуванням СУОП у цілому на підприємстві і в підрозділах;
- рухом та виконанням строків і вказівок організаційно-розпорядчої документації;
- організацією та виконанням робіт безпосередньо на ділянках і робочих місцях.

Контроль за виконанням стандартів, вимог і норм повинен виконуватися:

- 1) на трьох рівнях: управлінському, організаційному, виконавчому;
- 2) на трьох стадіях виробничих процесів: перед початком роботи, в процесі її виконання, після закінчення роботи;
- 3) на трьох часових інтервалах: щодня (щозмінно), щомісячно, щоквартально.

3.2 Особливості реагування на надзвичайні ситуації на підприємствах

Як свідчить аналіз надзвичайних ситуацій за останні 5–8 років, значна кількість різноманітних надзвичайних ситуацій виникає на об'єктовому рівні. До нього належать і невеликі (малі) підприємства, установи, організації, заклади (далі - підприємства) з чисельністю працівників 50 осіб і менше у сфері виробництва, логістики, торгівлі, освіти та науки, медицини, розважальної індустрії тощо.

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів цих підприємств і

розміри заподіяної шкоди.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає:

планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;

розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;

підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;

забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Наведені вище заходи мають загальний характер, вони не повністю враховують специфіку діяльності конкретного підприємства, чисельність працівників, обсяг і вид виробництва тощо.

Основною особливістю дій малих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів.

Виходячи з цього, ст. 130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

Крім того, у сфері промислового виробництва до малих підприємств можуть бути віднесені і такі, де чисельність працівників перевищує 50 осіб. Інструкції для таких підприємств розробляються за рішенням відповідного

територіального органу Держслужби України з надзвичайних ситуацій.

Розроблена інструкція не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України.

Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис.

Крім Інструкції, на малому підприємстві розробляється План евакуації при пожежі або загрозі вибуху. Особливо це важливо для тих об'єктів, на території яких може знаходитись значна кількість відвідувачів.

Деякі конкретні заходи, не відображені в нормативних документах підприємства, потребують внесення до посадових інструкцій працівників. Крім того, на малому підприємстві необхідно розробляти й доводити до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та працівників у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації.

Всі працівники підприємства повинні бути навчені діям, чітко знати свої обов'язки та неухильно їх виконувати. Це також стосується адміністрації малого підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження.

Уникнути цього дозволить якісно розроблена Інструкція щодо дій персоналу малого підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій, наведена нижче.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено комплексний аналіз та оптимізацію перевезень вантажів, використовуючи розподільний метод. Основна мета полягала у визначенні найкращих варіантів розподілу вантажів, ефективній маршрутизації та поверненні порожніх автомобілів. Ми також розподілили маршрути між автотранспортними підприємствами, враховуючи їхню здатність повністю забезпечити потреби в перевезеннях.

На першому етапі роботи було визначено найкоротші відстані між пунктами, складено та вирішено транспортну задачу. Оптимальний план перевезень, який ми розробили, передбачав сумарний пробіг у 58 700 км. Розроблені маршрути, закріплені за конкретними АТП, були раціоналізовані методом «спільних планів», що забезпечило їх максимальну ефективність.

Другий етап роботи включав вибір типу і марки рухомого складу для перевезення вантажів, зокрема моделі МАЗ-5337 з вантажопідйомністю 8,7 тонни. Ми ретельно розрахували техніко-експлуатаційні показники для всіх маршрутів, що дозволило оптимізувати використання транспортних засобів та підвищити їх продуктивність.

Також порівняли ефективність роботи автомобілів за оптимізованим планом та за маятниковими маршрутами. Використання раціонального методу планування, що включає маршрутизацію перевезень, підвищує коефіцієнт використання пробігу, який в нашому випадку дорівнює 0,54. Для маятникових маршрутів цей показник завжди нижчий за 0,5.

Побудовано епюри вантажів, а також виконано розрахунок техніко-експлуатаційних показників по цих маршрутах. Це дозволило комплексно оцінити всі аспекти перевезень і забезпечити їх ефективну організацію.

В результаті виконаної роботи ми змогли запропонувати оптимальну модель організації перевезень, яка не тільки забезпечує ефективний розподіл вантажів і маршрутизацію, але й гарантує економічну вигоду для АТП.

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. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Сокур І.М. Транспортна логістика: Навчальний посібник – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 222 с.
7. 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.
8. Бабій М.В., Легета В.В. Квадратичний тренд як інструмент прогнозування товаропотоку для автоперевезень. Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “. Тернопіль : ТНТУ, 2017. Том 3. С. 20-21.
9. Бабій М.В., Денисюк В.І. Застосування найпростіших трендів для прогнозування товаропотоку автоперевезень на наступний рік. Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “. Тернопіль : ТНТУ, 2017. Том 3. С.

18-19.

10. 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.

11. Автомобільні перевезення вантажів : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://readonline.com.ua/items/anons/vazhnoe-anons/16684-avtomobilni-perevezennya-vantazhiv-perevagi-ta-nedoliki/>.

12. 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.

13. 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.

14. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник / За редакцією Я. І. Бедрія. – Львів: Видавнича фірма «Афіша», 1999. - 275 с.

15. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2019. №3 (13) С. 87–91.

16. 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.

17. Горяїнов О.М. Вантажні перевезення: Конспект лекцій. (для студентів напряму підготовки – Транспортні технології) / Харків, 2009. – 109с.

18. 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.

19. 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.

20. Кунда Н. Т., Олещук Н. В. Оптимізація схеми доставки дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом. *Вісник Національного транспортного університету*. 2018. № 1. С. 178-187.

21. 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.

22. 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.

23. Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Економіка підприємств автомобільного транспорту: Навч. посібник для студ. спец. "Автомобілі та автомобільне господарство"/Вінницький держ. техн. ун- т. Вінниця: ВДТУ, 2002. 115с.

24. Бабій М.В., Бісовський Н.М., Балацький С.С. Аналіз проблематики при взаємодії видів транспорту. *Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“*. Тернопіль : ТНТУ, 2020. Том 1. С. 153.

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., Ошуст Р.Р. Аналіз новинок спецтехніки для автомобільних

перевезень. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “. Тернопіль : ТНТУ, 2018. Том 1. С. 189.

28. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарев, 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., Владика Х.С., Смірнов М.М. Проблеми контейнерних перевезень в Україні та шляхи їх вирішення. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “. Тернопіль : ТНТУ, 2019. Том 1. С. 158.

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

33. 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.

34. Бабій М.В., Олійник В.А., Бабій В.А. Використання цифрових технологій для оптимізації маршрутів при перевезенні пасажирів. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимотія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики “. Видавець – ФОП Паляниця В.А., 2022. С. 181.

