



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ



КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Оптимізація параметрів автомобільних вантажних перевезень
для оцінки ефективності функціонування транспортно-
логістичної системи у ТОВ «ЛАНДТЕХ» м. Кропивницький»

Виконав:

магістрант групи ТТ-23М Віталій БАШАК
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

К.Т.Н., доц. Сергій ЛИСЕНКО
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.Т.Н., доц. Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

_____, _____
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

Освітньо-професійна програма: «Транспортні технології (автомобільний транспорт)»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та
ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Башака Віталія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Оптимізація параметрів автомобільних вантажних перевезень для оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичної системи у ТОВ «ЛАНДТЕХ» м. Кропивницький»

керівник роботи Лисенко Сергій Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові)

(науковий ступінь)

(вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «07» 08 2024 року
№43-13

2. Строк подання здобувачем роботи «30» листопада 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали науково-дослідної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Розділ 1 Проаналізувати методи ідентифікації системи функціонування транспортно-логістичного терміналу виробничого майданчика підприємства; методи оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичних систем виробничого підприємства. Виконати моделювання параметрів оцінки ефективності функціонування, зберігання та номінальних швидкостей відвантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства. Здійснити виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства.

4.2 Розділ 2 Здійснити вибір критеріїв і моделей транспортних засобів та оцінка ефективності перевезень готової продукції підприємства. Обґрунтувати вихідні множини оціночних критеріїв та вирішення задачі вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства. На базі статистичного

прогнозування отримати показники ефективності перевезення продукції на основі аналізу моделей бенчмарок транспортно-логістичного підприємства.

4.3 Розділ 3 Розробити моделі та оцінити ефективності, рішення багатопродуктових поточних завдань визначення продуктивності транспортної мережі підприємства. Розв'язати формалізовані постановки оптимізаційних завдань для різних умов функціонування транспортно-логістичної системи підприємства. Виконати сценарне моделювання багатопродуктового транспортного завдання та визначення техніко-економічних показників плану перевезення готової продукції у транспортній мережі підприємства.

4.4 Розділ 4 Експериментально дослідити сценарій «авто» функціонування транспортно-логістичної системи підприємства і визначення оптимальних техніко-економічних показників. Зформувати інформаційний базис для моделювання техніко-економічних показників сценарію «Авто» доставки споживачам готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт». Виконати моделювання основних техніко-економічних показників перспективного сценарію функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт». Здійснити моделювання показників ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» з урахуванням потенційних можливостей використання власного та орендованого парків транспортних засобів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу на 14 слайдах

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	РОЗДІЛ 1	18.10.2024	
2	РОЗДІЛ 2	08.11.2024	
3	РОЗДІЛ 3	22.11.2024	
4	РОЗДІЛ 4	28.11.2024	
5	Ілюстративний матеріал	29.11.2024	

Магістрант _____
(підпис)

Віталій БАШАК _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сергій ЛИСЕНКО _____
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.

Пояснювальна записка має 92 сторінка тексту формату А4, 27 рисунків, 33 таблиці, 20 використаних джерел по переліку посилань.

В першому розділі проаналізовано методи ідентифікації системи функціонування транспортно-логістичного терміналу виробничого майданчика підприємства; методи оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичних систем виробничого підприємства. Виконано моделювання параметрів оцінки ефективності функціонування, зберігання та номінальних швидкостей відвантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства. Здійснено виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства.

В другому розділі вибрані критерії і моделі транспортних засобів та оцінка ефективності перевезень готової продукції підприємства. Обґрунтовано вихідні множини оціночних критеріїв та вирішення задачі вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства. На базі статистичного прогнозування отримано показники ефективності перевезення продукції на основі аналізу моделей бенчмарок транспортно-логістичного підприємства.

В третьому розділі розроблено моделі та оцінено ефективності, рішення багатопродуктових поточних завдань визначення продуктивності транспортної мережі підприємства. Розв'язані формалізовані постановки оптимізаційних завдань для різних умов функціонування транспортно-логістичної системи підприємства. Виконано сценарне моделювання багатопродуктового транспортного завдання та визначення техніко-економічних показників плану перевезення готової продукції у транспортній мережі підприємства.

В четвертому розділі експериментально досліджено сценарій «авто» функціонування транспортно-логістичної системи підприємства і визначення оптимальних техніко-економічних показників. Зформовано інформаційний базис для моделювання техніко-економічних показників сценарію «Авто» доставки споживачам готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт». Виконано моделювання основних техніко-економічних показників перспективного сценарію функціонування

транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт». Здійснено моделювання показників ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» з урахуванням потенційних можливостей використання власного та орендованого парків транспортних засобів.

Мета дослідження: підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» на основі визначення оптимальних параметрів вантажоперевезення та оперативного моніторингу техніко-економічних показників вантажно-розвантажувальних робіт ТОВ "ЛАНДТЕХ".

Реалізація поставленої мети вимагала вирішення наступних завдань :

- проаналізувати показники функціонування транспортно-логістичного терміналу майданчика підприємства та прогнозування параметрів завантаження одного автомобіля для різних варіантів вантажопідйомності транспортних засобів;

- визначити ймовірності настання ризику безперебійного відвантаження готової продукції: можливість безвідмовної роботи буферної ємності навантаження; ймовірність простою системи вантажних терміналів за відсутності автомобілів під навантаження; можливість зайнятості машинами всіх вантажних терміналів; результуюча можливість безвідмовної роботи всієї системи навантаження готової продукції транспортно-логістичного терміналу підприємства;

- обґрунтувати вибір транспортних засобів для перевезення готової продукції виробничого підприємства з урахуванням логістичних техніко-економічних показників, варіантів розташування вантажу, системи взаємозв'язків розмірів заподіяної шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та допустимої маси для різних видів транспортних засобів;

- формалізація та моделювання сценаріїв різних вантажів, і критеріїв оптимальності (обсяги перевезень, час роботи транспортного засобу, сумарні витрати на транспортування всього обсягу продукції) з урахуванням умов неповного використання парку транспортних засобів та рівня значущості (пріоритетності) певних маршрутів доставки готової продукції.

Наукова новизна результатів:

1. Розроблено нові підходи до визначення часових інтервалів та ймовірності виникнення ризику безперебійного відвантаження виробленої продукції (безвідмовної роботи буферної ємності), які, на відміну від існуючих, включають прогнозні оцінки ризику переповнення складу та зупинки виробництва через відсутність місць зберігання готової продукції та ризику простою транспортних засобів через

відсутність своєчасних постачань готової продукції.

2. Отримано нові дані щодо взаємозв'язків ціни доставки готової продукції підприємства з урахуванням специфічних особливостей транспортування вантажів на різні відстані, а також визначено залежність середньої швидкості руху від відстані перевезення.

Об'єкт дослідження: процеси вантажних перевезень та оцінка функціонування транспортно-логістичної системи на підприємстві.

Предмет дослідження: Обґрунтування критеріїв і моделей транспортних засобів та оціни ефективності перевезень готової продукції підприємством.

Практична цінність роботи:

1. Розроблено матрицю ризиків безвідмовного навантаження для відповідних зон зберігання і місць навантаження готової продукції в транспортно-логістичному терміналі підприємства з диференціацією по номенклатурі виробленої продукції та способів відвантаження.

2. Розроблено механізм вирішення завдання вибору транспортних засобів для ефективного перевезення готової продукції підприємства за сукупністю оціночних критеріїв, що базується на результатах моделювання рішення задачі вибору транспортних засобів за їх технічною готовністю, організаційної забезпеченості та економічної ефективності.

3. Проведено прогнозну оцінку вартості доставки готової продукції споживачам та потенційних можливостей транспортного підприємства щодо надання необхідної кількості транспортних послуг для широкого діапазону інтервальних значень доставки вантажів. Прогнозні моделі формувалися виходячи з аналізу статистичних даних.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ТЕРМІНАЛУ ВИРОБНИЧОГО МАЙДАНЧИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Аналіз методів оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичних систем виробничого підприємства

1.2 Моделювання параметрів оцінки ефективності функціонування, зберігання та номінальних швидкостей відвантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства

1.3 Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства

РОЗДІЛ 2. ВИБІР КРИТЕРІЇВ І МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Обґрунтування вихідної множини оціночних критеріїв та вирішення задачі вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства

2.2 Статистичне прогнозування показників ефективності перевезення продукції на основі аналізу моделей бенчмарок транспортно-логістичного підприємства

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, РІШЕННЯ БАГАТОПРОДУКТОВИХ ПОТОЧНИХ ЗАВДАНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Формалізовані постановки оптимізаційних завдань для різних умов функціонування транспортно-логістичної системи підприємства

3.2. Сценарне моделювання багатопродуктового транспортного завдання та визначення техніко-економічних показників плану перевезення готової продукції у транспортній мережі підприємства.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СЦЕНАРІЮ «АВТО» ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

4.1. Формування інформаційного базису для моделювання техніко-економічних показників сценарію «Авто» доставки споживачам готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт»

4.2 Моделювання основних техніко-економічних показників перспективного сценарію функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт»

4.3 Моделювання показників ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» з урахуванням потенційних можливостей використання власного та орендованого парків транспортних засобів

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

На сьогоднішній день транспортно-логістичні системи (ТЛС) промислових підприємств стикаються з необхідністю вирішення низки ключових завдань, пов'язаних із оцінкою ефективності функціонування двох основних напрямків своєї діяльності.

По-перше, це наявність простоїв, невиконання часових параметрів та систематичне недосягнення техніко-технологічних показників роботи буферних ємностей зон зберігання та місць навантаження різних видів готової продукції.

По-друге, це низка проблем, пов'язаних із використанням наявного автопарку транспортних засобів (ТЗ) у контурі логістичних процесів та варіантами сезонної доставки готової продукції потенційним споживачам. У такій ситуації необхідне визначення факторів ризику безвідмовного навантаження відповідних зон зберігання та місць навантаження готової продукції в транспортно-логістичному терміналі (ТЛТ) виробничого підприємства, диференційованих за способами відвантаження та номенклатурою виробленої продукції. Крім цього, відсутність підходів до раціонального вибору варіантів використання ТЗ для перевезення готової продукції потребує розробки науково-обґрунтованих механізмів, методів та інструментів, які дозволять отримати максимальну ефективність транспортної складової за стабільного та керованого ланцюга постачань. Наявність у існуючих ланцюгах постачань перевалочних пунктів у вигляді ТЛТ та використання різних видів транспорту для доставки готової продукції виробничого підприємства кінцевим споживачам диктує потребу у формуванні та формалізованому описі процедур сценарного моделювання, що базуються на експертних методах отримання, аналізу та обробки інформації. Вирішення цих завдань визначає об'єктивну необхідність розгляду логістичних процесів виробничого підприємства як комплексної багатопродуктової транспортної системи, що дозволяє реалізувати процес пошуку оптимальних техніко-економічних показників навантаження та перевезення готової продукції.

У зв'язку з цим підвищення ефективності управління та надійності функціонування ТЛС на основі вдосконалення управління навантажувально-розвантажувальними процесами та оптимізації показників транспортування готової продукції є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ СИСТЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО ТЕРМІНАЛУ ВИРОБНИЧОГО МАЙДАНЧИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Аналіз методів ідентифікації та моделювання, оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичних систем підприємства

Аналіз сучасних методів оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичних систем виробничого підприємства дозволив виділити два базові напрями.

По-перше, це дослідження методів, спрямованих на підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичних процесів виробничих підприємств, а по-друге, це питання щодо моделювання параметрів транспортно-логістичних систем підприємства.

Відповідно до ряду досліджень під транспортно-логістичною системою (ТЛС) розуміють сукупність базових об'єктів транспортної та логістичної інфраструктури (транспортно-складські комплекси (ТСК), включаючи логістичні центри (ЛЦ)), за допомогою яких здійснюється транспортування, управління складським господарством та запасами, вантажопереробка та упаковка вантажів). Важливу роль відіграють забезпечуючі підсистеми: інформаційні, фінансові, нормативно-правові, науково-технічні, страхові, кадрові і т.д. Численними дослідженнями та практичним досвідом доведено, що грамотно організована логістика дозволяє суттєво знизити вартість товарів для споживача (до 10 % і вище), що позитивно впливає на створення нових робочих місць у логістичному бізнесі, сприяє реалізації транзитного потенціалу, і як наслідок, підвищується інвестиційна привабливість підприємства, фірми, компанії. З цих причин розвиток транспортно-логістичної системи є державним пріоритетом. При цьому успішна реалізація планів щодо розвитку національної ТЛС передбачає наявність відповідних умов.

Дослідження, виявили різноманітні проблеми у функціонуванні транспортно-логістичних процесів на виробничих підприємствах. Серед

виявлених проблем – обмежені інфраструктурні можливості, технологічні недоліки, незбалансоване залучення та використання інвестицій. Крім того, у секторі транспортної інфраструктури наголошуються такі проблеми, як загрози транспортній безпеці, недостатня пропускна спроможність маршрутів, низький рівень управління. Наголошується на необхідності вдосконалення транспортної логістики для підвищення загальної ефективності та зниження витрат, при цьому особлива увага приділяється важливості належного заповнення та оформлення документації в електронному вигляді для підвищення конкурентоспроможності. Крім того, розширення транспортних мереж у містах було пов'язане з низькою ефективністю та проблемами доступності.

Інфраструктура відіграє вирішальну роль у проблемах, з якими стикаються транспортні та логістичні служби. В Україні спостерігається значний розвиток транспортної інфраструктури, при цьому автодороги забезпечують більшу частину обсягу перевезень. Залізнична система розвинена, але стикається з такими проблемами, як поганий стан рухомого складу та шляхів. Вирішення цих проблем необхідно для підвищення ефективності та результативності транспортних та логістичних послуг.

Ризики безпеки, що включають наступні компоненти: фізична безпека; кібербезпека; незадовільне складування та зберігання та ін.

Виробничі підприємства часто мають справу з дорогими товарами та обладнанням, що робить їх уразливими для крадіжок, вандалізму чи несанкціонованого проникнення під час транспортування чи зберігання. Забезпечення безпеки складів, розподільчих центрів та транспортних маршрутів набуває вирішального значення.

Зі зростанням цифровізації ланцюжків постачання промислові підприємства стикаються з кіберзагрозами, такими як витік даних, атаки з метою викупу або несанкціонований доступ до конфіденційної інформації. Захист цифрових активів, комунікаційних мереж та пристроїв IoT необхідний для зниження ризиків кібербезпеки.

Обмежений доступ до фінансування є серйозною проблемою для транспортних та логістичних компаній. Він перешкоджає їх здатності

інвестувати у модернізацію обладнання, розширення парку та впровадження передових технологій для підвищення ефективності. В Україні доступні різні форми фінансування, як офіційні, так і неофіційні, включаючи банки, кооперативи, державні програми, венчурні фірми та партнерів розвитку. Однак доступ до фінансових коштів залишається проблематичним через такі фактори, як недостатні навички подання документів, відсутність застави, висока вартість позик та тривалі процеси узгодження. Крім того, регіон стикається з перешкодами у фінансуванні транскордонних інфраструктурних проектів, прогрес у яких обмежений через недостатнє фінансування.

Наявність сучасних складських приміщень та сховищ в Україні обмежена, особливо за межами великих міст. Слабка інфраструктура для безпечного та надійного зберігання товарів ускладнює логістичні операції та може призвести до проблем управління запасами.

Підвищення інтеграції та координації між видами транспорту може підвищити ефективність логістики та знизити витрати.

Передбачається, що інноваційний розвиток ТЛС сприятиме вирішенню таких найважливіших завдань у сфері соціального та економічного розвитку як:

- розвиток інфраструктури ТЛС, зниження ресурсів енергоспоживання на всіх видах транспорту та підвищення рівня безпеки перевезень;

- зростання конкурентоспроможності виробників на внутрішньому та регіональному ринках шляхом зниження транспортно-логістичних витрат;

- забезпечення доступу національних перевізників на нові ринки, реалізації заходів щодо повного залучення транзитного потенціалу країни, організації надійних транспортних зв'язків із зонами активного інвестиційного розвитку.

Використовуючи такі статистичні методи як регресійний аналіз, перевірка гіпотез та математична статистика дослідники збирають дані за різними параметрами, такими як види транспорту, маршрути, типи вантажів, а потім використовують статистичні інструменти для аналізу тенденцій, закономірностей та кореляцій.

Імітаційне моделювання відіграє найважливішу роль в аналізі

функціонування ТЛС. Використання імітаційних моделей дозволяє моделювати рух товарів, ТЗ та людей у системі, що дозволяє оцінити різні сценарії та зрозуміти вплив змінних на ефективність системи. Застосування теорії ігор у транспортному секторі показало значущість імітаційного моделювання визначення оптимальних стратегій державного і приватного транспорту. Крім того, розвиток та переваги імітаційного моделювання, зокрема мультиагентного моделювання транспортних систем покращує процеси прийняття рішень та системної безпеки. Імітаційне моделювання визнано ефективним методом у дослідженнях бізнесу та управління, пропонуючи динамічне відображення реальних сценаріїв та враховуючи поведінкові припущення.

Методи оптимізації відіграють вирішальну роль у підвищенні ефективності ТЛС у різних контекстах. Різні методи, такі як лінійне програмування, генетичні алгоритми та багатоцільові генетичні алгоритми, використовуються для оптимізації маршрутів, розкладів та рівнів запасів. Наприклад, у дослідженні, проведеному в Україні, порівнювалися традиційне лінійне програмування та сучасні генетичні алгоритми для ефективної мінімізації транспортних витрат. Крім того, розробка нових методів вирішення транспортних завдань, впровадженням нового методу вирішення транспортних задач з цільовою функцією максимізує постійні зусилля з поліпшення процесів оптимізації в логістиці. Більше того, використання багатоцільових генетичних алгоритмів у моделях оптимізації вантажоперевезень демонструє застосування передових методів оптимізації для балансування витрат у транспортних операціях.

Методи мережевого аналізу включають аналіз мережевих потоків, заходи центральності та теорію графів. Ці методи використовуються для аналізу потоків товарів та інформації в мережі та виявлення ключових вузлів та зв'язків. Просторова зв'язаність дорожньої мережі досліджується за допомогою індексів теорії графів, що наголошує на важливості зв'язаності для розвитку міст.

Технології геоінформаційних систем (ГІС) широко використовуються для досліджень в галузі транспорту та логістики, дозволяючи аналізувати просторові дані для прийняття рішень щодо маршрутизації та планування. Використовуючи

ГІС, дослідники можуть складати карти транспортних мереж, визначати оптимальні маршрути та оцінювати просторовий розподіл попиту та пропозиції. Ці технології відіграють важливу роль у плануванні міських перевезень, допомагаючи вибрати відповідну транспортну політику та розробити ефективні логістичні моделі. Крім того, ГІС допомагають оцінити ефективність телекомунікаційних мереж та покращити якість телекомунікаційних послуг за допомогою аналізу просторового розподілу. Крім того, методи ГІС допомагають аналізувати схеми вантажоперевезень та визначати альтернативні маршрути для оптимізації вантажопотоків та зниження транспортних витрат.

Методи прогнозування відіграють важливу роль у передбаченні майбутнього попиту та потреб для розрахунку пропускної спроможності ТЛС. До методів прогнозування можна віднести як традиційні методи аналізу часових рядів та регресійного аналізу, так і сучасні, такі як штучні нейронні мережі (ШНМ) та марківські ланцюги (МЛ) для прогнозування стану дорожнього полотна на основі змін інтенсивності руху. Інтеграція нових технологій, таких як алгоритми штучного інтелекту та машинне навчання, допомагає робити динамічні та точні прогнози, щоб відповідати мінливим вимогам логістичної галузі.

Аналіз ризиків мають вирішальне значення для оцінки вразливості різних секторів, включаючи транспортні та логістичні системи, перед різними ризиками та невизначеністю. Ці методи включають ймовірнісне моделювання, аналіз сценаріїв і картування ризиків для виявлення та ефективного зниження потенційних ризиків. У будівельних проєктах точне виявлення та оцінка ризиків мають вирішальне значення для контролю та зниження їх впливу на вартість та строки реалізації проєкту. Використовуючи передові методи аналізу ризиків, можна прорахувати майбутні ризики та пом'якшити їх наслідки, забезпечуючи безперебійну роботу та успіх проєкту.

При розгляді алгоритмів оптимізації необхідно враховувати такі фактори, як брак ресурсів, обмеження безпеки та коливання попиту. Нижче наведено деякі алгоритми, які можуть допомогти вирішити вищезазначені проблеми.

Широко використовуються для оптимізації транспортних та логістичних

систем генетичні алгоритми. Дослідження показали ефективність генетичних алгоритмів у мінімізації загальних витрат та досягненні оптимальних рішень для транспортної логістики у різних сценаріях. Зокрема дослідження були присвячені таким областям, як оптимізація логістичних шляхів розподілу, проблеми маршрутизації ТЗ та оптимізація транспортних витрат за допомогою генетичних алгоритмів. Використовуючи генетичні алгоритми, можна вирішити складні логістичні завдання, підвищити ефективність та знайти оптимальні чи близькі до оптимальних розв'язання для транспортних проблем. Застосування генетичних алгоритмів при моделюванні транспортних та логістичних систем демонструє їх потенціал у покращенні процесів прийняття рішень та досягненні економічно ефективних та результативних логістичних операцій.

Оптимізація за допомогою мурашиної колонії (ACO), алгоритм мурашиної логістики довів свою ефективність в оптимізації логістичних та транспортних систем. У контексті моделювання параметрів транспортних та логістичних систем ACO може запропонувати значні переваги. Він використовувався для вирішення складних завдань логістичного розподілу з урахуванням таких обмежень, як відстань до транспортного засобу та вантажопідйомність. Крім того, ACO успішно застосовується в таких завданнях, як тегування частини мови, забезпечуючи високу точність та ефективність обчислювальних задач. Використовуючи здатність ACO знаходити оптимальні шляхи та рішення у складних та комбінаторних завданнях, можна підвищити ефективність та рентабельність транспортних та логістичних систем, що в кінцевому підсумку призведе до покращення експлуатаційних характеристик та використання ресурсів.

Імітація відпалу (Simulated Annealing, SA) – цінний інструментарій для оптимізації транспортних та логістичних систем. SA імітує фізичний процес відпалу, що дозволяє ефективно досліджувати простір рішень та уникати локальних оптимумів. У контексті логістики SA може допомогти у виборі оптимальних міст для розподільчих центрів на основі таких факторів, як транспортна доступність, сприяючи розбудові ефективних транспортних моделей. Крім того, здатність SA вирішувати складні, нелінійні та неопуклі

задачі оптимізації, такі як моделі економічної кількості замовлень (EOQ) в управлінні запасами, робить його відповідним вибором для вдосконалення логістичних систем. Налаштовуючи такі параметри, як критерії та графіки охолодження, SA може ефективно виходити з локальних екстремумів і досягати хорошої глобальної збіжності, що є важливим для оптимізації параметрів транспортування та логістики.

Оптимізація рою частинок (PSO) – цінний інструмент для оптимізації логістичних та транспортних систем. Коли оптимізація транспортних та логістичних систем має вирішальне значення для економічного зростання підприємства, PSO може відіграти важливу роль. Використовуючи дискретний та нечіткий алгоритми PSO, можна оптимізувати логістичні мережі для зниження витрат, підвищення ефективності та ефективного інтегрування ресурсів. Здатність PSO знаходити глобальні оптимальні рішення шляхом коригування руху частинок на основі персональних та глобальних кращих позицій робить його підходящим для вирішення завдань оптимізації в різних галузях, включаючи логістику та транспорт. Застосування PSO для моделювання та оптимізації транспортних та логістичних систем може призвести до раціоналізації процесів, економії витрат та підвищення загальної ефективності.

У дослідженнях наголошується на важливості географічного положення при прийнятті рішень про ланцюжок постачань, при цьому лінійне програмування використовується для вибору міст з високою зв'язністю для логістичних цілей. Моделі програмування з обмеженнями (CP) використовуються для оптимізації мереж автономних пересадочних вузлів (ATHN) у вантажній галузі, сприяючи економії коштів та підвищенню операційної ефективності. Розробка нових алгоритмів на основі методів CP показує можливість застосування CP для підвищення ефективності перевезень за допомогою інноваційних рішень.

Застосування інформаційних технологій (ІТ) у транспортних та логістичних системах підвищує ефективність, надійність та безпеку різними способами. По-перше, цифрові ініціативи дозволяють збирати та організовувати великі дані для розробки графічного програмного забезпечення та

комунікаційних мереж. По-друге, використання цифрових систем у транспортній логістиці сприяє ефективному стратегічному управлінню за допомогою аналізу даних та методів управління ризиками, забезпечуючи дотримання умов оплати та ефективне транспортування вантажів. Крім того, інформаційні технології оптимізують завантаження транспорту, швидкість доставки, якість обслуговування та експлуатаційні витрати, забезпечуючи якісні показники для планування перевезень та підвищуючи загальну якість послуг. Використовуючи ці технології, можна значно покращити транспортні та логістичні системи. Ось деякі засоби застосування таких технологій.

Програмне забезпечення систем керування перевезеннями (TMS) може бути використане для оптимізації різних аспектів транспортних операцій, включаючи керування замовленнями, оптимізацію завантаження, вибір перевізника та відстеження вантажів. Це підвищує загальну ефективність транспортних процесів та знижує витрати.

Предиктивна аналітика відіграє важливу роль у прогнозуванні попиту, виявленні «вузьких місць» та оптимізації рівня запасів у різних галузях, включаючи логістичні операції. У контексті вантажних перевезень прогностичні моделі використовуються для оцінки матриці «походження – місце призначення» (OD) вантажного транспорту, що допомагає особам, які приймають рішення, оцінювати та ефективно здійснювати вантажні перевезення. Аналізуючи минулі дані та закономірності, предиктивна аналітика дозволяє приймати більш ефективні стратегічні рішення, знижувати ризики та управляти ресурсами, що зрештою підвищує операційну ефективність та швидкість реагування.

Датчики IoT (Інтернету речей) відіграють найважливішу роль в оптимізації перевезень, збираючи дані про різні фактори, такі як температура, вологість, місцезнаходження та продуктивність ТЗ. Ці дані дозволяють оптимізувати маршрут, підвищують безпеку і забезпечують цілісність вантажів, що перевозяться. Наприклад, у контексті інтелектуальних транспортних систем датчики IoT використовуються для завдань моніторингу, заснованих на виявленні руху та відстеження об'єктів, що сприяє ефективному збору даних та

управлінню ними. Крім того, IoT-пристрої використовуються для збору інформації про простежуваність продукції на етапах транспортування, що допомагає компаніям відстежувати стан та місцезнаходження продукції протягом усього ланцюжка постачань. Використовуючи технологію IoT, компанії можуть покращити свої логістичні операції, підвищити конкурентоспроможність та забезпечити кращі умови транспортування, що вигідно всім зацікавленим сторонам, які беруть участь у логістичному ланцюзі.

Технології блокчейн можна використовувати для створення прозорих і захищених від несанкціонованого доступу записів про транзакції та постачання по всьому ланцюжку постачань. Це підвищує довіру, зменшує кількість суперечок та покращує відстежуваність товарів, особливо у сценаріях транскордонних перевезень.

Інтегруючи ці інформаційні технології та системи в транспортно-логістичні операції, можна підвищити конкурентоспроможність підприємства, покращити інфраструктуру та краще задовольняти потреби економіки. Крім того, це може сприяти загальному розвитку та модернізації транспортного сектора у регіонах України.

Існує кілька програмних продуктів для моделювання транспортних та логістичних систем, які можуть бути корисними у різних контекстах. AIMMS – це універсальна система моделювання, яка дозволяє вирішувати завдання програмування з обмеженнями та пропонує зручний інтерфейс для технології СР. Вона дозволяє оптимізувати транспортні та логістичні операції, включаючи планування маршрутів, оптимізацію розподільчих мереж та керування ланцюгами постачання. AIMMS полегшує створення інтелектуальних логістичних моделей гнучкого розподілу, оптимізуючи стратегії розподілу за допомогою раціональних систем оцінки та математичних моделей для гнучких розподільчих центрів та маршрутів. Крім того, AIMMS надає віртуальні тривимірні еталонні траси для моделювання автомобільних та залізничних систем, пропонуючи інструменти для управління, аналізу та обробки даних у сфері громадського транспорту.

AnyLogic - універсальний інструмент імітаційного моделювання, що

підходить для моделювання різних систем, у тому числі транспортних та логістичних. Він дозволяє користувачам створювати складні моделі шляхом інтеграції методів дискретно-подійного, агентного та системно-динамічного моделювання. У контексті складських операцій AnyLogic використовувався для моделювання різних сценаріїв оптимізації роботи складського комплексу. Крім того, програмне забезпечення застосовувалося у телекомунікаційних системах для візуалізації процесів та станів пристроїв, допомагаючи в освітніх проєктах для студентів.

TransCAD - це потужна геоінформаційна система, призначена для фахівців у галузі транспорту та об'єднує ГІС із моделями прогнозування попиту на транспортні послуги. Вона допомагає зберігати, управляти та аналізувати дані про дорожній рух, що необхідно для планування руху та прогнозування попиту. Програмне забезпечення полегшує моделювання мереж, оптимізацію маршрутів та транспортний аналіз, що дуже важливо для планування міського транспорту. Крім того, оптимізація трасування транспортної мережі передбачає визначення оптимальних додаткових точок для мінімізації загальної довжини мережі, що сприяє ефективному плануванню міст. Розробка системи автоматизованого проєктування для оцінки рішень щодо організації дорожнього руху на основі різних критеріїв може сприяти сталому економічному зростанню за рахунок оптимізації рішень з управління рухом. По суті, TransCAD є комплексним інструментом для моделювання транспортних систем, пропонуючи цінні можливості для професіоналів у цій галузі.

PTV Visum - це універсальне програмне забезпечення для транспортного планування, яке використовується для моделювання та аналізу транспортних систем. Воно пропонує функції для моделювання руху, оцінки маршрутів та оптимізації. PTV Visum можливо використовувати для оцінки ефективності маршрутів вантажного транспорту, виявлення зон, схильних до заторів, та рекомендації щодо розширення доріг для покращення транспортного потоку. Аналогічним чином, програмне забезпечення використовувалося для підвищення пропускної спроможності транспортних вузлів шляхом оптимізації світлофорів та реконструкції дорожньої мережі. Крім того, PTV Visum

допомагає синхронізувати розклади приміських поїздів та місцевих автобусів, скорочуючи час очікування та підвищуючи загальну ефективність транспорту. Загалом PTV Visum допомагає вирішувати різні транспортні проблеми, надаючи можливості детального моделювання та аналізу.

Перш ніж вибрати програмний продукт, необхідно врахувати такі фактори, як конкретні вимоги до проєкту моделювання, функції та можливості програмного забезпечення, а також наявність ресурсів підтримки та навчання. Крім того, не зайвим буде проконсультуватися з експертами в галузі транспортного та логістичного моделювання, щоб визначити найбільш підходяще програмне забезпечення.

1.2 Моделювання параметрів оцінки ефективності функціонування, зберігання та номінальних швидкостей відвантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства

Виробниче підприємство ЗАТ "Кіровоград граніт" випускає деяку вихідну сукупність видів готової продукції $ДП = \{K, ФП, СП\}$, де $K = \overline{1,3}$ - виробничі концентрати, $ФП = \overline{1,3}$ - фракційні піски, $СП = \overline{1,3}$ піски для скляної промисловості (Рис.1.1 - 1.3)

У транспортно-логістичному терміналі відвантаження готової продукції здійснюється двома способами, $s = 1,2$ ($s = 1$ - навалом, $s = 2$ - в м'який контейнер (поліпропіленова тканина)).

На території підприємства можна виділити деяку вихідну множину зон зберігання готової продукції $ЗЗ = [ЗЗ_1, ЗЗ_2, ЗЗ_3, ЗЗ_4, ЗЗ_5, ЗЗ_6]$; $ЗЗ_1$ - зона зберігання виробничих концентратів; $ЗЗ_2$ - зона зберігання фракціонованого піску в м'якому контейнері (МКР); $ЗЗ_3$ - зона зберігання навалом фракціонованого піску за допомогою силосу; $ЗЗ_4$ - зона зберігання фракціонованого та скляного піску навалом за допомогою силосів; $ЗЗ_5$ - зона зберігання скляного піску МКР; $ЗЗ_6$ - зона зберігання вологого піску навалом.

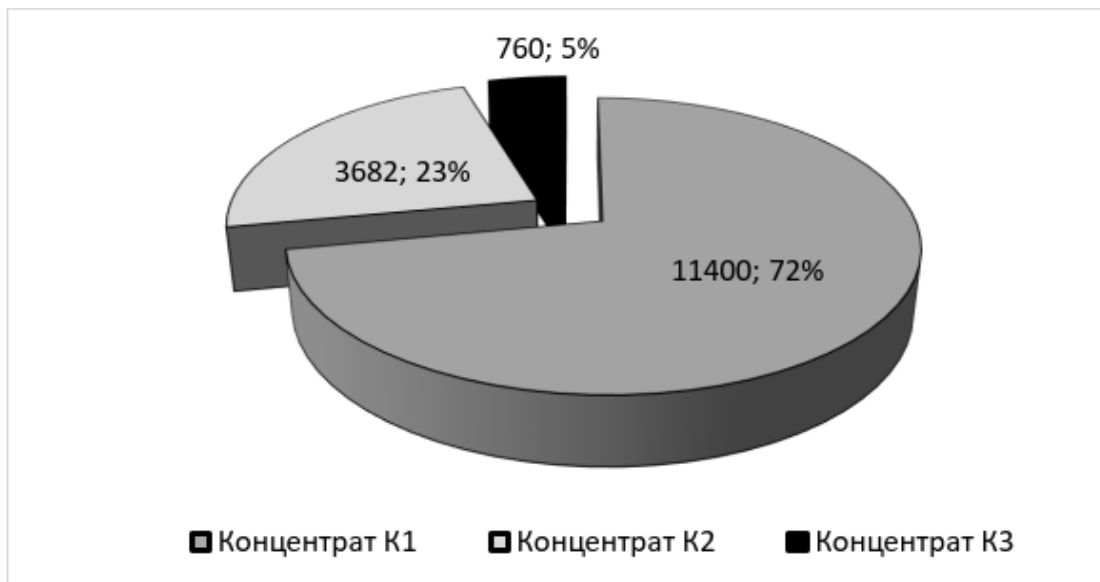


Рисунок. 1.1 - Річна структура виробництва концентратів, т, %

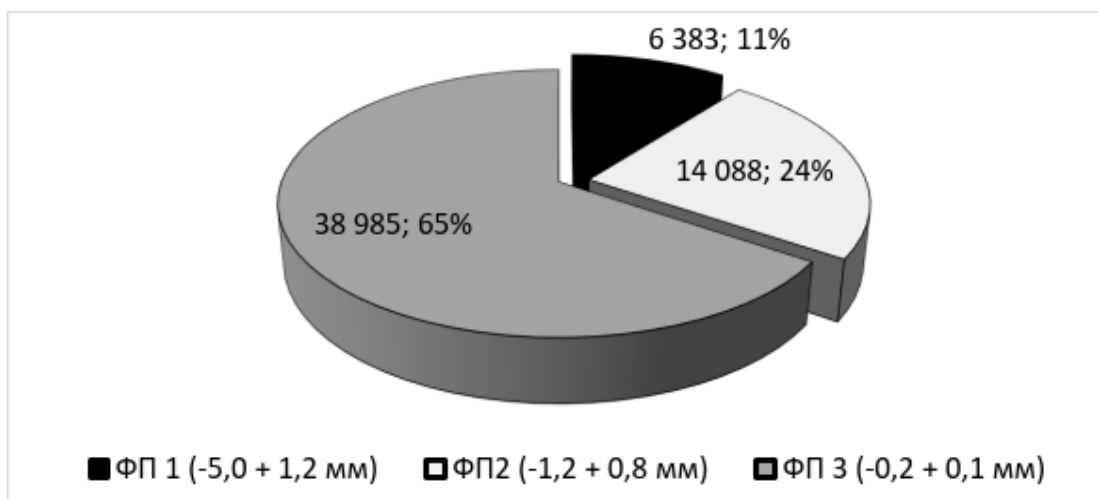


Рисунок. 1.2 - Річна структура випуску фракціонованих пісків, т,%

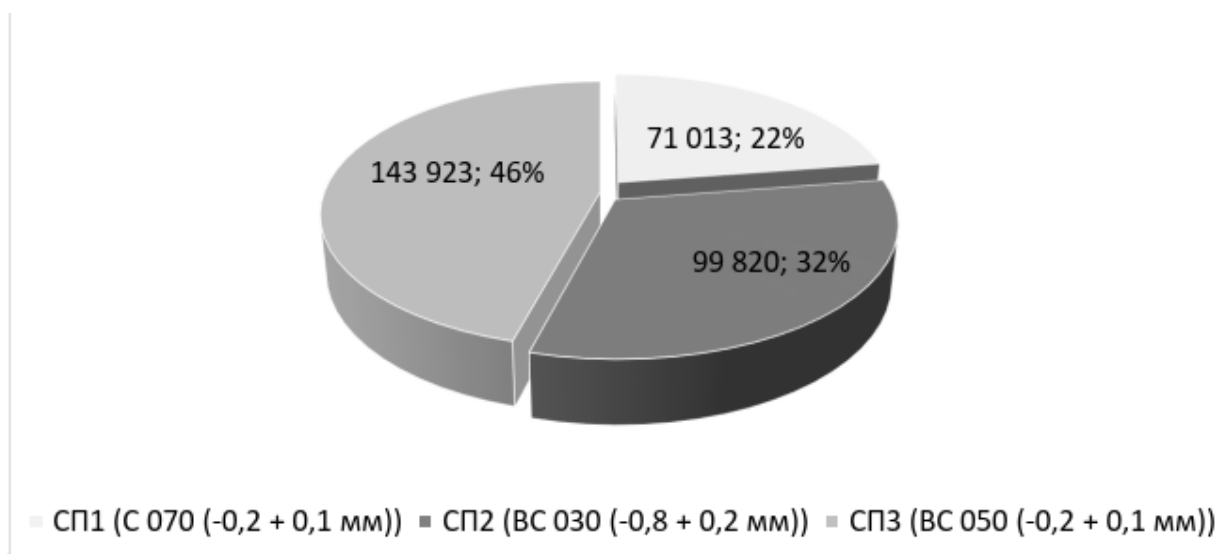


Рисунок. 1.3 – Річна структура виробництва пісків для скляної промисловості, т, %

На підприємстві готову продукцію відвантажують у спеціально обладнаних місцях, виходячи з технологічних властивостей та специфіки виробленої продукції, а також способу відвантаження (S) (таблиця 1.1). продукції підприємства

Таблиця 1.1 Вироблена продукція ЗАТ "Кіровоград граніт" та спосіб її відвантаження

Продукція			Зона зберігання	Місця завантаження												
Тип	Тара	Фракція		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
K1	МКР	-	33 ₁	+												
	Навал		33 ₁													+
K2	МКР	-	33 ₁	+												
K3	МКР	-	33 ₁	+												
Фракціоновані піски	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₂		+											
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₂		+											
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₂		+											
	Навал (сух.)	(-0,2+0,1 мм)	33 ₃				+									
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₃			+										
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₃			+										
	Навал (вол.)	(-0,2+0,1 мм)	33 ₆												+	
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₆												+	
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₆												+	
Скляні піски ВС-050-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₅										+	+		
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	33 ₄					+	+							
Скляні піски С-070-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₅										+	+		
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	33 ₄							+						
Скляні піски ВС-030-В	МКР	(-0,8+0,2 мм)	33 ₅										+	+		
	Навал	(-0,8+0,2 мм)	33 ₄								+	+				

Номенклатура відвантаження 33₁ є виробничі концентрати K1, K2, K3. Кожна з номенклатур зберігається бункері ємністю $V = 15\text{м}^3$, що має певну швидкість наповнення (продуктивність, P_n) (табл.1.2). Відвантаження готової продукції може здійснюватися в МКР та/або навалом із бункера з концентратами за допомогою конвеєра. Місце навантаження МКР обладнане кран-балкою 2,0 т.

Ділянка відвантаження є критим навісом, де навантаження в машину здійснюється зверху за допомогою кран-балки або конвеєра. Одночасно може відбуватися завантаження одного автомобіля. Час навантаження 1 МКР автомобіль розраховується виходячи з часу роботи кран-балки. Час підвезення МКР навантажувачем не перевищує час роботи кран-балки.

Продуктивність пакувальної машини становить 30 т/год

Таблиця 1.2 Розрахунок об'ємів буферів зберігання готової продукції для ЗЗ₁

Продукція	Продуктивність (Пн) (наповнення буфера)*				Місткість буферів		
	т/год		т/добу	т/міс.	зберігання**		
	Макс.	мін.	Макс.	Макс	м ³	т	МКР
K1	1,40	1,2	33,5	950,8	15	27,75	27
K2	0,45	0,4	10,8	306,6	15	38,1	38
K3	0,10	0,1	2,3	778,0	15	27,75	27

*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року ** При розрахунку ємності буферів зберігання використовувався коефіцієнт насипної щільності концентратів: K1 = 1,85 т/м³; K2 = 2,54 т/м³; K3 = 1,85 т/м³.

Для розрахунку номінальної швидкості навантаження v , т/год, МКР/год та часу завантаження 1 машини T , хв. були використані наступні співвідношення:

$$v = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=N} t_i}, \quad (1,1)$$

де t_i сумарний час i -их операцій, необхідних для навантаження 1 МКР.

Залежно від зони зберігання та способу навантаження у цей час входять різні операції ($i = \overline{1, N}$), такі як: підйом-спуск кран-балки; час 1 поїздки навантажувача; стропування; наповнення ковша (для вологого піску) тощо (Таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 Розрахунок номінальної швидкості завантаження машини в ЗЗ₁ місце завантаження 1 (навантаження МКР кран-балкою) вихідні дані (з паспорта кран -балки)

Параметр	Значення
Висота підйому, м	9
Проліт крана, м	4,2
Загальна довжина крана, м	5,4
Вантажопідйомність, т	2
Швидкість, м/хв.	20
Довжина ходу крана, м	15
Середній хід крана, м	7,5
Стропування, хв (1 шт.)	1
Підйом-спуск крана, хв (1 шт.)	0,5

$$T = \frac{M}{v} + \sum_{j=1}^{j=K} t_j^*, \quad (1.2)$$

де M - вантажопідйомність машини, т, або місткість МКР; v - номінальна швидкість завантаження, т/год (МКР/год); t_j^* - час, необхідний на підготовку машини до навантаження, яке залежить від кількості навантажуваної продукції. Залежно від зони зберігання та способу навантаження в цей час входить час різних операцій ($j = \overline{1, K}$).

Із загальної формули $V = \frac{l}{t}$ в параметр t входять час однієї поїздки чисельно рівний відношенню середнього ходу крана і швидкості, а також величина підйом-спуску крана = 0,5 хв і час стропування = 1 хв.

Для розрахунку часу завантаження 1 машини в 331 при завантаженні МКР кран-балкою були використані наступні показники $M = 21$ т, $v = 32$ т/год, t' - визначалося набором наступних параметрів: - паркування-виїзд машини - 2 хв.; тентування - 9 хв; розтентування - 9 хв. Тоді, $T = 21/32 * 60 + (2 + 9 + 9) = 59,4$ хв. (табл. 1.4).

Таблиця 1.4- Розрахунок часу завантаження 1 МКР в автомобіль кран-балкою для 33₁ місце завантаження 1

Параметр	Значення
Висота підйому, м	9
Проліт крана, м	4,2
Загальна довжина крана, м	5,4
Вантажопідйомність, т	2
Швидкість, м/с	0,33
Швидкість, м/хв.	20
Довжина ходу крана, м	15
Середній хід крана, м	7,5
Середня тривалість однієї «поїздки», хв.	0,375
Стропування, хв. (Шт.)	1
Підйом-спуск крана, хв. (Шт.)	0,5
Паркування-виїзд машини, хв.	2
Тентівка, хв.	9
Розтентування, хв.	9
Кількість МКР у ТЗ	21
Час завантаження 1 автомобіля (21 МКР),	59,4
Швидкість завантаження, т/год	32,0

Для розрахунку часу завантаження 1 т виробничих концентратів в

автомобіль, вантажопідйомністю в 22 т навалом для 33₁ місце навантаження 13 були використані наступні показники (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 - Розрахунок часу завантаження 1 т на автомобіль навалом для 33₁ місце навантаження 13.

Параметр	Значення
Номінальна швидкість відвантаження, т/год	40
Час завантаження 1 т, хв.	1,50
Паркування машини під силосом, хв.	3,0
Підготовка машини до навантаження, хв.	4,0
Виїзд з-під силосу, хв.	1,0
Вантажопідйомність машини, т	22
Час завантаження 1 машини, хв.	41,0
Швидкість завантаження, т/год	40,0

Номенклатура для відвантаження 33₂ представлена фракціонованими пісками фракцій: (-0,2+0,1 мм); (-1,2+0,8 мм); (-5,0+1,2 мм) з ємністю буфера зберігання 272 МКР (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Розрахунок буферів зберігання готової продукції 33₂ (режим роботи виробництва – цілодобово)

Продукція	Продуктивність (наповнення буфера *)*				Місткість буферів зберігання МКР
	т/год		т/доб.	т/міс.	
	Макс.	мін.	Макс.	Макс.	
Фракціонований пісок (-0,2+0,1 мм)	1,70	1,5	41	1 17	272
Фракційний пісок (-1,2+0,8 мм)	0,80	0,7	18	531	
Фракціонований пісок (-5,0+1,2 мм)	4,70	4,1	114	3 24	

*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року

Відвантаження продукції здійснюється у МКР. Місце навантаження обладнане кран-балкою 3,2 т. Місце відвантаження представляє собою глухий кут, в який технічно може розміститися два автомобілі (один за іншим).

Одночасне навантаження двох автомобілів неможливе і не ефективне в часі. Необхідно буде завантажувати машину, яка ближче до виїзду, що у свою чергу збільшить час роботи кран-балки. Усередині приміщення встановлені дві пакувальні машини продуктивністю 30 т/год кожна, а також склад, з якого і буде здійснюватиметься навантаження. Навантаження в машину здійснюватиметься верхнім способом за допомогою кран -балки з розрахунковим часом навантаження 68,1 хв. (Таблиця 1.7).

Таблиця 1.7. - Розрахунок часу завантаження 1 МКР в автомобіль кран-балкою ЗЗ₂

Параметр	Значення
1	2
Висота підйому, м	6
Проліт крана, м	6
Загальна довжина крана, м	6,6
Вантажопідйомність, т	3,2
Швидкість, м/с	0,33
Швидкість, м/хв.	20
Довжина ходу крана, м	40
Середній хід крана, м	20
Середня тривалість однієї «поїздки», хв.	1
Стропування, хв (шт.)	1
Підйом-спуск крана, хв (шт.)	1
В'їзд-виїзд машини з місця навантаження	2
Тентівка, хв.	9
Розтентування, хв.	9
Вантажопідйомність автомобіля, т	21
Час завантаження 1 автомобіля, хв.	68,1
Швидкість завантаження, т/год	20,0

Номенклатура для відвантаження ЗЗ₃ - фракціоновані піски фракції: (1,2+0,8 мм); (-5,0 +1,2 мм) (таблиця 1.8). Відвантаження продукції здійснюється навалом. Вантажна техніка: відсутня.

Таблиця 1.8 – Розрахунок буферів зберігання готової продукції (режим роботи виробництва - цілодобово) ЗЗз

Продукція	Продуктивність (наповнення буфера)*				Місткість буфер зберігання**	
	т/год		т/добу	т/міс.		
	Макс.	мін.	Макс.	Макс.	м ³	т
Фракційний пісок (-1,2 мм)	1,70	1,5	41,4	1174,0	114	159,6
Фракціонований пісок (5,0+1,2 мм)	0,80	0,7	18,8	531,9	114	159,6
*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року						
**При розрахунку ємності буферів зберігання використовувався коефіцієнт щільності 1,4 т/м ³ фракціонованого та скляного піску						

На даній ділянці навантаження навалом здійснюється наступним чином: до силосу (вологий пісок) ЗЗ₆ ; із силосу з технологічною швидкістю відвантаження 40 т/год (таблиця 1.9).

Таблиця 1.9 – Розрахунок часу завантаження 1 т навалом в автомобіль ЗЗ₃

Параметр	Значення
Номінальна швидкість відвантаження, т/год	40
Час завантаження 1 тонни, хв.	1,50
Паркування автомобіля під силосом, хв.	3,0
Підготовка автомобіля до навантаження, хв.	4,0
Вийзд з-під силосу, хв.	1,0
Вантажопідйомність автомобіля, т	22
Час завантаження 1 автомобіля, хв.	41,0
Швидкість завантаження, т/год	40,0

Номенклатура для відвантаження ЗЗ₄ представлена фракціонованими та скляними пісками (таблиця 1.10) .

Таблиця 1.10 – Основні види продукції та місця завантаження для ЗЗ₄

Продукція			Місце завантаження					
Тип	Тара	Фракція	4	5	6	7	8	9
Фракціоновані піски	Навал	(-0,2+0,1мм)	+					
Скляні піски ВС-050-1	Навал	(-0,2+0,1мм)		+	+			
Скляні піски С-070-1	Навал	(-0,2+0,1мм)				+		
Скляні піски ВС-030-В	Навал	(-0,8+0,2мм)					+	+

На цьому місці відвантаження є три фронти, тобто. одночасно може вантажитися 3 машини. Фронти розподілені за парами силосів 4-5, 6-8 та 7-9 (таблиця 1.11). З місць навантаження 5, 6, 7, 8 та 9 конвеєри переміщують скляний пісок на ЗЗ₅.

Таблиця 1.11 – Розрахунок буферів зберігання готової продукції ЗЗ₄

Продукція	Продуктивність (наповнення буфера)*				Місткість буферів зберігання**	
	т/год		т/добу.	т/міс.		
	Макс.	мін.	Макс	Макс	м ³	т
Фракціоновані піски	4,70	4,1	114,6	3248,8	389	544,6
Скляні піски ВС-050-1	17,60	15,4	423,3	11993,6	635	889
					635	889
Скляні піски С-070-1	8,70	7,6	208,9	5917,8	635	889
Скляні піски ВС-030-В	12,23	10,7	293,6	8318,3	389	544,6
					389	544,6

*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року

**При розрахунку ємності буферів зберігання використовувався коефіцієнт щільності 1,4 фракціонованого та скляного піску

Номінальна швидкість відвантаження всіх місцях навантаження ЗЗ₄ становить 100т/год (таблиця 1.12).

Таблиця 1.12 – Розрахунок часу завантаження 1 т навалом в автомобіль

33₄

Параметр	Значення
Номінальна швидкість відвантаження, т/год	100
Час завантаження 1 тонни, хв.	0,60
Паркування автомобіля під силосом, хв.	3,0
Підготовка автомобіля до навантаження, хв.	4,0
Виїзд з-під силосу, хв.	1,0
Вантажопідйомність автомобіля, т	22
Час завантаження 1 автомобіля, хв.	21,2
Швидкість завантаження, т/год	100,0

Номенклатура для відвантаження 33₅ представлена такими видами продукції: скляні піски ВС-050-1 фракції (-0,2+0,1 мм); скляні піски С-070-1 фракції (-0,2+0,1 мм); Скляні піски ВС-030-В фракції (0,8+0,2 мм) (таблиця 1.13). Відвантаження продукції здійснюється у МКР. Вантажна техніка: представлена навантажувачами 2,5 т - 3 шт. та навантажувачами 1,5 т - 2 шт.

Таблиця 1.13– Розрахунок буферів зберігання готової продукції 33₅

Продукція	Продуктивність (наповнення буфера)*				Місткість буферів зберігання
	т/год		т/добу.	т/міс.	
	Макс.	мін.	Макс	Макс	
Скло ВС-050-1 (-0,2+0,1мм)	17,60	15,4	423,3	11993,6	681
Скло С-070-1 (-0,2+0,1мм)	8,70	7,6	208,9	5917,8	
Скло ВС-030-В (-0,8+0,2мм)	12,23	10,7	293,6	8318,3	
*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року					

За конвеєрами на склад надходить скляний пісок фракцій, перерахованих вище. Для упаковки кожної з номенклатур встановлено 3 пакувальні машини. З механізму подачі МКР проводиться складування мішків у приміщенні складу за

допомогою трьох навантажувачів вантажопідйомністю 2,5 тонни. Складають мішки навалом на підлозі 2 яруси. Пісок на складі піддається перевіркам якості. Якщо скляний пісок не проходить перевірку, то може бути переведений до фракціонованого піску і все одно підлягає збуту. Навантаження в автомобіль планується здійснювати за допомогою двох навантажувачів вантажопідйомністю 1,5 т (по одному мішку) торцевим способом із двох пандусів (таблиця 1.14). Можливе паралельне навантаження двох транспортних засобів. Продуктивність пакувальних машин складає 30т/год.

Таблиця 1.14 – Розрахунок часу завантаження 1 МКР в автомобіль навантажувачем ЗЗ₅

Параметр	Значення
Вантажопідйомність, т	1,5
Швидкість, км/год.	5
Швидкість, м/хв.	83,3
Довжина складу,м.	65
Ширина складу, м	25
Середня відстань 1 їздки,м	26,1
Середня тривалість 1 їздки, хв.	0,31
Стропування (1МКР), хв	1
Завантаження (1МКР), хв	1
Закріплення 1 МКР, хв.	0,5
Паркування автомобіля, хв.	3
Вантажопідйомність автомобіля, т	21
Час завантаження 1 автомобіля, хв.	68,1
Швидкість завантаження, т/год.	21.3

Номенклатура для відвантаження ЗЗ₆ представлена вологими пісками (таблиця 1.15). Відвантаження продукції здійснюється навалом на вулиці. Навантажувальна техніка представлена ковшовим навантажувачем (таблиця 1.16).

Таблиця 1.15 – Розрахунок буферів зберігання готової продукції ЗЗ₆

Продукція	Продуктивність (наповнення буфера)*				Місткість буферів зберігання м ³
	т/год		т/доб	т/міс.	
	Макс.	мін.	Макс.	Макс.	
Вологий пісок	21,90	10,68	529,36	14 998,58	3 900
*На продуктивність наповнення буфера можуть впливати погодні умови та пора року.					

Таблиця 1.16 - Розрахунок часу завантаження 1 т вологого піску навалом в автомобіль ЗЗ₆

Параметр	Значення
Об'єм ковша навантажувача, м ³	2,5
Щільність вологого піску, т/м ³	2
Маса піску в одному ковші, т	5
Ковши для повного завантаження, шт.	5
Переміщення навантажувача для 1 ковша, хв.	0,5
Час наповнення 1 ковша навантажувачем, з	10
Час наповнення 1 ковша навантажувачем, хв.	0,17
Швидкість завантаження 1 ковша в автомобіль	10
Швидкість завантаження 1 ковша в автомобіль	0,17
Під'їзд автомобіля до МП, хв.	3
Вантажопідйомність автомобіля, т	22
Час завантаження 1 автомобіля, хв.	9,0
Швидкість завантаження, т/год	225,0

Таким чином, в результаті проведених досліджень було змодельовано параметри часу завантаження одного автомобіля Т (21 МКР), хв. та швидкості завантаження, v , т/год (таблиця 1.17), а також методом найменших квадратів побудовано регресійний взаємозв'язок виду $T = 938,02 v = 0,843$ та визначено коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,96$, що дозволили виділити для всіх місць на промисловому майданчику зони ефективного та неефективного завантаження готової продукції підприємства.

Таблиця 1.17- Зведені показники часу та швидкості завантаження по зонах зберігання продукції підприємства

Параметри	Зони зберігання					
	ЗЗ ₁	ЗЗ ₂	ЗЗ ₃	ЗЗ ₄	ЗЗ ₅	ЗЗ ₆
Час завантаження одного автомобіля (21 МКР, хв.)	59,4	68,1	41,0	21,2	9,0	68,1
Швидкість завантаження, т/год	32,0	20,0	40,0	100	225	21,3

Аналогічним чином було отримано сімейство прогнозних кривих для різних варіантів вантажопідйомності транспортних засобів, що виділяються під навантаження в зонах зберігання готової продукції підприємства «Кіровоград-Граніт» в діапазоні від 10 до 41 т.

1.3 Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства

Проведений аналіз статистичних даних показників [35, 40] вантажних робіт для різних зон зберігання транспортно-логістичного терміналу дозволив виявити щільність розподілу ймовірностей переповнення складу та зупинення виробництва через відсутність місця зберігання готової продукції та простою транспортних засобів через відсутність готової продукції та невиконання договірних зобов'язань щодо її доставки кінцевому споживачеві для більшості позицій номенклатури виробленої продукції (таблиця 1.18)

Таблиця 1.18 - Визначення густини розподілу ймовірностей безвідмовної роботи буферних ємностей зберігання готової продукції підприємства

Номенклатура продукції		Щільність ймовірності	
		Перевантаження складу і зупинки виробництва, через відсутність місця зберігання готової продукції	Простий транспортних засобів через відсутність готової продукції
Концентратори	K1	15*1000*normal (x; 760; 1729)	15*1000* lognorm (x; 5,8; 1)
	K2	18*200* normal (x; 205; 399)	18*200* expon (x; 0,0049)
	K3	7*10*lognorm(x; 4,7; 0,3)	7*10* expon (x; 0,0092)
Фракціоновані піски	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм)	10*500*expon(x; 0,0016)	10*500* lognorm (x; 5; 1,63)
	ФП2 (-1,2 + 0,8 мм)	13*1000* normal (x; 1083; 2434)	13*1000* lognorm (x; 5; 1,75)
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм)	31*5000* normal (x; 7465; 17698)	31*5000* lognorm (x; 6; 2)
Піски для скляної промисловості	СП1 (-0,2 + 0,1 мм)	4*10000* normal (x; 67352; 37699)	4*10000* lognorm (x; 11; 0,6)
	СП2 (-0,8 + 0,2 мм)	4*10000* expon (x; 1,5E-5)	31*5000* expon (x; 0,0001)
	СП3 (-0,2 + 0,1 мм)	13*1000* expon (x; 0,0009)	15*1000* expon (x; 0,0013)

Крім того, різні варіанти функціонування вантажного терміналу можна описати в термінах і моделях теорії масового обслуговування, де за основу розв'язання задачі береться розімкнена система з обмеженою довгою чергою, оскільки машини на підприємстві завантажуються у відведеному терміналі і мають можливість переходу всередині промислового майданчика в інші місця навантаження в залежності від довжини черги. У такій постановці вхідний потік пуасонівський вимог навантаження готової продукції описується інтенсивністю X , а його обслуговування відбувається n - вантажними терміналами з інтенсивністю V , при цьому час завантаження автомобіля має експоненційний закон розподілу.

У такому випадку ймовірність простою системи вантажних терміналів

(ймовірність відсутності автомобілів під навантаження) визначатиметься за такою формулою :

$$P_0 = \left[1 + \frac{p^1}{1!} + \frac{p^2}{2!} + \dots + \frac{p^n}{n!} \frac{p/n - (p/n)^{l+1}}{1 - p/n} \right]^{-1}, \quad (1.3)$$

де p - наведена інтенсивність потоку машин під навантаження в терміналі, яка характеризує середню кількість машин, що надходять під навантаження за середній час навантаження однієї машини.

Імовірність відмови у завантаженні визначатиметься з розрахунку ймовірності наявності в системі $(n+1)$ машин, коли будуть зайняті всі вантажні термінали n і всі місця в черзі 1:

$$P_{\text{відм}} = P_{n+l} = P_0 \frac{p^{l+n}}{n^l n!}. \quad (1.4)$$

Відносна q та абсолютна пропускні a спроможності терміналів навантаження будуть визначатися через наступні співвідношення:

$$q = 1 - P_{\text{відм}}, \quad a = q\lambda, \quad (1.5)$$

а середня кількість зайнятих навантаженням терміналів:

$$Z = a/\nu. \quad (1.6)$$

Позначивши p/n через χ можна отримати вираз для середньої кількості машин у черзі під завантаження:

$$r = \frac{p^{n+1} p_0}{n - n!} \frac{(l+1)\chi^l + l\chi^{l+1}}{(1-\chi)^2}, \quad (1.7)$$

а середня кількість машин під завантаження, середній час очікування та середній час завантаження автомобіля будуть визначатися виразами :

$$k=r+z, \quad t_{\text{оч}} = r/\lambda, \quad t_{\text{сер}} = t_{\text{оч}} + t_{\text{обсл}}. \quad (1.8)$$

Визначивши безвідмовну роботу буферної ємності навантаження як подію (S_1) з ймовірністю настання $P(T)$, простій системи вантажних терміналів за відсутності автомобілів під навантаження через подію (S_2) з ймовірністю настання $P_{\text{відм}}$, а зайнятість машинами всіх вантажних терміналів через подію (S_3) з ймовірністю появи $P_{\text{відм}}$ маємо можливість розрахувати ймовірність

безвідмовної роботи системи навантаження готової продукції підприємства.

У такій постановці результуюча сума ймовірності трьох подій ($P_{рез}$) визначатиметься з наступного співвідношення:

$$P_{рез} = P\left(\sum_{i=1}^{i=3} S_i\right) = \sum_i P(S_i) - \sum_{i,j} P(S_i S_j) + \sum_{i,j,k} P(S_i S_j S_k). \quad (1.9)$$

Таким чином, величина ризику безвідмовного навантаження ($R_{бп}$) готової продукції на промисловому майданчику підприємства висловлюватиметься таким співвідношенням:

$$R_{бп} = R_{бе} + R_{прс} + R_{оп}, \quad (1.10)$$

де $R_{бе}$ - ризик безвідмовної роботи буферної ємності навантаження готової продукції підприємства ($R_{бе} = R_{пс} + R_{пт}$), де ризик переповнення складу через відсутність місця зберігання ($R_{пс}$); ризик простою транспортних засобів через відсутність готової продукції ($R_{пт}$); $R_{прс}$ - ризик простою системи вантажних терміналів за відсутності автомобілів під навантаження; $R_{оп}$ - ризик відмови у завантаженні (зайнятість машинами всіх вантажних терміналів). У такій постановці величина безвідмовного навантаження готової продукції на виробничому майданчику підприємства складатиметься з наступних складових:

$$R_{бп} = R_{пс} + R_{пт} + R_{прс} + R_{оп}, \quad (1.11)$$

кожне з яких є математичним очікуванням відповідної шкоди для певної зони зберігання та місця навантаження готової продукції підприємства (таблиця 1.19, рисунок 1.5-1.6).

Таблиця 1.19 - Розрахунок величини ризику безвідмовного навантаження готової продукції транспортно-логістичному терміналі підприємства

Продукція			Зона зберігання/місце навантаження	Ризик безвідмовної роботи буферної ємності ($R_{бп}$), у.о.		Ризик простою системи навантажуваних терміналів ($R_{пр}$) у.о.	Ризик відмови в навантаженні ($R_{оп}$), у.о.	Ризик безвідмовного навантаження готової продукції ($R_{бп}$), у.о.
Тип	Тара	Фракція		$R_{пс}$	$R_{пт}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
K1	МКР	-	33 ₁ /МН ₁	313,6	262,4	44,8	19,2	640,0
	Навал		33 ₁ /МН _{1,3}	7,1	4,8	11,2	10,9	34,0
K2	МКР	-	33 ₁ /МН ₁	163,5	11,0	33,1	13,3	220,9

КЗ	МКР	-	33 ₁ /МН ₁	34,0	4,9	12,2	9,7	60,8
Фракціоновані піски	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₂ /МН ₂	234,0	222,0	54,0	90,0	600,0
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₂ /МН ₂	68,3	28,0	33,3	45,5	175,0
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₂ /МН ₂	25,2	16,1	19,6	9,1	70,0
	Навал (сух.)	(-0,2+0,1 мм)	33 ₃ /МН ₄	258,0	108,0	132,0	102,0	600,0
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₃ /МН ₃	22,4	2,8	4,4	10,4	40,0
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₃ /МН ₃	7,5	6,9	6,3	9,3	30,0
	Навал (влаг.)	(-0,2+0,1 мм)	33 ₆ /МН _{1,2}	239,7	24,0	52,7	163,0	479,4
		(-1,2+0,8 мм)	33 ₆ /МН _{1,2}	87,3	46,3	37,4	7,1	178,1
		(-5,0+1,2 мм)	33 ₆ /МН _{1,2}	3,7	15,7	12,4	9,5	41,4
Скляні піски ВС-050-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₅ /МН _{10,11}	840,0	218,4	117,6	504,0	1680,0
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	33 ₄ /МН _{5,6}	886,0	590,6	214,8	993,4	2684,8
Скляні піски ВС030-В- С—070-1	МКР	(-0,2+0,1 мм)	33 ₅ /МН _{10,11}	944,5	401,9	120,6	542,6	2009,6
	Навал	(-0,2+0,1 мм)	33 ₄ /МН ₇	1171,8	226,8	226,8	264,6	1890,0
	МКР	(-0,8+0,2 мм)	33 ₅ /МН _{10,11}	813,1	961,0	394,2	295,7	2464,0
	Навал	(-0,8+0,2 мм)	33 ₄ /МН _{8,9}	281,3	625,2	31,3	625,2	1563,0

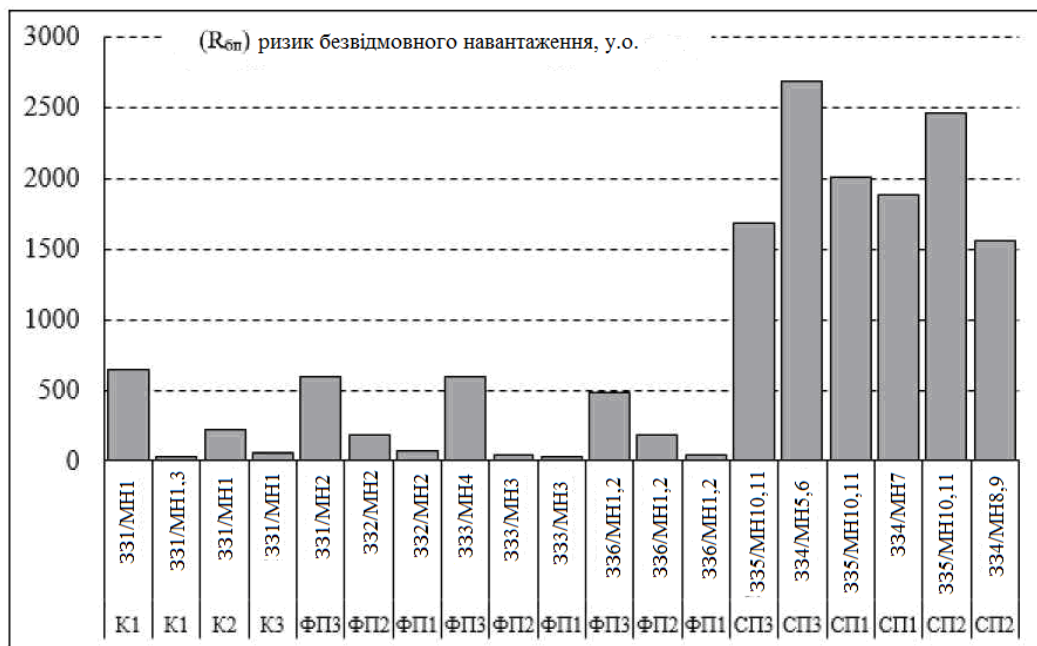


Рисунок 1.5 - Ризики безвідмовного навантаження для відповідних зон зберігання та місць навантаження готової продукції у транспортно-логістичному терміналі підприємства

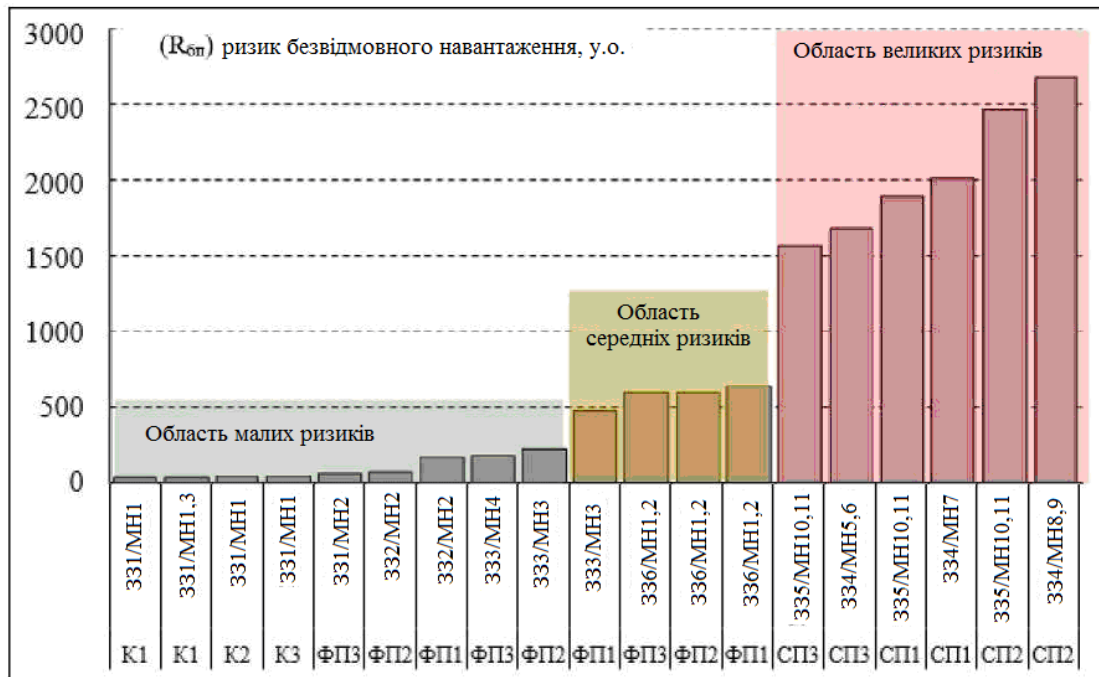


Рисунок 1.6- Ранжований ряд ризиків безвідмовного навантаження для відповідних зон зберігання та місць навантаження готової продукції у транспортно-логістичному терміналі підприємства

На підставі оцінок ймовірностей виникнення ризиків та рівня впливу (в об'ємному та вартісному еквіваленті) на процеси вантажних робіт була побудована матриця ризиків безвідмовного навантаження для всієї номенклатури виробленої продукції у розрізі відповідних зон зберігання та місць навантаження транспортно-логістичного терміналу підприємства (Рисунок 1.7).

[80;100]			(СП2) 334/МН8,9		(СП3) 334/МН5,6 (СП2) 335/МН10,11
[60;80]			(К1) 331/МН1	(СП1) 335/МН10,11	(СП1) 334/МН7
[40;60]	(ФП1) 332/МН2	(ФП3) 332/МН2		(ФП3) 333/МН4	(СП3) 335/МН10,11
[20;40]	(ФП2) 333/МН3 (ФП2) 336/МН12	(К3) 331/МН1 (ФП1) 332/МН2 (ФП1) 336/МН12	(ФП3) 336/МН12		
[0;20]		(ФП1) 333/МН3 (К1) 331/МН13	(К2) 331/МН1		
Вплив Ймовірність	[0;20]	[20;40]	[40;60]	[60;80]	[80;100]

Рисунок 1.7 - Матриця ризиків безвідмовного навантаження для відповідних зон зберігання та місць навантаження готової продукції у транспортно - логістичному терміналі підприємства ЗАТ «Кіровоград Граніт»

Таким чином в результаті проведених досліджень техніко-технологічних показників зон зберігання та місць навантаження готової продукції підприємства методом найменших квадратів були визначені для кожної зони взаємозв'язку часу завантаження одного автомобіля від швидкості завантаження, що дозволили виділити на виробничому майданчику зони ефективного та неефективного завантаження.

Мета дослідження: підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» на основі визначення оптимальних параметрів вантажоперевезення та оперативного моніторингу техніко-економічних показників вантажно-розвантажувальних робіт ТОВ "ЛАНДТЕХ".

Реалізація поставленої мети вимагала вирішення наступних завдань :

- проаналізувати показники функціонування транспортно-логістичного терміналу майданчика підприємства та прогнозування параметрів завантаження одного автомобіля для різних варіантів вантажопідйомності транспортних засобів;
- визначити ймовірності настання ризику безперебійного відвантаження готової продукції: можливість безвідмовної роботи буферної ємності навантаження; ймовірність простою системи вантажних терміналів за відсутності автомобілів під навантаження; можливість зайнятості машинами всіх вантажних терміналів; результуюча можливість безвідмовної роботи всієї системи навантаження готової продукції транспортно-логістичного терміналу підприємства;
- обґрунтувати вибір транспортних засобів для перевезення готової продукції виробничого підприємства з урахуванням логістичних техніко-економічних показників, варіантів розташування вантажу, системи взаємозв'язків розмірів заподіяної шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та допустимої маси для різних видів транспортних засобів;
- формалізація та моделювання сценаріїв різних вантажів, і критеріїв оптимальності (обсяги перевезень, час роботи транспортного засобу, сумарні витрати на транспортування всього обсягу продукції) з урахуванням умов

неповного використання парку транспортних засобів та рівня значущості (пріоритетності) певних маршрутів доставки готової продукції.

Наукова новизна результатів:

1. Розроблено нові підходи до визначення часових інтервалів та ймовірності виникнення ризику безперебійного відвантаження виробленої продукції (безвідмовної роботи буферної ємності), які, на відміну від існуючих, включають прогнозні оцінки ризику переповнення складу та зупинки виробництва через відсутність місць зберігання готової продукції та ризику простою транспортних засобів через відсутність своєчасних поставок готової продукції.

2. Отримано нові дані щодо взаємозв'язків ціни доставки готової продукції підприємства з урахуванням специфічних особливостей транспортування вантажів на різні відстані, а також визначено залежність середньої швидкості руху від відстані перевезення.

Практична цінність роботи:

1. Розроблено матрицю ризиків безвідмовного навантаження для відповідних зон зберігання і місць навантаження готової продукції в транспортно-логістичному терміналі підприємства з диференціацією по номенклатурі виробленої продукції та способів відвантаження.

2. Розроблено механізм вирішення завдання вибору транспортних засобів для ефективного перевезення готової продукції підприємства за сукупністю оціночних критеріїв, що базується на результатах моделювання рішення задачі вибору транспортних засобів за їх технічною готовністю, організаційної забезпеченості та економічної ефективності.

3. Проведено прогнозну оцінку вартості доставки готової продукції споживачам та потенційних можливостей транспортного підприємства щодо надання необхідної кількості транспортних послуг для широкого діапазону інтервальних значень доставки вантажів. Прогнозні моделі формувалися виходячи з аналізу статистичних даних.

РОЗДІЛ 2 ВИБІР КРИТЕРІЇВ І МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Обґрунтування вихідної множини оціночних критеріїв та вирішення задачі вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства

Обґрунтування та вибір типу ТЗ для перевезення готової продукції підприємства ґрунтувалися на тому, що необхідно запропонувати підходи, методи та інструменти, які дозволять отримати максимальну ефективність транспортної складової при стабільному та керованому ланцюга постачань. При цьому за неправильну вказівку ваги та за перевищення допустимої маси ТЗ або допустимого навантаження на вісь ТЗ, або допустимих габаритів ТЗ, юридичними особами або індивідуальними підприємцями, що здійснили навантаження вантажу на транспортний засіб, передбачені штрафні санкції.

Основні етапи вирішення завдання вибору ТЗ для транспортування готової продукції підприємства полягають у наступному:

Етап 1. Формування вихідної множини альтернативних варіантів ТЗ та сукупності оціночних критеріїв для оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємства;

Етап 2. Формування структури переваг оціночних критеріїв для певного типу ТЗ перевезення готової продукції підприємства;

Етап 3. Формування впорядкованої множини ТЗ для перевезення готової продукції підприємства.

У рамках першого етапу вибір рухомого складу відбувався на підставі наступних груп критеріїв:

Група 1. Технічні особливості рухомого складу та вагових параметрів ТЗ (технічні критерії):

1.1 Вантажопідйомність тягача, т (TKp_1);

1.2 Споряджена маса тягача, т (TKp_2);

- 1.3 Повна маса автопоїзда, т (ТКр₃);
- 1.4 Довжина, м (ТКр₄);
- 1.5 Ширина, м (ТКр₅);
- 1.6 Висота, м (ТКр₆);
- 1.7 Об'єм кузова, м³ (ТКр₇);
- 1.8 Номінальна потужність двигуна, кВт (ТКр₈);
- 1.9 Максимальна швидкість, км/год (ТКр₉);
- 1.10 Витрати палива, л/100 км (ТКр₁₀);
- 1.11 Об'єм двигуна, л (ТКр₁₁);
- 1.12 Потужність двигуна, л.с. (ТКр₁₂);
- 1.13 Шини, дюйми (ТКр₁₃);
- 1.14 Об'єм паливного бака, л (ТКр₁₄);
- 1.5 Радіус розвороту, м (ТКр₁₅).

Група 2. Розташування вантажу в кузові, збереження вантажу при транспортуванні, безпеки вантажно-розвантажувальних операцій (Організаційні критерії) :

- 2.1 Час у наряді за добу, год (Окр₁);
- 2.2 Число робочих днів на рік, дні (ОКр₂);
- 2.3 Число днів у капітальному ремонті, дні (ОКр₃);
- 2.4 Ресурс до капітального ремонту, тис. км (ОКР₄);
- 2.5 Коефіцієнт ТОР, К, чол. * год/1000 км (ОКр₅);
- 2.6 Простої з організаційних причин, дні (ОКР₆);
- 2.7 Кількість ремонтних робітників, чол. (ОКр₇);
- 2.8 Кількість механіків у гаражі, чол. (ОКр₈).

Система обмежень за цією групою оціночних критеріїв полягає в наступних постановках: дотримання допустимих осьових навантажень за максимального корисного навантаження ТЗ; відповідальність відправника вантажу за збереження вантажу при транспортуванні; оптимізації часу вантажно-розвантажувальних операцій

Група 3. Поєднання потенційних технічних та технологічних інтересів з можливостями ринку автотранспортних послуг (економічні, ринкові критерії).

- 3.1 Термін служби тягача, років;
- 3.2 Темп зростання експлуатаційних витрат на ТОР на рік, % (РКр₁);
- 3.3 Тарифна ставка ремонтників, грн./год (РКр₂);
- 3.4 Коефіцієнт накладних витрат (РКр₃);
- 3.5 Коефіцієнт витрат за запасні частини (РКр₄);
- 3.6 Вартість шини, тис. грн. (РКр₅);
- 3.7 Ціна автопоїзда, млн. грн. (РКр₆);
- 3.8 Частка залишкової вартості ціни після 8 років експлуатації, % (РКр₇).

Кожна комплектація рухомого складу аналізувалась за дотриманням вагових параметрів у порожньому стані, при рівномірному (розташування центру тяжіння посередині вантажного відсіку) завантаженні до повної маси, при завантаженні до повної маси зі зміщенням центру тяжіння та при весняно-осінніх обмеженнях: 6 т на одну вісь, 10 т на групу з двох осей, 12 т на групу з трьох осей, 16 т на групу з чотирьох осей.

Найпопулярніший (поширений) тип транспортних засобів сідельний автопоїзд, у складі тягача з колісною формулою 4X2 (двохосний з двосхилим ошиновуванням) і тривісного шторного напівпричепа. Оптимальний варіант причіпного рухомого складу - стандартний шторний напівпричіп власною масою не більше 6500 кг у складі з двовісним сідельним тягачом і 6800 кг з сідельним тривісним тягачом.

Переваги шторної комплектації перед бортовим варіантом тенту полягає в тому, що даний варіант легше на 300-350 кг, немає необхідності відкривати і закривати борти, отже, швидше можливо здійснити навантаження і розвантаження, спрощена система кріплення стяжними ремнями. Алюмінієві борти сучасних напівпричепів не можуть бути засобом кріплення, оскільки при перевищенні навантаження висока ймовірність його деформації і, отже, виникнення додаткових витрат на ремонт та обслуговування.

Переваги шторної комплектації перед відкритим бортовим варіантом полягають у тому, що вантаж захищений від опадів, питоме навантаження (на один погонний метр) на раму/підлогу шторного напівпричепа дещо вище, тому що частина навантаження забирає на себе надбудову. Переваги шторної

комплектації перед фургоном/рефрижератором полягають у тому, що вона легша на 800-1000 кг і є можливість завантаження збоку відразу 2 МКР.

При перевезенні готової продукції підприємства в МКР масою в 1т і номінальною площею 1,0х1,0 м² можна досягти максимального корисного навантаження за рахунок точного розташування і оптимального кріплення вантажу.

Для вибору ТЗ були розглянуті технічні особливості рухомого складу та розташування вантажу в кузові під час перевезення у МКР для наступних варіантів комплектацій (таблиця 2.1).

Крім того, у роботі були розглянуті різні варіанти використання автопоїздів при перевезенні готової продукції підприємства, які мають у транспортно-логістичній системі низку значних переваг, таких як: більший обсяг перевезення за один рейс; можливість різного рівня ремонту, технічного обслуговування чи заміни лише однієї частини автопоїзда; кілька менші окремі статті експлуатаційних витрат порівняно з одиночними вантажівками.

Таблиця 2.1 – Вихідна множина можливих варіантів використання транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства

№ п/п	Тип ТЗ	Мінімально граничне навантаження на вісь при повному завантаженні ТЗ,	Повна вага ТЗ при повному завантаженні, т
1	П'ятивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з колісною формулою 4х2 і трьохвісного причепа (еврофура)(ТЗ ₁)	10	40
2.	П'ятивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з рефрижератором і трьохколісного причепа (ТЗ ₂)	10	40
3.	Шестивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача і трьохколісного причепа (ТЗ ₃)	10	44
4.	Шестивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача і чотирьохколісного причепа (ТЗ ₄)	10	44
5.	Одинична 2-х вісна вантажівка 4х2 (ТЗ ₅)	10	18
6.	Одинична 3-х вісна вантажівка 6х2 (ТЗ ₆)	15 на 2 осі	25
7.	Одиночний самоскид з колісною формулою 8х4 (ТЗ ₇)	16 на 2 осі	32

8.	Самоскидний автопотяг в складі трьохвісного сидельного тягача з колісною формулою 6х2 і трьохвісного напівпричепа (ТЗ ₈)	36,5 на три осі	44
9.	Самоскидний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з колісною формулою 4х2 і трьохвісного напівпричепа (ТЗ ₉)	18	40

Варіант 1. П'ятівісний автопотяг у складі двовісного сидельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа («єврофура»)

Даний вид транспортного пропонується використовувати як один із основних, виходячи з описаних критеріїв вибору рухомого складу.

Внутрішні розміри напівпричепа: тент 13,62 х 2,47 х 2,67-2,71 м, допустиме осьове навантаження навантажувача на підлогу 5,4 або 7,1 т; рефрижератор 13,31 х 2,46 х 2,6 м, допустиме осьове навантаження навантажувача на підлогу 7 т.

Для розрахунку був взятий автопоїзд власною масою 15338 з допустимою повною масою для п'ятівісного автопоїзда в Україні 40 000 кг. Корисне навантаження може становити 24642 кг (рисунок 2.1).

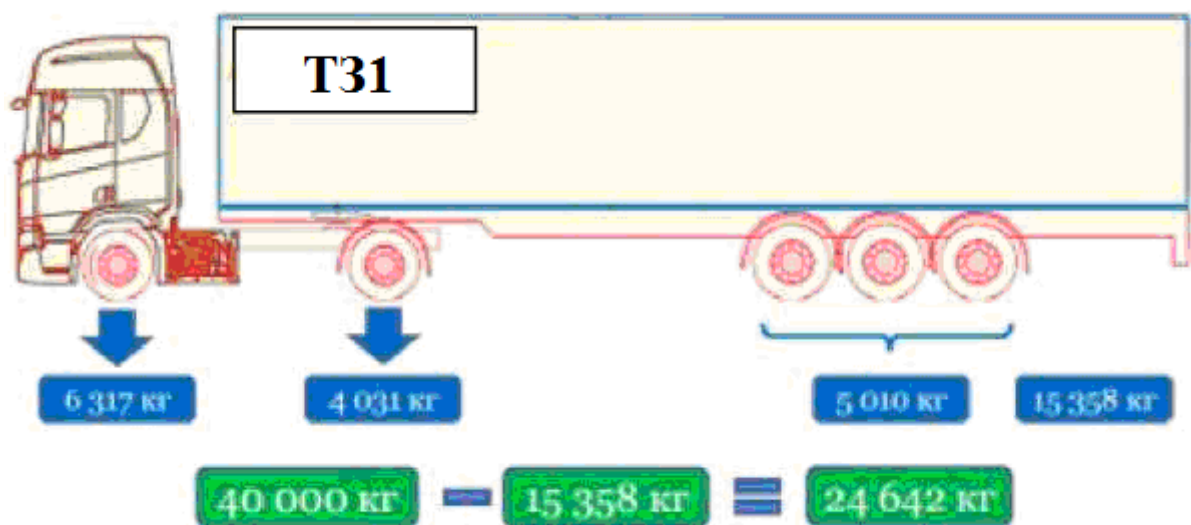


Рисунок 2.1 - Загальний вид автопоїзда власною масою 15338кг з допустимою повною масою для п'ятівісного автопоїзда 40 000 кг та корисним навантаженням 24642кг

При цьому при рівномірному завантаженні даного автопоїзда до максимальної повної маси з розташуванням центру ваги посередині напівпричепа отримуємо перевантаження провідною осею тягача (рисунок 2.2).

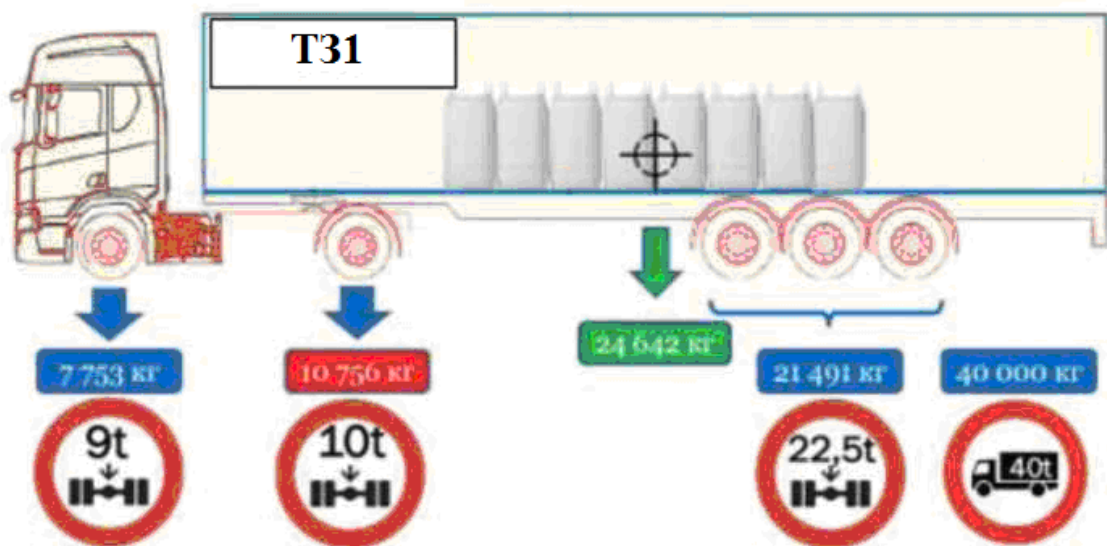


Рисунок 2.2 – Варіант рівномірного завантаження автопоїзда до максимальної повної маси з розташуванням центру ваги посередині напівпричепа

При завантаженні з розташуванням центру тяжіння посередині без перевищення осьових навантажень максимальне корисне навантаження не повинно перевищувати 21 900 кг (рисунок 2.3).

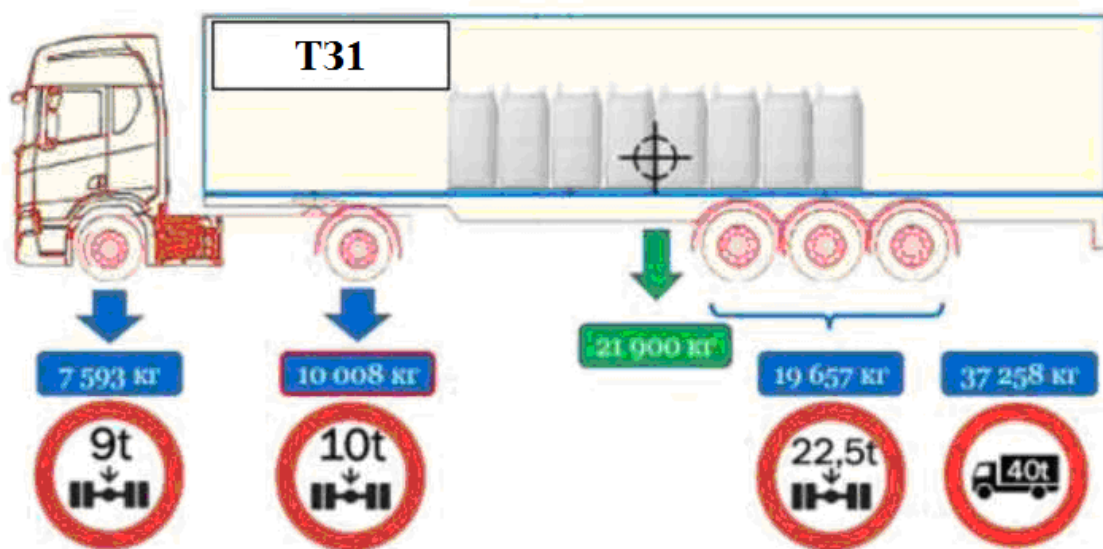


Рисунок 2.3 – Завантаження автопоїзда з розташуванням центру тяжіння посередині без перевищення осьових навантажень

Основною проблемою дотримання осьових навантажень даного виду автопоїзда є перевантаження провідної осі тягача при недовантаженій групі осей. Розставивши вантаж так, щоб центр ваги зрушив назад, можемо занурити 24 000 кг або 24 МКР (рисунок 2.4).

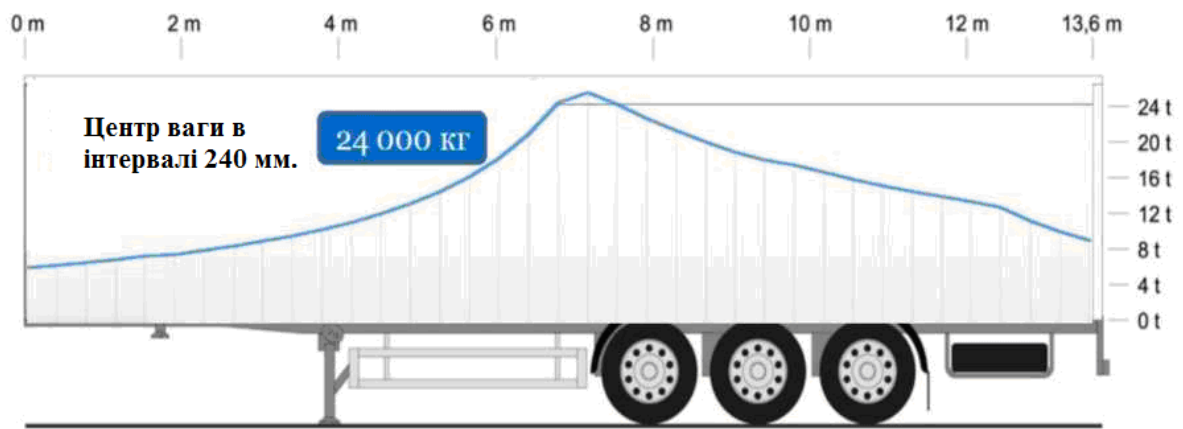


Рисунок 2.4 - Діаграма позиціонування центру ваги автопоїзда при максимальному завантаженню

Було розглянуто два варіанти розміщення МКР: варіант 1- розміщення 21 МКР; варіант 2 - розміщення 24 МКР.

Варіант 1 розміщення 21 МКР (спосіб 1). У цьому варіанті перші три ряди розставляються по 1 МКР без відстані між передньою стінкою та між собою. Далі слідує 9 рядів по два МКР у кожному. При цьому варіанті розміщення відбувається перевантаження по провідній осі тягача. Таким чином, такий спосіб розміщення МКР не допустимий (рисунок 2.5).

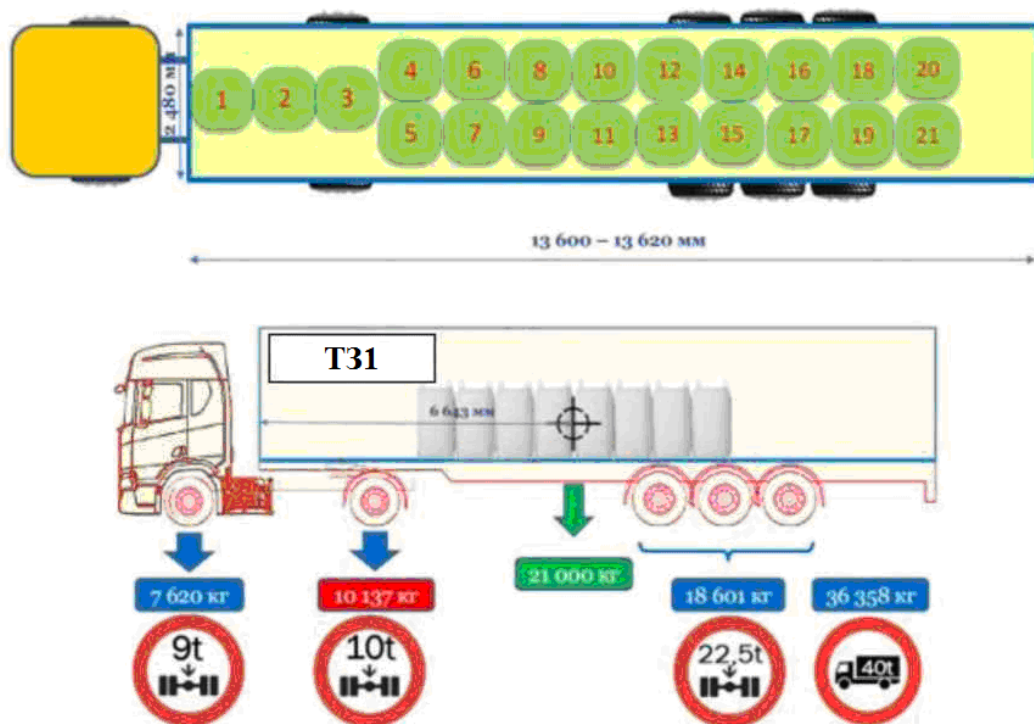


Рисунок 2.5 - Варіант розміщення в автопоїзді 21 МКР (спосіб 1)

Варіант 1 розміщення 21 МКР (спосіб 2). У цьому варіанті перші чотири ряди розставляються по 1 МКР без відстані між передньою стінкою та між собою. Далі слідує 8 рядів по два МКР у кожному і ще один ряд по 1 МКР. При цьому варіанті розміщення перевантаження по осях немає. Необхідно використовувати цей варіант розміщення МКР (рисунок 2.6).

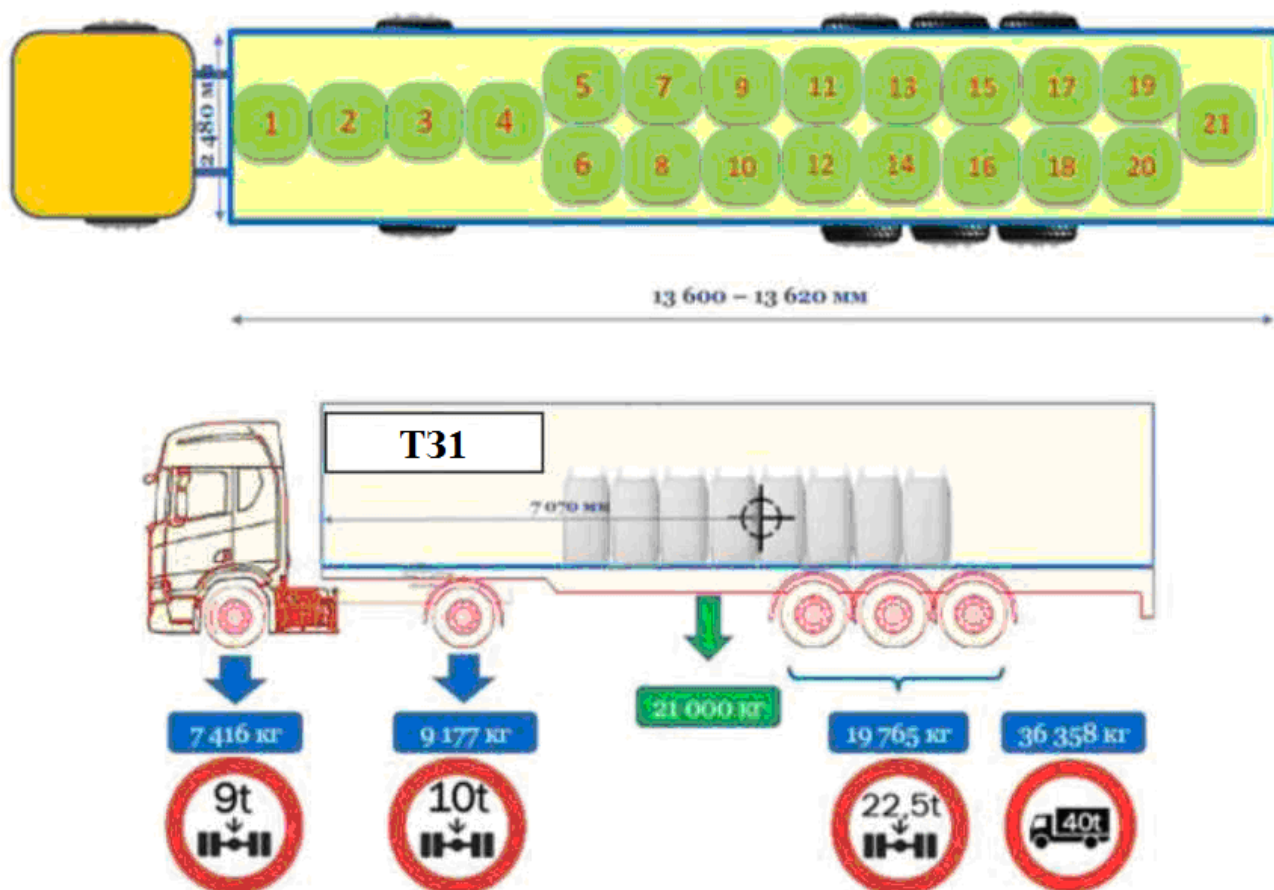


Рисунок 2.6 - Варіант розміщення в автопоїзді 21 МКР (спосіб 2)

Варіант 1 розміщення 24 МКР. У цьому варіанті перші два ряди розставляються по 1 МКР без відстані між передньою стінкою та між собою. Якщо решта 11 рядів стануть рівно в 11 м, то відстань від передньої стінки до 3-го ряду має бути не менше 2,1 м. Інакше буде перевантаження по провідній осі тягача. 24 МКР увійде, якщо в середньому в довжину кожен МКР не перевищуватиме 1,04 м (рисунок 2.7).

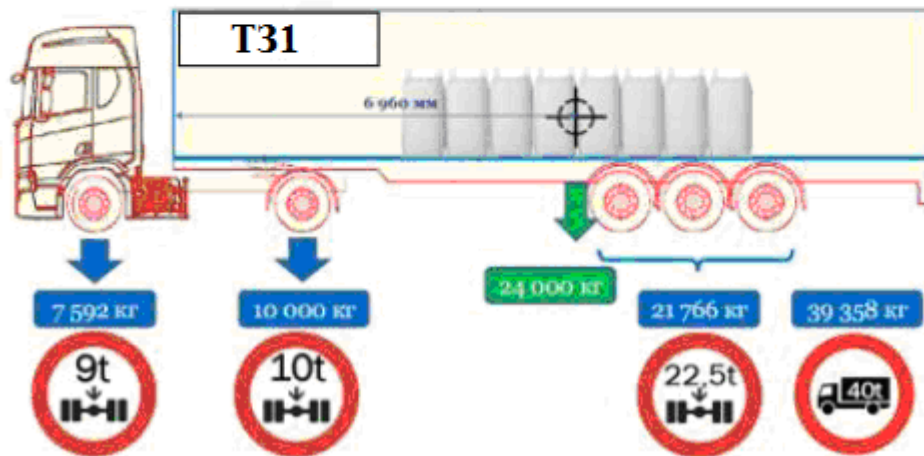


Рисунок 2.7 Варіант розміщення в автопоїзді 24 МКР

Варіант 2. П'ятівісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з рефрижератором та напівпричепа тривісного

Спосіб 1. У цьому способі перші три ряди розставляються по 1 МКР без відстані між передньою стінкою та між собою. Далі слідує 9 рядів по два МКР у кожному. Місткість складає 21 МКР. При цьому варіанті розміщення відбувається перевантаження по провідній осі тягача. Таким чином, такий спосіб розміщення МКР не допустимий.

Спосіб 2. У цьому способі перші чотири ряди розставляються по 1 МКР без відстані між передньою стінкою та між собою. Далі слідує 8 рядів по два МКР у кожному і ще один ряд по 1 МКР. Місткість складає 21 МКР. При цьому варіанті розміщення перевантаження по осях немає. Необхідно використовувати цей варіант розміщення МКР (рисунок 2.8).

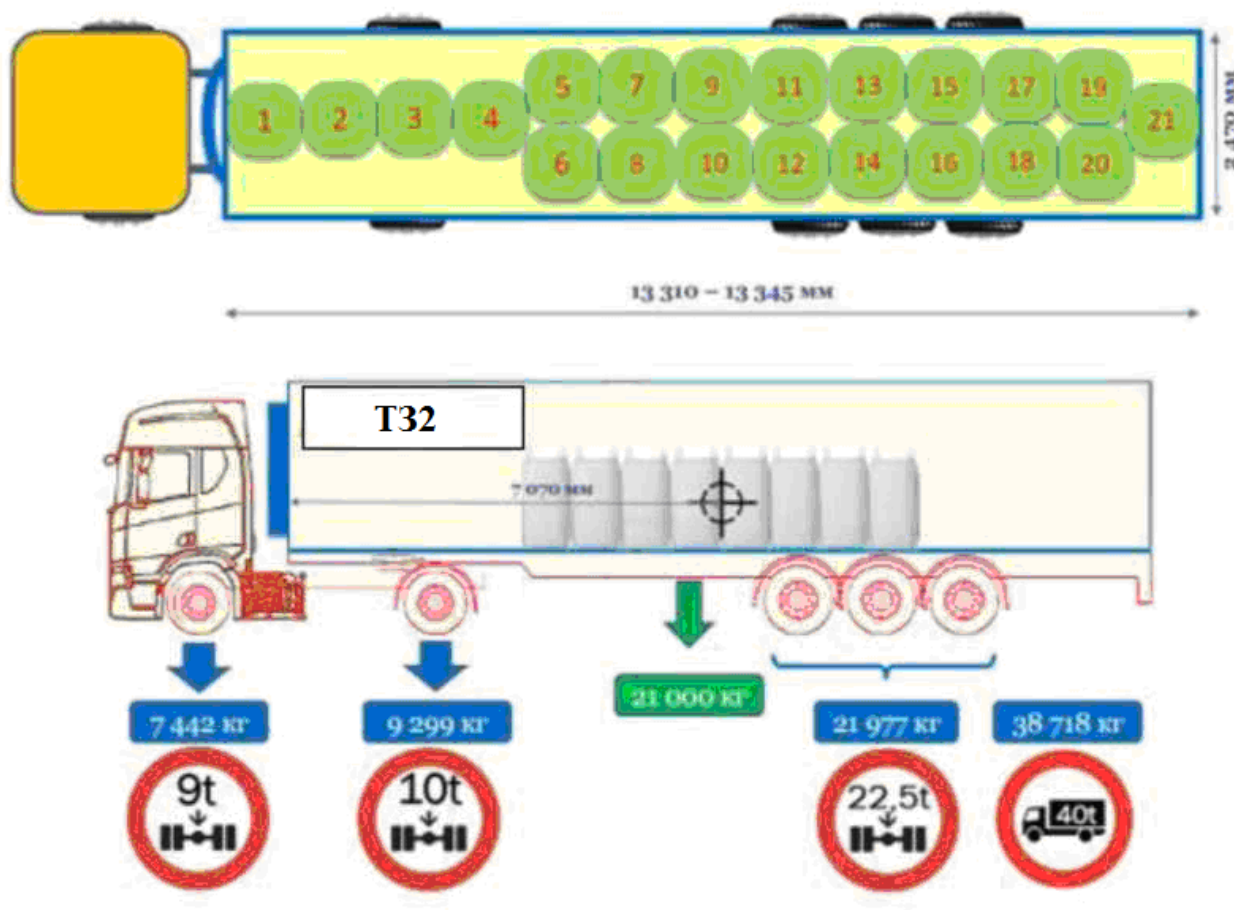


Рисунок 2.8 - Розстановка 21 МКР (спосіб 2) у двовісному сідельному тягачі з рефрижератором та тривісним напівпричепом

Варіант 9. Самоскидний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4x2 та тривісного напівпричепа

У даного типу автопоїзда рульова вісь та ведуча вісь з подвійною ошиновкою, а об'єм кузова становить 34 м^3 . Це один із найбільших кузовів, що застосовуються на території України («Тонар»), і один із найлегших.

При задньому положенні зчіпного шворня__потенційне корисне навантаження становить 22352кг. При рівномірному завантаженні 22352кг до дозволеної повної маси 40000 кг відбувається перевантаження по провідній осі тягача. Передбачувано змістити центр тяжкості сипучого вантажу майже неможливо (рисунок 2.39).

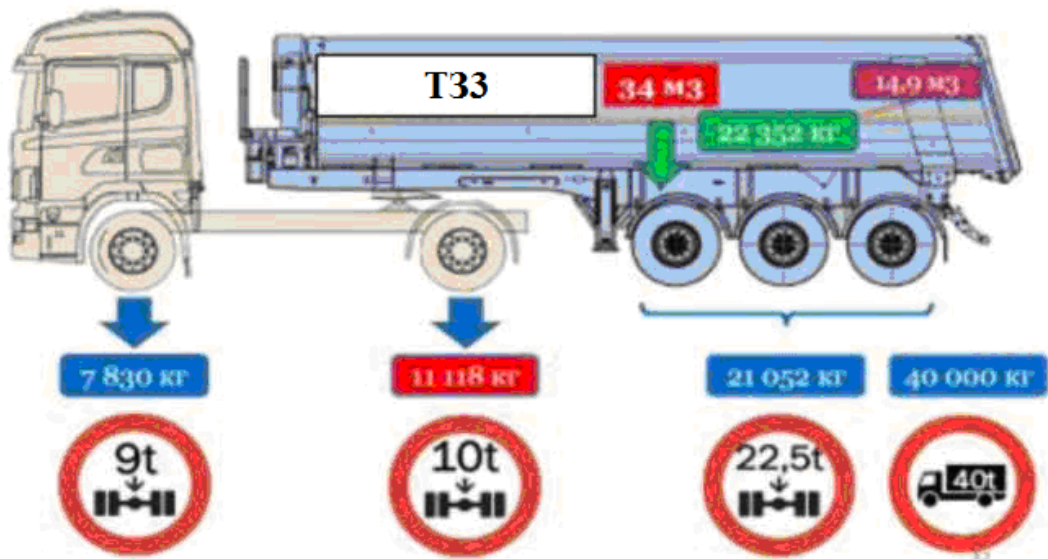
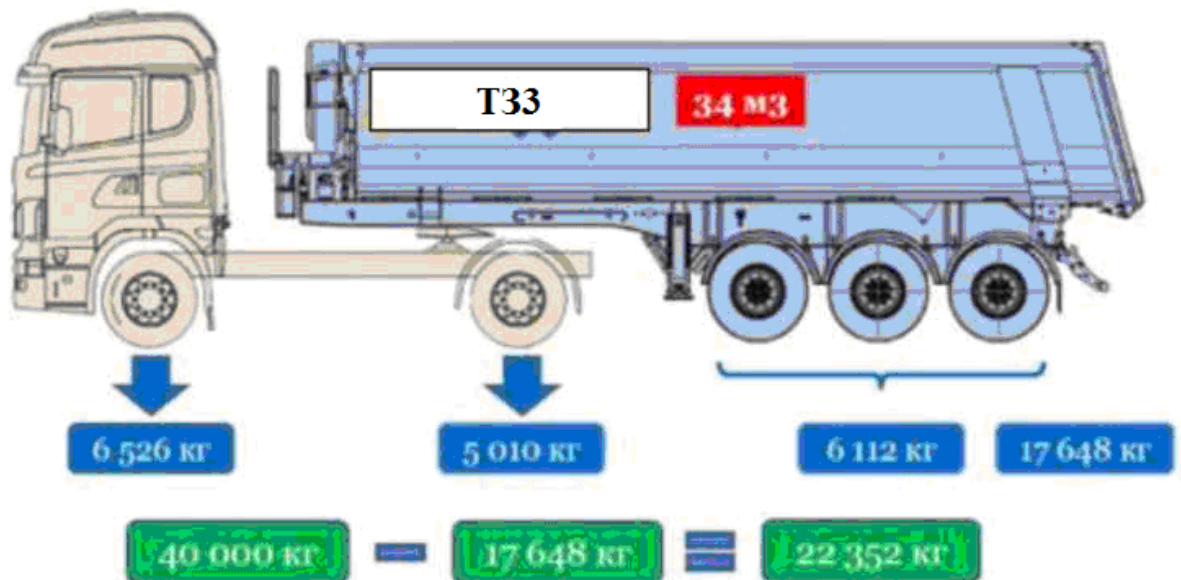


Рисунок 2.9 - Перевантаження по провідній осі тягача при рівномірному завантаженні 22352 кг до дозволеної повної маси 40000 кг

Без перевантаження по вісях у цю комбінацію можна завантажити 18 259 кг (рисунок 2.10).

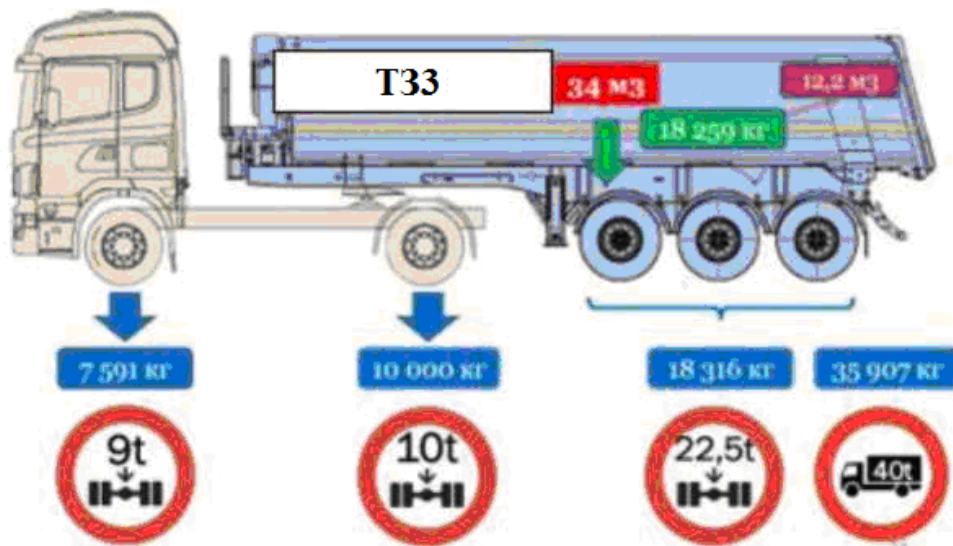


Рисунок 2.10 - Завантаження автопоїзда 18259 кг без перевантаження

При завантаженні 35000 кг виникає перевантаження, у тому числі технічний, по провідній осі тягача та групі осей причіпних (рисунок 2.11).

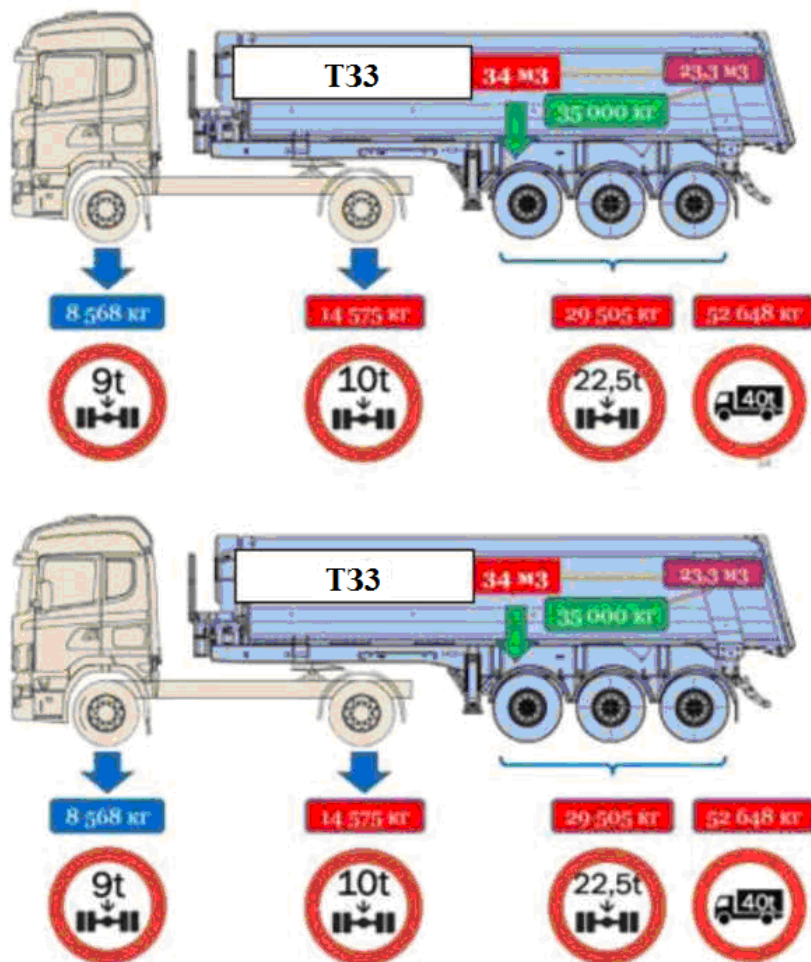


Рисунок 2.11 - Виникнення перевантаження, у тому числі технічного, по провідній осі тягача та групі осей причіпних при завантаженні 35000 кг

При завантаженні повного кузова 34 м^3 виникає перевантаження, у тому числі технічний, за всіма параметрами, що пов'язане з виникненням ризикових ситуацій: вибухи коліс від перегріву; відмова гальмівної системи; погана стабілізація під час руху автопоїзда (рисунок 2.12).

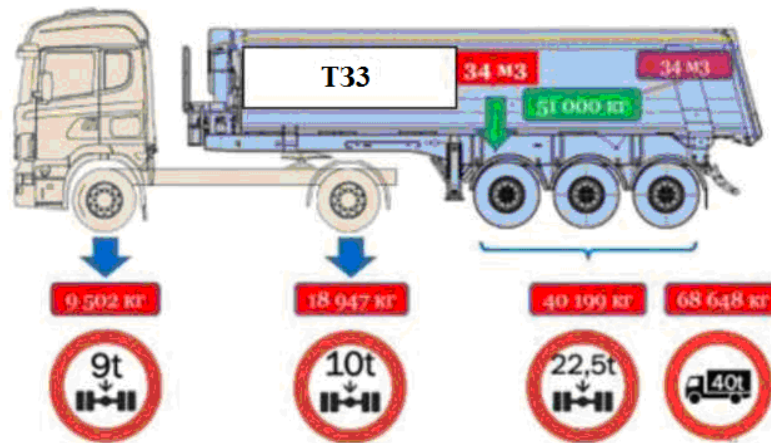


Рисунок 2.12 - Виникнення перевантаження, у тому числі технічного по всьому параметру при завантаженні повного кузова 34 м^3

При задньому положенні зчіпного шворня потенційне корисне навантаження транспортного засобу становить 22352 кг. При рівномірному завантаженні продукцією масою 22352 кг до дозволеної повної маси 40000 кг відбувається перевантаження по групі причіпних осей на межі допустимих 2%. (Рисунок 2.13).

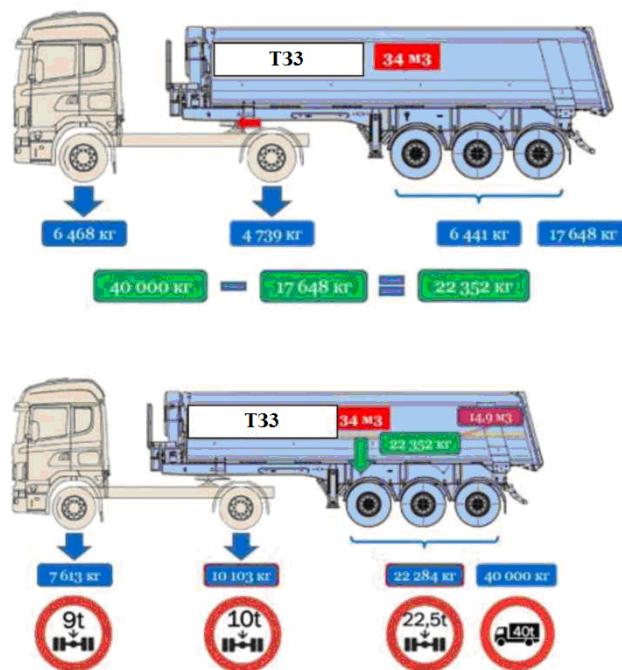


Рисунок 2.13 - Перевантаження групою причіпних осей на межі допустимих 2% при рівномірному завантаженні 22352кг до дозволеної повної маси в 40000кг

При завантаженні продукції масою 35000кг виникає перевантаження, зокрема і технічне, як у провідній осі тягача (невеликий, припустимий 13т), і більш істотний за групою причіпних осей (рисунок 2.14).

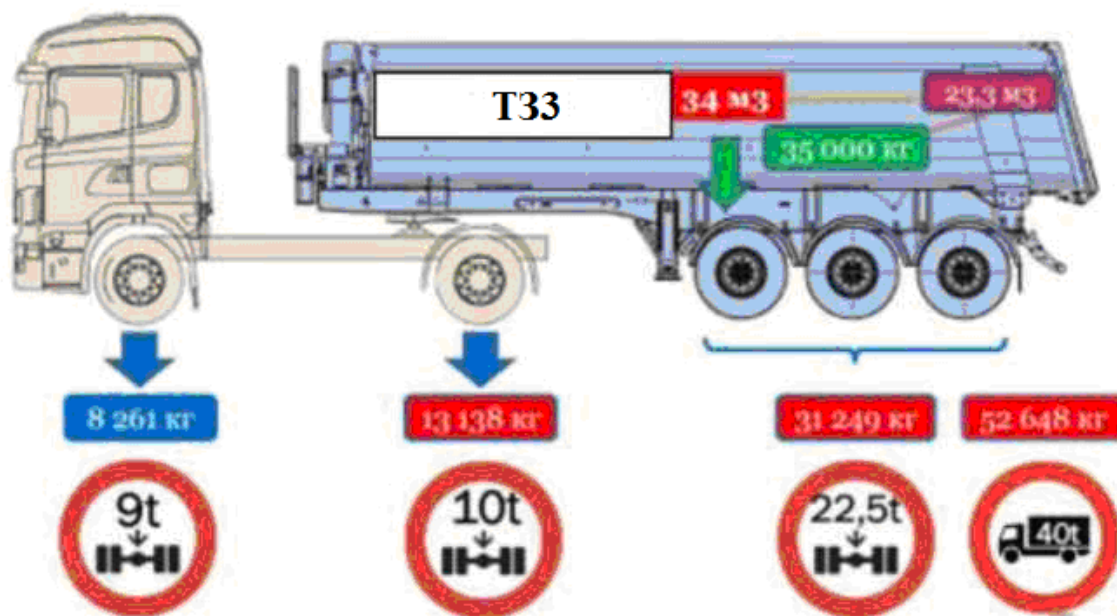


Рисунок 2.14 - Виникнення перевантаження, у тому числі технічного, по провідній осі тягача (невеликий, допустимий 13 т) і більш істотного за групою причіпних осей при завантаженні 35 000 кг

Проведені дослідження дозволили визначити розміри шкоди при перевищенні значних допустимих осьових перевантажень на одну вісь і шкоди при перевищенні значень допустимої маси на кожні 100 кілометрів перевезення вантажів для кожного варіанта транспортних засобів.

Аналіз отриманих значень розмірів шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси ТЗ дозволив отримати регресійні взаємозв'язки цих показників для різних видів ТЗ (таблиця 2.2, рисунки 2.15, 2.16).

Таблиця 2.3 - Аналіз залежностей розмірів шкоди (РШ) від перевищення допустимих осьових навантажень ($\Pi_{\text{вісь}}$) та від перевищення значень допустимої маси транспортного засобу ($\Pi_{\text{дм}}$)

Транспортний засіб	Вид регресивної залежності, коефіцієнт кореляції	
	$\text{РШ} = f_1(\Pi_{\text{вісь}}), R^2$	$\text{РШ} = f_1(\Pi_{\text{дм}}), R^2$
T31	$\text{РШ} = 127,2(\Pi_{\text{вісь}}) + 3378, R^2=0,65$	$\text{РШ} = 27,78(\Pi_{\text{дм}}) + 2389, R^2=0,63$
T32	$\text{РШ} = 178,38(\Pi_{\text{вісь}}) + 4054, R^2=0,66$	$\text{РШ} = 28,88(\Pi_{\text{дм}}) + 3000, R^2=0,69$
T33	$\text{РШ} = 256,2(\Pi_{\text{вісь}}) + 4729, R^2=0,81$	$\text{РШ} = 36,66(\Pi_{\text{дм}}) + 1778, R^2=0,72$
T34	$\text{РШ} = 289,18(\Pi_{\text{вісь}}) + 5541, R^2=0,75$	$\text{РШ} = 37,03(\Pi_{\text{дм}}) + 3222, R^2=0,83$
T35	$\text{РШ} = 75,68(\Pi_{\text{вісь}}) + 2432, R^2=0,79$	$\text{РШ} = 37,78(\Pi_{\text{дм}}) + 278, R^2=0,80$
T36	$\text{РШ} = 45,94(\Pi_{\text{вісь}}) + 405, R^2=0,67$	$\text{РШ} = 32,22(\Pi_{\text{дм}}) + 778, R^2=0,68$
T37	$\text{РШ} = 56,76(\Pi_{\text{вісь}}) + 1486, R^2=0,74$	$\text{РШ} = 35,54(\Pi_{\text{дм}}) + 1667, R^2=0,76$
T38	$\text{РШ} = 345,96(\Pi_{\text{вісь}}) + 6486, R^2=0,83$	$\text{РШ} = 45,37(\Pi_{\text{дм}}) + 3472, R^2=0,82$
T39	$\text{РШ} = 447,3(\Pi_{\text{вісь}}) + 6973, R^2=0,71$	$\text{РШ} = 22,78(\Pi_{\text{дм}}) + 2778, R^2=0,78$

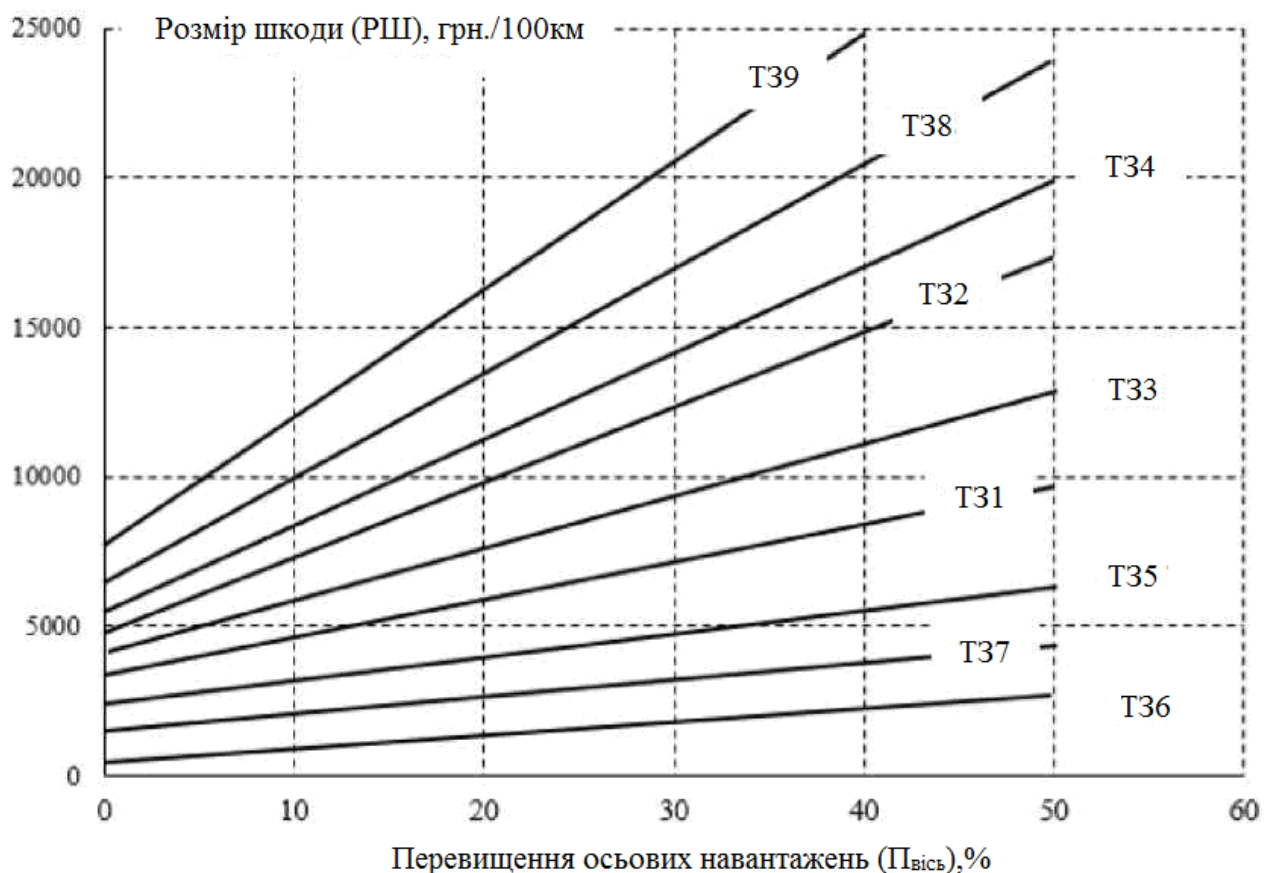


Рисунок 2.15 – Залежність розміру шкоди (РШ) (грн. на 100 км) від перевищень осьових перевантажень ($\Pi_{\text{вісь}}$), %

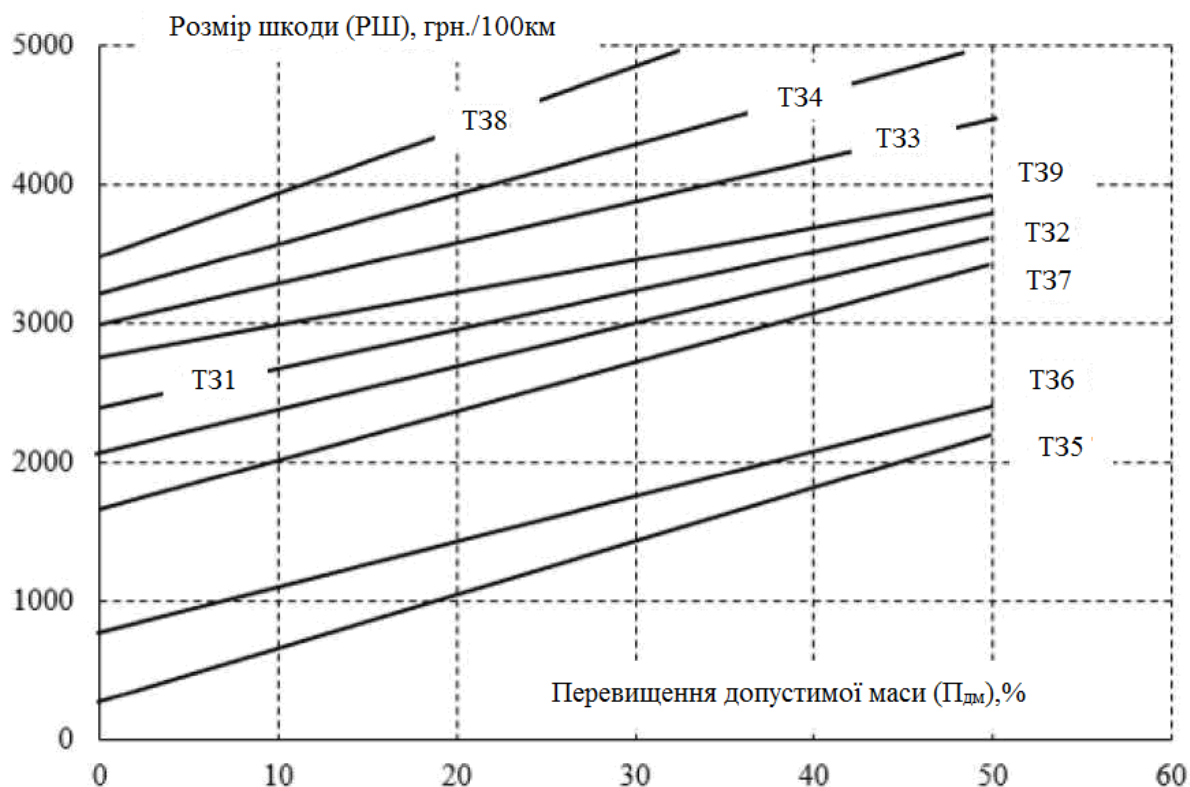


Рисунок 2.16 - Залежність розміру шкоди (РШ) (грн. на 100 км) від перевищення значень допустимої маси транспортного засобу ($P_{дм}$), %

Розроблений механізм, що базується на результатах моделювання розв'язання задачі вибору транспортних засобів за їх технічною готовністю (технічні критерії), організаційної забезпеченості (організаційні критерії) та економічної ефективності (ринкові, економічні критерії) (таблиця 2.4) дозволив здійснити ранжування (шарове впорядкування) транспортних засобів для ефективного перевезення готової продукції підприємства (рис. 2.17).

Таблиця 2.4 - Формування сукупності оціночних критеріїв (технічні, організаційні, економічні) з метою оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємства

№	Назва	ТЗ 1	ТЗ 2	ТЗ 3	ТЗ 4	ТЗ 5	ТЗ 6	ТЗ 7	ТЗ 8	ТЗ 9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технічні критерії										
1.	Вантажопідйомність тягача, т	10,6	10,6	17,16	29,4	3,7	14,5	32,57	17,16	10,6
2.	Споряджена маса тягача, т	7,9	7,9	8,84	7,9	3	18	16,43	7,6	7,6
3.	Повна маса автопоїзду, т	44	39	44	44	6,7	26	49	39	39
4.	Довжина м	13,62	13,62	13,62	13,62	6,51	10,6	9,23	9,97	9,97

5.	Ширина, м	2,48	2,48	2,48	2,48	23	2,5	2,55	2,55	2,55
6.	Висота, м	2,7	2,7	2,45	2,7	3,16	3,8	3,37	3,325	3,325
7.	Об'єм кузова, м ³	82	84	52	92	20,2	48,3	20	30	30
8.	Номінальна потужність двигуна, кВт	315	315	295	315	97,8	295	287	295	315
9.	Максимальна швидкість, км/ч	110	110	90	110	70	100	90	90	110
10.	Витрата палива, л/100 км	33	33	33	33	15	25	37	33	33
11.	Об'єм двигуна, л	12	12	12	12	2,8	12	8,9	12	12
12.	Потужність двигуна, к.с.	428	428	401	428	133	401	390	401	428
13.	Шини	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	315/70 R 22,5	385/65 R 22,5	315/60 R 22,5	315/80 R 22,5	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	385/65 R22,5
14.	Об'єм паливного баку, л	2x 400	2x 400	500	2x 400	125	450	310	500	2x 400
15.	Радіус розвороту, м	22,5	22,5	8	22,5	6,2	11,5	11,5	9	15
Організаційні критерії										
1.	Час в наряді за добу, год	16								
2.	Число робочих днів за рік, дні	252	270	290	300	240	250	260	252	252
3.	Число днів в капітальному ремонті, дні	10	12	15	13	14	10	11	13	15
4.	Ресурс до капітального ремонту, тис. км	1*10 ⁶	0,8*10 ⁶	1,1*10 ⁶	1,3*10 ⁶	0,9*10 ⁶	1,2*10 ⁶	1*10 ⁶	1,4*10 ⁶	1,1*10 ⁶
5.	КоефіцієнтТОР, К, люд.*год/1000 км	9	12	7	8	13	11	10	8	9
6.	Простої по організаційним причинам, дні	6	3	5	4	12	8	15	11	9
7.	Кількість ремонтних робочих, чол.	10	9	12	11	8	6	8	12	10
8.	Кількість механіків у гаражі, чол.	6	5	4	7	8	12	11	7	6
Економічні (ринкові) критерії										
1.	Термін служби тягача, років	8	10	8	12	10	8	10	8	8
2.	Темп зростання експлуатаційних витрат на ТОР в рік,	0,02	0,05	0,03	0,04	0,02	0,09	0,01	0,06	0,08
3.	Тарифна ставка ремонтників, грн./год	100	150	210	180	100	120	110	130	150
4.	Коефіцієнт накладних витрат	1,8	1,6	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	1,3	1,7
5.	Коефіцієнт витрат на запасні частини	2,0	2,2	2,5	2,9	2,0	2,5	2,7	2,8	2,3

6.	Вартість шини, тис. грн.	34	46	50	46	11	55	46	46	46
7.	Вартість автопоїзда, млн. грн.	15,7 5	12,10	14,35	14,60	4,26	8,10	7,77	11,87	13,27
8.	Частка остаточної вартості від ціни після 8 років, %	10	12	15	12	13	10	15	11	10

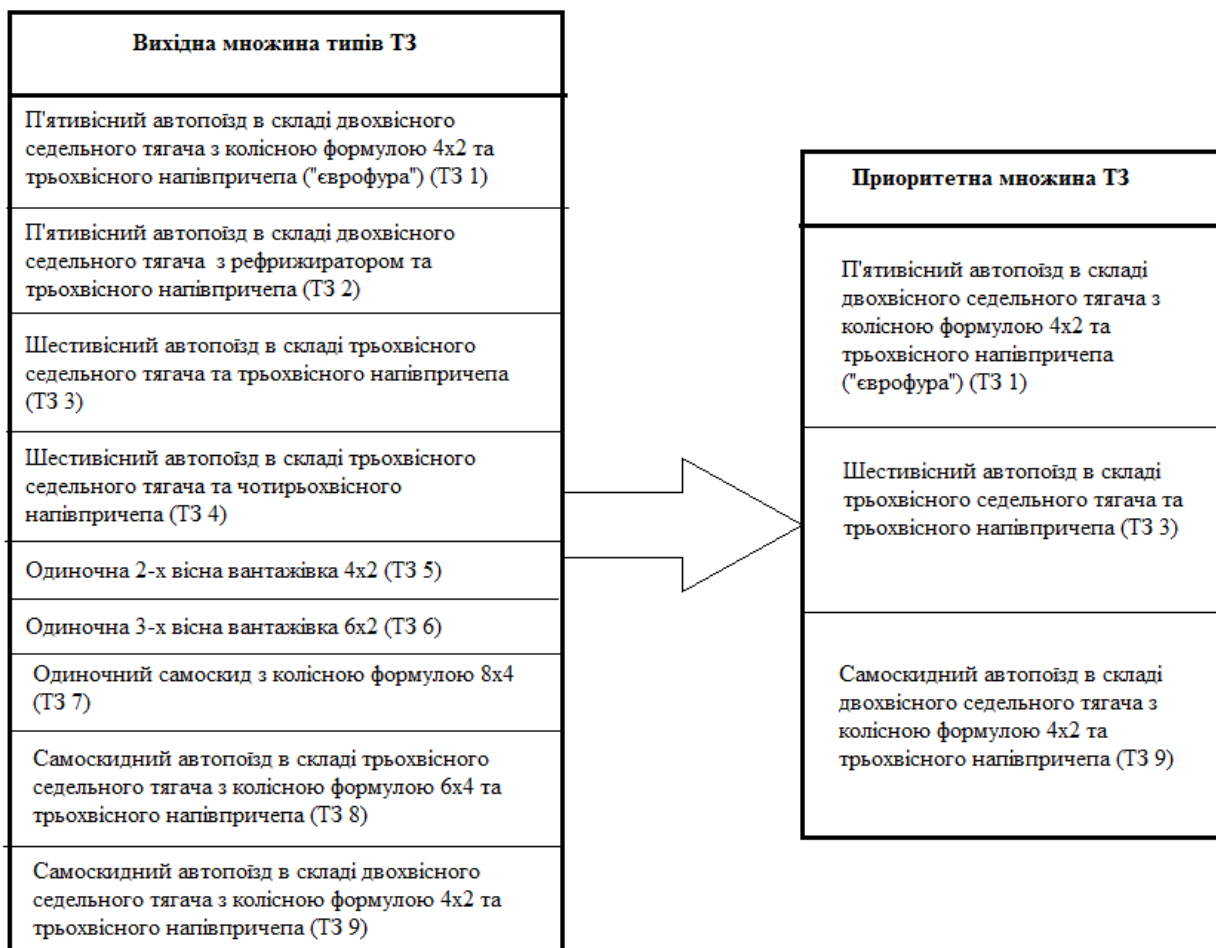


Рисунок 2.17 - Впорядкування транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства ЗАТ "Кіровоград граніт"

Результатом вирішення завдання вибору на основі сформованої сукупності оціночних критеріїв та визначення розмірів шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси вантажівки, як пріоритетні ТЗ для перевезення готової продукції підприємства були визначені наступні варіанти:

- п'ятивісний автопоїзд у складі двохвісного седельного тягача з

колiсною формулою 4x2 та тривiсного напiвпричепа («еврофура») (ТЗ3);

- шестивiсний автопоїзд у складі тривiсного сiдельного тягача та тривiсного напiвпричепа (ТЗ3);

- самоскидний автопоїзд у складі двовiсного сiдельного тягача з колiсною формулою 4x2 та тривiсного напiвпричепа (ТЗ9).

2.2 Статистичне прогнозування показникiв ефективностi перевезення продукцiї на основі аналізу моделей бенчмарок транспортно-логістичного підприємства

Моніторинг ринку транспортних підприємств, що надають послуги з транспортування необхідних вантажів, проводився для вирішення таких завдань:

- оцінка вартості доставки готової продукції споживачам (тарифи); оцінка можливостей транспортних підприємств щодо надання необхідної кількості ТЗ.

Перелік підприємств було визначено з розрахунку їх частки над ринком транспортно-логістичних послуг у вигляді використання доступних інтернет-ресурсів.

З отриманих даних із транспортних підприємств можна зробити такі висновки: тарифи перевезення підприємства надають з розрахунку вартості рейса; кількість одиниць транспорту, які можуть надаватися перевізниками на день, не покриває потреб підприємства. Ця проблема зумовлена такими причинами: великий тимчасовий період до початку перевезень і, у зв'язку з цим, транспортні компанії не готові планувати перевезення на тривалу перспективу; виконавцям заявок на перевезення не завжди вигідно приймати замовлення на невеликі відстані та з точки зору контролю процесу перевезення їм пріоритетніші за довгі маршрути перевезень (на кілька днів). З аналізу статистичного базису перевезень було визначено взаємозв'язку ціни ($\Pi_{\text{дост}}$) доставки від плеча ($\Pi_{\text{дост}}$) (рисунок 2.18).



Рисунок 2.18 - Визначення взаємозв'язку ціни ($\Pi_{\text{дост.}}$) доставки від плеча ($\Pi_{\text{дост.}}$) доставки для підприємства ТОВ «ЛАНДТЕХ»

Також отримані області надійних прогнозів для кожного з інтервалів плеча доставки підприємства ТОВ «ЛАНДТЕХ» у вигляді рівняння регресії.

Таким чином, для вирішення завдання вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства було сформовано: вихідна множина альтернативних варіантів транспортних засобів; сукупність оціночних критеріїв з метою оцінки ефективності перевезення готової продукції; структура переваг оціночних критеріїв для певного типу транспортних засобів та реалізована процедура шарового впорядкування вихідної множини транспортних засобів. Отримано регресійні взаємозв'язки розмірів шкоди від перевищення допустимих осевих навантажень та від перевищення значень допустимої маси для різних видів транспортних засобів. Здійснено оцінку вартості доставки готової продукції споживачам та потенційних можливостей транспортних підприємств щодо надання необхідної кількості транспортних послуг. Отримано нові дані щодо взаємозв'язків ціни доставки від плеча з урахуванням специфічних особливостей транспортування вантажів на різні відстані, а також визначено залежність середньої швидкості руху від відстані перевезення. При цьому аналіз статистичних даних дозволив виділити області надійних прогнозів кожного інтервального значення плеча доставки вантажів. Прогнозні моделі формувалися виходячи з аналізу статистичних даних щодо кожної, окремо взятої компанії та обліку її частки на ринку сервісних платформ для побудови маршрутів та аналізу тарифів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, РІШЕННЯ БАГАТОПРОДУКТОВИХ ПОТОЧНИХ ЗАВДАНЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

3.1. Формалізовані постановки оптимізаційних завдань для різних умов функціонування транспортно-логістичної системи підприємства

На першому етапі моделювання відбувається формування маршрутів з урахуванням часу і відстані до точки доставки, а також варіантів ТЗ, що використовується. Маршрут може мати кілька точок доставки, а кожна точка доставки може бути включена до різних маршрутів. З даної інформації заповнюється план обсягів продажу та календарний графік постачань готової продукції підприємства. При цьому повинна виконуватися умова, що в одну точку доставки може бути відвантажено більше одного продукту, а в одному маршруті може бути кілька точок доставки. Якщо в одному маршруті є кілька точок доставки, то розрахунок продуктивності виробляється для максимального плеча доставки, оскільки ТЗ відвідає всі точки доставки маршрутом незалежно від розподілу обсягів на проміжних точках доставки.

На основі складання графіка постачань розраховується необхідна кількість рейсів у періоди з наявністю сезонних обмежень та в періоди без обмежень. На основі визначення кількості рейсів розраховується кількість ТЗ, необхідна для виконання рейсів у періоди без обмежень та в період із сезонними обмеженнями. При цьому проводяться окремі обчислення кількості ТЗ для подачі на завантаження та кількості ТЗ, що перебувають у обігу. Кількість ТЗ в обігу відрізняється тим, що рейси на довгі відстані з тривалістю більше доби враховуються як зайняті роботою на кожен день до моменту повернення ТЗ на підприємство, що дозволяє оцінити парк ТЗ, необхідний для виконання всіх постачань готової продукції. На основі розрахунку кількості рейсів та їх протяжності (плеча доставки) обчислюються витрати на доставку для кожної точки доставки за кожним здійсненим рейсом відповідно. Якщо в рейсі є кілька точок доставки, то витрати рейсу розподіляються на кожную точку

доставки в залежності від відстані та тоннажу перевезення.

У такій постановці транспортного завдання з'являється можливість угруповання витрат на логістичні процеси за точками доставки, споживачам та видом продукції, що перевозиться. Таким чином, отримуємо собівартість доставки продукції підприємства у необхідних розрізах (точка доставки, вид продукції, ТЗ). Змодельовані дані дозволяють визначити потребу в вантажорозвантажувальних фронтах залежно від тоннажу у графіках відвантажень та нормативної продуктивності кожного місця навантаження. Крім того, в результаті моделювання з'являється нова потенційна можливість виявлення необхідних потреб у складських площах залежно від продуктивності та графіка роботи виробництва, графіка відвантажень та взаємозв'язку складів та продуктів на кожному етапі виробничого потоку, що визначає обсяги відвантаження готової продукції (вологий пісок, бункера, склади) МКР). Також можливо провести прогностичну оцінку потреби у додаткових складських площах під МКР та здійснити оцінку інвестицій у будівництво нового складу під МКР.

У вихідній постановці для перевезення готової продукції підприємства використовується кілька типів ТЗ, які можна використовувати на різних за своїми характеристиками маршрутах доставки, і навіть система обмежень (зокрема і сезонних) під час перевезення вантажів певними ТЗ. Кількість використовуваних ТЗ кожного типу та його транспортно-логістичні показники на кожному маршруті доставки дозволяють здійснити розстановку певних типів транспортних засобів за маршрутами доставки, що забезпечує або мінімізацію витрат (грошових або тимчасових) на виконання заданого обсягу перевезень або максимізацію обсягів перевезеної продукції. Відповідно як критерії оптимальності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства можуть виступати витрати (грошові або тимчасові) або обсяги перевезеної продукції.

У першій постановці оптимізаційної задачі необхідно розподілити ТЗ за маршрутами доставки, щоб загальний час роботи для виконання всього обсягу перевезення був мінімальним.

За критерій оптимальності приймемо загальний час виконання всього

заданого обсягу перевезень. Загальний час робіт складається з часу транспортування вантажів кожного виду ТЗ 1 на всіх ділянках та відображається наступною цільовою функцією завдання:

$$Z = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{Pr_{ij}} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$ – типи використовуваних ТЗ;

$j = 1, 2, \dots, m$ – маршрути доставки;

X_{ij} - обсяги перевезення продукції і-им ТЗ на j-му маршруті;

Pr_{ij} - продуктивність і-го ТЗ на j-му маршруті.

При вирішенні оптимізаційної задачі (3.1) повинні виконуватися такі обмеження:

- щодо виконання планового обсягу перевезень на кожному маршруті доставки:

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_{ij} = PO_j, (j = 1, 2, \dots, m), \quad (3.2)$$

де PO_j - плановий обсяг перевезень на j му маршруті.

- за наявним тимчасовим ресурсом ТЗ (кількістю ТЗ):

$$\sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{Pr_{ij}} \leq BP_i, (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3.3)$$

де BP_i – тимчасовий ресурс ТЗ і-го типу.

- за позитивністю розв'язання задачі:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (3.4)$$

Модель даної задачі з керованими змінними T - час роботи 1-го ТЗ на j-му маршруті має такий вигляд:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} T_{ij} \rightarrow \min, \quad (3.5)$$

при обмеженнях:

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{i=n} T_{ij} \text{Пр}_{ij} &= \text{ПО}_j, (j = 1, 2, \dots, m); \\
\sum_{j=1}^{j=m} T_{ij} &\leq \text{ВР}_i, (i = 1, 2, \dots, n); \\
x_{ij} &\geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}.
\end{aligned}
\tag{3.6}$$

Розроблені моделі є лінійними і ставляться до класу завдань дискретного (цілочисельного) лінійного програмування, оскільки певному маршруті доставки може заходитися лише ціла кількість одиниць ТЗ.

Крім того, при доставці вантажів по різних маршрутах вартість 1 машино-години різних типів ТЗ суттєво відрізняється і

дорівнює С. У такій постановці як критерій оптимальності можна використовувати сумарні витрати на перевезення всього обсягу продукції:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} C_i \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} T_{ij} C_i \rightarrow \min.
\tag{3.7}$$

При вирішенні завдання в даній постановці можливі варіанти, коли при виконанні заданого обсягу перевезень немає необхідності використовувати всі ТЗ, що є в наявності. У зв'язку з цим доречно визначати оптимальний розподіл ТЗ за маршрутами доставки, приймаючи як критерій оптимальності не витрати (тимчасові чи грошові), а обсяги перевезеної продукції підприємства, які відповідно необхідно максимізувати:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} x_{ij} \rightarrow \max.
\tag{3.8}$$

Обмеження мають вигляд:

- по виконанню мінімально необхідного обсягу перевезення на маршруті:

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_{ij} \geq \text{ПО}_j, (j = 1, 2, \dots, m).
\tag{3.9}$$

- за наявним тимчасовим ресурсом транспортних засобів (кількістю транспортних засобів):

$$\sum_{j=1}^{j=m} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \leq \text{ВР}_i, (i = 1, 2, \dots, n). \quad (3.10)$$

- за позитивністю розв'язання задачі:

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (3.11)$$

У представлених моделях обсяги перевезення вантажів та вантажопідйомності автосамоскидів на різних маршрутах доставки рівноцінні. Однак у ряді випадків буває ефективніше змінити (збільшити) обсяги постачань на окремих маршрутах з використанням певних ТЗ або необхідно пропорційно (у місці та часі) сформувати план постачань між учасниками транспортно-логістичного ланцюга. У цьому випадку модель завдання необхідно трансформувати, виходячи з введених додаткових умов функціонування транспортно-логістичної системи.

За наявності у підприємства автосамоскидів різної вантажопідйомності, що обслуговують кілька маршрутів доставки, ефективна продуктивність доставки продукції залежатиме від типу ТЗ та маршруту (плеча доставки, характеристики та обмежень автодоріг) доставки вантажу. У такій постановці ТЗ, що є в наявності, необхідно розподілити по маршрутах таким чином, щоб максимізувати загальний обсяг перевезень, дотримуючись встановлених співвідношення обсягів доставки між маршрутами.

Критерієм оптимальності в даній постановці приймаємо сумарний обсяг перевезення вантажів у транспортно-логістичній системі, який дозволить досягти найбільш продуктивної роботи автосамоскидів і, у свою чергу, знизити як сумарні, так і питомі витрати на перевезення готової продукції підприємства. У разі необхідності врахування рівня значущості (пріоритетності) певних маршрутів та необхідності дотримання співвідношень обсягів доставки вантажів, що визначаються плановими умовами перевезень, можна запровадити коефіцієнт пріоритетності фго маршруту доставки K_j , відповідно, для всіх маршрутів транспортно-логістичної системи підприємства $\sum_{j=1}^{j=m} K_j = 1$. У такій постановці цільова функція розв'язання задачі має вигляд:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=m} x_{ij} K_j \rightarrow \max. \quad (3.12)$$

Обмеження мають вигляд:

- по кількості наявних транспортних засобів:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{x_{ij}}{\text{Пр}_{ij}} \leq N_i, (i = 1, 2, \dots, n), \quad (3.13)$$

де N_i - кількість ТЗ і-го типа.

Щодо дотримання встановленого співвідношення обсягів поставок між маршрутами

$$\frac{\sum_{j=1}^{j=m} x_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=m} \sum_{i=1}^{i=n} x_{ij}} = V_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3.14)$$

де V_j - відношення обсягів перевезень за формою маршруту до загального обсягу доставки вантажів.

3.2. Сценарне моделювання багатопродуктового транспортного завдання та визначення техніко-економічних показників плану перевезення готової продукції у транспортній мережі підприємства.

За результатами попередньо проведеного аналізу було сформовано вихідну множину базових техніко-економічних показників для оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства:

- 1) динаміка середньомісячних обсягів відвантажень асортименту готової продукції споживачам (у тому числі з урахуванням сезонних обмежень);
- 2) відстань на маршруті (плечо доставки готової продукції потенційним споживачам);
- 3) місткість та режим роботи буферних ємностей відвантаження готової продукції;
- 4) тип транспортного засобу, що використовується під час доставки

готової продукції;

5) обсяги складських потужностей для переміщення та завантаження у транспортний засіб готової продукції;

6) нормативи часу на завантаження певного виду готової продукції за напрямками навантаження та типами транспортного засобу;

7) графік роботи виробничих складів готової продукції;

8) питома вартість перевезення готової продукції за типами транспортного засобу на маршруті;

9) вартість машино-години за типами транспортного засобу на маршруті;

10) час доставки певного виду готової продукції споживачеві на заданому маршруті;

11) час транспортно-логістичного циклу за напрямками перевезень певних видів готової продукції (навантаження-доставка-розвантаження);

12) графік роботи споживачів готової продукції;

13) тип вантажу та тара за асортиментом (вага, габарит);

14) маршрути доставки готової продукції;

15) можливі обмеження на маршрутах (граничний обсяг завантаження певного виду транспортного засобу в рейсі по дат протягом року);

16) місткість різних типів вантажу (навал, МКР) за наявними видами транспортних засобів.

В результаті моделювання планується визначити наступні показники транспортно-логістичної системи підприємства:

- загальна вартість логістики продажів (перевезення всієї готової продукції підприємства);

- вартість логістики продажів за напрямками перевезень (окремо щодо кожного споживача);

- інтенсивність завантаження фронтів навантаження готової продукції з виробництва;

- завантаження виробничих складів (% завантаження потужностей);

- потреба у складських площах (% завантаження площ);

- час циклу за напрямками перевезень кожного споживача готової продукції (навантаження-доставка-розвантаження);
- оптимальний тип та кількість транспорту за напрямками перевезень.

Моделювання проводилося у межах двох сценаріїв плану продажі готової продукції підприємства Перелік споживачів та географія постачань у сценаріях відрізняються через розгалужену мережу кінцевих споживачів та різну віддаленість транспортно-логістичних терміналів.

На підставі реалізації процедур розробленого механізму вирішення завдання вибору (шарового впорядкування) ТЗ за їхньою пріоритетністю за багатьма оціночними критеріями та ранжируванням транспортних засобів для ефективного перевезення готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» було визначено оптимальні типи транспортних засобів (таблиця 3.1): п'ятивісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа («єврофура»); шестивісний автопоїзд у складі тривісного сідельного тягача та тривісного напівпричепа; самоскидний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа. Для реалізації процедур моделювання перевезень залізничним транспортом за сценарієм ТЛТ були використані такі типи вагонів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.1 - Місткість оптимальних типів транспортних засобів, використовуваних для перевезення готової продукції підприємства

№ п/п	Тип ТЗ	Місткість	
		У період без весняних обмежень	У період весняних обмежень
1.	П'ятісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа («єврофура»)	21 МКР 24 МКР	9 МКР
2.	Шестіосний автопоїзд у складі тривісного сідельного тягача та тривісного напівпричепа	26 МКР	12 МКР
3.	З амосвальним автопоїздом у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа.	22 тонни	6,5 тонн

Таблиця 3.2 – Вантажопідйомність різних типів вагонів, що використовуються для моделювання перевезення готової продукції підприємства за сценарієм «ТЛТ»

№ п/п	Тип вагону	Вантажопідйомність, т
1.	Хопер	72,0
2.	Напіввагон	69,0
3.	Напіввагон критий	69,0
4.	Контейнер	20,0

У тому випадку, якщо результати виробленого моделювання покажуть брак складських площ щодо зазначеної на підприємстві місткості, необхідно при порівняльному аналізі сценаріїв враховувати витрати, пов'язані з введенням (будівництвом) додаткових складських потужностей та площ для зберігання готової продукції, а також розглянути варіанти розрахунку будівництва та експлуатації «теплого» та «холодного» складів, виходячи з питомої вартості за один квадратний метр (27 000 грн./м² та 11 500 грн./м² відповідно).

Для моделювання за сценарієм «АВТО» можливо використовувати традиційну постановку та модель багатопродуктового транспортного завдання,

що розпадається на незалежні однопродуктові транспортні завдання залежно від кількості видів продукції, що випускається. При цьому однопродуктове транспортне завдання необхідно вирішити ще й для кожного типу транспортного засобу, що використовується для перевезення готової продукції підприємства (п'ятивісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 і напівпричепа тривісного («єврофура»); шестивісний автопоїзд у складі тривісного сідельного тягача тривісного напівпричепа;

Сумарні транспортні витрати (ТВ) дорівнюють:

$$TB = \sum_{z=1}^{z=q} \sum_{g=1}^{g=f} < c_{zg}, v_{zg} > \rightarrow \min, \quad (3.15)$$

де c_{zg} - вартість перевезення одиниці вантажу з z -го пункту навантаження в g -у точку, $P_z = (P_{z1}, P_{z2}, \dots, P_{zn})$;

n - кількість видів продукції (концентрати, фракційні піски, піски для скляної промисловості);

V_{zg} - обсяг перевезень з z -го пункту в g -й, $V_{zg} = (v_{zgl}, v_{zg2}, \dots, v_{zgn})$;

q - кількість пунктів зберігання та навантаження (навантажувальні термінали збагачувальної фабрики);

f - кількість точок доставки (споживачі продукції підприємства).

У випадку, якщо продукти, що перевозяться, є незалежними (не взаємозамінними), то система обмежень у завданні матиме вигляд:

$$\sum_{g=1}^{g=f} v_{zg} = p_z, \text{ де } z = \overline{1, q}, \quad \sum_{z=1}^{z=q} v_{zg} = l_g, \text{ де } g = \overline{1, f}, v_{zg} \geq 0, \quad (3.16)$$

де P_z - обсяг навантаження в z -му пункті, $P_z = (P_{z1}, P_{z2}, \dots, P_{zn})$;

l_g - обсяг споживання в g -й точці доставки, $l_g = (l_{g1}, l_{g2}, \dots, l_{gn})$

Формалізована постановка багатопродуктового транспортного завдання з проміжними пунктами (3.17) може бути представлена як завдання оптимізації (максимізації) x_{igkst} — кількість продукту s , яка має бути відвантажена та перевезена з пункту i через транспортно-логістичний термінал j до кінцевої точки доставки (споживачеві) k в момент часу t , $i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T$:

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{ijkst} \rightarrow \max, \quad (3.17)$$

де i - множина пунктів відвантаження готової продукції підприємства ;

J - множина транспортно-логістичних терміналів у системі;

K – множина кінцевих точок доставки (споживачів продукції);

S - множина видів продукції, що відвантажується;

T - тимчасові інтервали планування відвантаження та доставки вантажів у кінцеві точки.

Двосторонні обмеження моделі (3.17) матимуть вигляд:

- обмеження на загальний обсяг зберігання та відвантаження готової продукції підприємства :

$$V^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{ijkst} \leq V^+, \quad (3.18)$$

де V^- і V^+ - мінімально і максимально можливі обсяги продукції, що перевозиться, для яких виконується наступна умова $0 \leq V^- \leq V^+$;

- обмеження на обсяги кожного виду продукції, що перевозиться, в задані часові інтервали планування перевезень:

$$M_{st}^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijkst} \leq M_{st}^+, s \in S, t \in T, \quad (3.19)$$

де M_{st} - Мінімальний обсяг продукції , який має бути перевезений в одиницю часу t

- обмеження на обсяги, які можуть бути перевезені з транспортно-логістичних терміналів до заданих інтервалів планування:

$$P_{jt}^- \leq \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq P_{jt}^+, j \in J, t \in T, \quad (3.20)$$

де P_{jt}^- и P_{jt}^+ - мінімально та максимально можливі обсяги відвантаженої продукції, які можуть бути перевезені до проміжного пункту (транспортно-логістичний термінал) j у момент часу t , $0 \leq P_{jt}^- \leq P_{jt}^+$.

- обмеження на обсяги за кожним видом відвантажуваної продукції в вантажних терміналах збагачувальної фабрики в задані інтервали планування:

$$0 \leq \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{ijkst} \leq G_{ist}, i \in I, s \in S, t \in T, \quad (3.21)$$

де G_{ist} - максимальний обсяг продукції S , який може бути відвантажений пунктом i в момент часу t

- обмеження на обсяги продукції, які можуть бути перевезені з пункту зберігання та навантаження через транспортно-логістичний термінал до кінцевої точки доставки споживачеві в задані інтервали планування:

$$Q_{ijkt}^- \leq \sum_{s \in S} x_{ijkst} \leq Q_{ijkt}^+, i \in I, j \in J, k \in K, t \in T, \quad (3.22)$$

де Q_{ijst} - мінімальний обсяг продукції, який має бути перевезений з пункту навантаження i через транспортно-логістичний термінал) до пункту споживання на момент часу t .

Транспортно-логістичний термінал у певний момент часу планування перевезень не може вмістити більше вантажу, ніж обсяги перевезення за попередній час:

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} x_{ijkst} \geq \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} x_{ijkst+1}, j \in J, t \in T; \quad (3.23)$$

за позитивністю одержуваного рішення:

$$0 \leq x_{ijkst} \leq V^+, i \in I, j \in J, k \in K, s \in S, t \in T.$$

При цьому

$$M_{st}^- = M_{st}, M_{st}^+ = V^+, s \in S, t \in T; Q_{ijkt}^- = Q_{ijkt}, Q_{ijkt}^+ = V^+, \\ i \in I, j \in J, k \in K, t \in T; G_{ist}^+ = G_{ist}, i \in I, s \in S, t \in T,$$

виходячи з наведених умов може бути побудована транспортна мережа з двосторонніми пропускними здібностями дуг та використані методи вирішення поточкових завдань, зокрема алгоритми пошуку потоку мінімальної вартості та максимального потоку продуктивності мережі.

Таким чином у ході проведених досліджень було формалізовано рішення транспортного завдання перевезення готової продукції підприємства для різних критеріїв оптимальності. Як цільові функції виступали обсяги перевезень, час роботи транспортного засобу, а також сумарні витрати на транспортування всього обсягу продукції. При реалізації процедур моделювання

було враховано умови неповного використання парку транспортних засобів та рівня значущості (пріоритетності) певних маршрутів доставки готової продукції підприємства. Для оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства було сформовано вихідні безлічі вхідних та результуючих техніко-економічних показників, а також визначено принципи формування сценаріїв плану перевезення готової продукції («АВТО» (тільки автомобільний транспорт) та «ТЛТ» (автомобільний та залізничний транспорт за участю) транспортно-логістичних терміналів)). Для моделювання за сценарієм «АВТО» було формалізовано багатопродуктове транспортне завдання для наявного парку транспортних засобів, а також пунктів відвантаження та доставки готової продукції підприємства.

РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СЦЕНАРІЮ «АВТО» ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА І ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

4.1. Формування інформаційного базису для моделювання техніко-економічних показників сценарію «Авто» доставки споживачам готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт»

Для моделювання основних техніко-економічних показників перевезення готової продукції підприємства в рамках сценаріїв «АВТО» було досліджено взаємозв'язки та сформовано структуру бази даних.

Інформаційний базис потенційних споживачів включає місцезнаходження точок доставки, відстань від місця навантаження до точки доставки, тимчасові параметри функціонування точки доставки (графік роботи) і тарифи доставки готової продукції підприємства. При доставці споживачам готової продукції підприємства було передбачено можливість подальшого поділу витрат на постійні та змінні з урахуванням основних споживачів та напрямки маршрутів проходження вантажів. Для цього встановлено тарифи для автотранспорту дільниці ЗАТ «Кіровоград граніт» - транспортно-логістичний термінал і визначено системні взаємозв'язку з наступними транспортними потоками доставкою вантажів.

Інформаційний базис основних типів використовуваних ТЗ містить інформацію про корисну та повну місткість ТЗ в тоннах з коригуванням на часткове або повне завантаження з урахуванням сезонних обмежень.

Для виробленої продукції та типів вантажу, що перевозиться, було визначено взаємозв'язок зі складськими площами та потужностями відвантаження на збагачувальній фабриці, а також з номерами терміналів місць завантаження на складах підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт».

Інформаційний базис структури транспортного потоку, точок доставки готової продукції, маршрутів прямування та сезонних обмежень містить у собі

такі показники: час відправлення готової продукції з певного терміналу складу; допустимий час безперервної роботи та необхідний час відпочинку водіїв, що є актуальним для довгих рейсів більше одного дня доставки готової продукції; інший час (крім завантаження) для підготовки ТЗ до рейсу (підготовка кузова до завантаження, вагова, документи тощо), який може залежати від руху ТЗ по території збагачувальної фабрики, віддаленості місць завантаження від операторської, де водій ТЗ отримує документи, від особливостей кузова ТЗ, що застосовується, від зручності постановки ТЗ на навантаження і т.п.

Інформаційний базис витрат часу в точці доставки для типу вантажу, що приймається, враховує час, що витрачається ТЗ у точці доставки від моменту в'їзду ТЗ на територію споживача і до моменту виїзду ТЗ з цієї території з урахуванням типу вантажу, що доставляється.

Інформаційний базис обмежень на маршрутах для кожного типу ТЗ з урахуванням допустимого завантаження містить інформацію про гранично допустиму масу вантажу за тимчасовими періодами в межах календарного року.

Інформаційний базис продажів готової продукції за основними споживачами містить відомості про товарну номенклатуру продукції, що перевозиться основним споживачам, їх місцезнаходження, тип вантажу, графік відвантаження, розрахункову частоту постачань і кількість рейсів в одиницю часу в рамках сформованих транспортних потоків.

Інформаційний базис розрахунку завантаженості місць завантаження (навантажувальних терміналів збагачувальної фабрики) визначає норматив завантаження ТЗ, т/год, коефіцієнт часу завантаження ТЗ, час роботи місця навантаження, год/добу, а також кількість ТЗ під одночасним навантаженням у місцях навантаження (місткість фронту вантажних робіт). Коефіцієнт часу завантаження ТЗ враховує структуру та тривалість простоїв вантажних терміналів збагачувальної фабрики між постановками ТЗ на навантаження. З розрахунків даних коефіцієнтів формується система виробничих взаємозв'язків складських приміщень (місць зберігання готової продукції підприємства).

Інформаційний базис виробничих потужностей та обсягів випуску номенклатури готової продукції містить номенклатуру, перелік та показники

кількісної оцінки виробничих потужностей, інформацію щодо продуктивності кожної номенклатурної одиниці, т/рік, а також частку виробленої продукції, що зберігається на складі підприємства, %.

Інформаційний базис страхового запасу готової продукції на складах підприємства дозволяє визначити наявність дефіциту (профіциту) складів, кількість днів страхового запасу, кількість годин перехідного запасу для забезпечення відвантаження наступного дня). На основі обчисленого дефіциту складів можна провести прогнозну оцінку необхідних інвестицій у будівництво додаткових складських приміщень.

4.2 Моделювання основних техніко-економічних показників перспективного сценарію функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт»

При реалізації процедур моделювання за сценарієм «АВТО» були задіяні такі варіанти вхідних параметрів та характеристик рухомого складу ТЗ ТОВ «АВТОТРЕЙД 2021», що використовуються для перевезення готової продукції ЗАТ «Кіровоград граніт» (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні характеристики рухомого складу для моделювання сценаріїв «АВТО»

№ п/п	Сценарій	Варіанти реалізації сценарію	Тип рухомого складу
1.	АВТО	Авто 21	П'ятивісний автопоїзд. Перевезення 21 МКР (9 МКР)
2.		Авто 24	П'ятивісний автопоїзд. Перевезення 24 МКР (9 МКР)
3.		Авто 22	Самоскидний автопоїзд. Перевезення 22 тонни
4.		Авто 26	-Шестивісний автопоїзд. Перевезення 26 МКР (12 МКР))

За кожним із варіантів реалізації сценарію «АВТО» здійснено розрахунок основних техніко-економічних показників (таблиця 4.2). Критерієм оптимальності за результатами моделювання була річна підсумкова вартість

доставки готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт»

При розрахунку вартості утримання складу враховано витрати на заробітну плату персоналу (3 зміни по 7 осіб) та експлуатаційні витрати (витрати на ремонт та обслуговування складського обладнання та техніки, комунальні платежі, інші витрати (включаючи податки)). Кожна зміна включає в себе наступну явочну чисельність персоналу згідно зі штатним розкладом: 1 майстер з відвантаження; 3 робітників з відвантаження; 3 водії навантажувача.

Таблиця 4.2 - Результати моделювання постачання готової продукції підприємства за сценарієм «АВТО»

Параметри моделювання		Авто 21	Авто 24	Авто 22	Авто 26
		Варіант (1)	Варіант (2)	Варіант (3)	Варіант (4)
Тип автотранспортного засобу		Єврофура	Єврофура	Єврофура	Шестивісний тягач-причіп
Вартість доставки, грн. / Рік без ПДВ		323 868 808	325 261 044	329 376 072	329 701 058
Кількість рейсів, що відвантажуються на день (добу). Максимальне (середнє).	у період без обмежень	58 (48)	50 (42)	66 (43)	45 (39)
	у період обмежень	124 (110)	118 (109)	157 (110)	90 (82)
Кількість ТЗ Максимальне (середнє)	у період без обмежень	70 (51)	72 (65)	77 (56)	65 (53)
	у період обмежень	164 (105)	152 (106)	172 (104)	112 (81)
Відсоток завантаження місця навантаження ТЗ в МКР (хв. - макс.)	Концентрат	7% - 14%	7% - 11%	7% - 16%	7% - 17%
	Фракц. піски	42% - 71%	42% - 50%	42% - 81%	42% - 61%
	Скл. піски	94% - 106%	84% - 129%	94% - 130%	94% - 110%
Кількість дод. фронтів для відвантаження пісків для скляної промисловості		1	2	2	1
Дефіцит площі на складі пісків для скляної промисловості м ²	у МКР	6027	6033	5 947	6026
	у м ²	3 917	3 921	3 866	3 917
Вартість утримання складу, грн./рік без ПДВ		19 800 000	19 800 000	19 800 000	19 800 000
Вартість МКР, грн. без ПДВ	Ціна 1 МКР	288	288	288	288
	Кількість	366 060	366 060	366 063	366 060
	РАЗОМ, грн.:	105 425 280	105 425 280	105 426 144	105 425 280

РАЗОМ, вартість логістики доставки готової продукції споживачам, грн. на рік без ПДВ	449 094 088	450 486 324	454 602 217	454 926 338
ПДВ 20%, грн. на рік	89 818 818	90 097 265	90 920 443	90 985 268
РАЗОМ, вартість логістики доставки готової продукції споживачам, грн. на рік із ПДВ	538 912 906	540 583 589	545 522 660	545 911 606

Враховуючи структуру та обсяги виробленої продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт», були розраховані основні статистичні характеристики реалізації сценарію «АВТО» (таблиця 4.3).

Аналіз результатів моделювання за сценарієм «АВТО» дозволив виявити оптимальний варіант функціонування транспортно-логістичної системи підприємства, що здійснює перевезення 21 МКР у звичайних умовах функціонування та 9 МКР у період сезонних обмежень) з таких причин: даний тип транспортних засобів (п'ятиосний автопоїзд) є найбільш поширеним на ринку автоперевезень та мінімізує ризики нестачі транспорту; перевезення 21 МКР не вимагає точного розташування вантажу в ТЗ та його додаткового кріплення, що знижує тимчасові витрати на вантажно-розвантажувальні роботи, а також мінімізує ризики перевищення обмежень щодо навантаження на вісь; моделі з відвантаженнями у вихідні та святкові дні (АВТО_22, 24, 26) істотно знижують навантаження на фронти відвантажень і не можуть бути рекомендовані як оптимальні з позиції наявності факторів ризику простою транспортних засобів через відсутність готової продукції та невиконання договірних зобов'язань щодо її доставки кінцевому споживачеві.

Таблиця 4.3 - Результати моделювання реалізації обсягів виробленої продукції підприємства за сценарієм «АВТО» для перевезення концентратів та фракціонованих пісків

Номенклатура виробленої продукції		Статистичні показники			
		Середнє значення	Станд. відх-ня	Мін.	Макс.
Концентрати	K1	760	49	400	1060
	K2	205	24	92	340
	K3	109	28	60	240
Фракціоновані піски	ФП 1 (-5,0 + 1,2 мм)	640	92	209	1200
	ФП2 (-1,2+0,8 мм)	1083	134	520	1874
	ФП 3 (-0,2 + 0,1 мм)	7465	376	6035	9600

Структурою статей витрат (рис. 4.1,) за сценарієм «АВТО» виявлено значні статистичні відмінності, обумовлені наявністю в ланцюзі маршрутів доставки готової продукції.

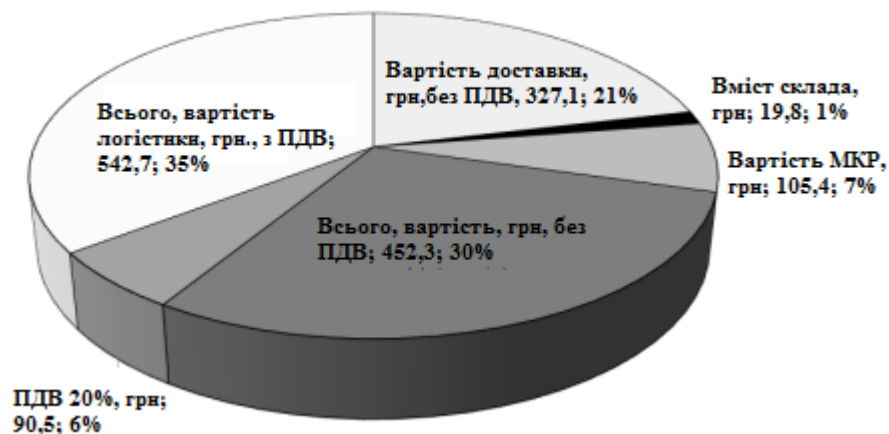


Рисунок 4.1– Середні значення структури витрат доставки готової продукції споживачеві за варіантами сценарію «АВТО»

4.3 Моделювання показників ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» з урахуванням потенційних можливостей використання власного та орендованого парків транспортних засобів

В рамках сформованої моделі було здійснено розрахунок основних техніко-економічних показників сценарію «АВТО-21» з використанням власного парку транспортних засобів та перевезенням 21 МКР для різних регіонів перевезення готової продукції підприємства.

При розрахунку враховувалися такі витрати використання власного парку транспортних засобів: постійні витрати (оплата праці водіїв; оплата праці адміністративно-управлінського персоналу; амортизаційні відрахування/лізингові платежі); змінні витрати (витрати на ПММ; витрати на технічне обслуговування та ремонти транспортних засобів; витрати на заміну шин).

Необхідна кількість ТЗ визначалася виходячи з потреб підприємства в період, коли не діють осінньо-весняні обмеження. У період дії сезонних обмежень підприємству необхідно залучати транспортні підприємства для перевезень готової продукції, які неможливо виконати власним парком, або придбати додаткову кількість автосамоскидів.

Формалізований опис моделі ефективності функціонування автопарку підприємства з урахуванням залучення сторонніх транспортних засобів у період сезонних обмежень має такий вигляд. Для збільшення продуктивності транспортно-логістичного комплексу підприємства (у тому числі в період сезонних обмежень) потрібно придбати (взяти в оренду/лізинг у транспортних підприємств ТП) додатково BA i великовантажних автосамоскидів 1 -го типу, $i = \overline{1, n}$, за ціною C . На реалізацію даних цілей може бути витрачено капітальних витрат (на придбання транспортних засобів) не більше $\sum_{i=1}^n KZ_i \leq KZ$, або (орендна плата, яка враховується у складі інших витрат, пов'язаних із виробництвом та реалізацією $\sum_{i=1}^n AP_i \leq AP$). При цьому величину питомих

витрат (грн./тонну вантажу, що перевозиться) позначимо за $УЗ_i$, а середньорічний обсяг перевезень (тонн) через $СОП_i$. Як критерій оптимальності у цій задачі може виступати мінімум витрат (ЗВ)-шт на перевезення готової продукції підприємства. У такій постановці оптимізаційна модель має вигляд:

$$ЗП = \sum_{i=1}^{i=n} УЗ_i \cdot СОП_i \cdot ВА_i \rightarrow \min, \quad (4.1)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} СОП_i \cdot ВА_i \geq \Delta Пр, \quad \sum_{i=1}^{i=n} Ц_i \cdot ВА_i \leq КЗ, \quad (4.2)$$

$$\text{або } \sum_{i=1}^{i=n} Ц_i \cdot ВА_i \leq АП \quad (\text{у випадку оренди ТЗ}),$$

$$ВА_i \geq 0, i = \overline{1, n}.$$

Перше обмеження моделі забезпечує необхідний обсяг перевезень готової продукції парком автосамоскидів, а друге обмеження накладає допустиму норму капітальних вкладень чи орендних платежів для придбаних чи орендованих транспортних засобів.

Результати моделювання вартості перевезення готової продукції підприємства для різних регіонів доставки з плечем від 60 до 950 км дозволили отримати значення цього показника для умов перевезення вантажів власним автопарком та силами залучених (оренованих) транспортних засобів (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 - Розрахунок ефективності перевезення вантажів при використанні власного парку транспортних засобів (ТЗ) та оренди автомобілів у ТОВ "ЛАНДТЕХ"

Регіон перевезень	Відстань до точки доставки	Вартість доставки		Відносні зміни показників	
		Всі перевезення силами ТК	Перевезення власним парком ТЗ	$\Pi_{\text{«ТК»}} - \Pi_{\text{«ТЗ»}}$	Т пр.*
1	60	76 357 500	31 822 105	44 535 395	139,95
2	450	55 787 340	50 087 153	5 700 187	11,38
3	290	61 148 000	42 523 390	18 624 610	43,80
4	500	52 280 000	60 692 083	-8 412 083	-13,86
5	610	55 821 504	62 833 629	-7 012 125	-11,16
6	950	44 453 000	70 217 545	-25 764 545	-36,69
$T_{\text{пр.}}^* = \frac{\Pi_{\text{«ТК»}} - \Pi_{\text{«ТЗ»}}}{\Pi_{\text{«ТЗ»}}} 100\%,$					

Проведений регресійний аналіз взаємозв'язків вартості доставки від плеча

перевезення готової продукції підприємства ЗАТ «Кіровоград граніт» дозволив встановити, що економічно доцільне використання послуг транспортних підприємств у період сезонних обмежень для регіонів доставки, що знаходяться на відстані понад 550 км, а на короткі відстані кращим є власний автопарк. Остаточне рішення про необхідність залучення до перевезення вантажів транспортних підприємств та кількісні співвідношення у структурі автомобільного парку власних та орендованих ТЗ необхідно приймати з урахуванням аналізу різних факторів ризику перевезення вантажів сторонніми організаціями.

Таким чином, на підставі порівняльно-порівняльного аналізу можна зробити висновок, що доставка готової продукції власним парком вигідна лише для коротких плечей доставки (до 550 км). При цьому суттєвою вимогою для організації власного парку є створення власної організаційної структури та ремонтно-експлуатаційної інфраструктури, які потребують додаткових капітальних та експлуатаційних витрат. Реалізація цих заходів може бути економічно обґрунтована лише у разі

На наступному етапі моделювання для різних регіонів доставки було визначено необхідну кількість ТЗ та кількість рейсів, що виконуються власним та орендованим автопарком у періоди нормального функціонування транспортно-логістичних процесів та під час сезонних обмежень (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 - Розрахунок необхідної кількості транспортних засобів на перевезення готової продукції

Регіон перевезень	Кількість клієнтів	Відстань, км	Необхідна кількість ТЗ		Рейсів без обмежень	Рейсів у період обмежень	Разом рейсів власними ТЗ		Рейси найманими ТЗ виконуються лише у період обмежень	
			у період без обмеж.	у період обмеж.			у період без обмеж.	у період обмеж.	у період без обмеж.	у період обмеж.
1	9	45	24	60	7615	2566	7615	1026	0	1540
2	6	268	6,5	16,4	2057	732	2057	290	0	442
3	5	479	4	8	1086	347	1086	173	0	174
4	1	164	0,3	1,2	126	48	126	12	0	36
5	1	580	0,02	0,05	5	2	5	0	0	2
6	1	460	1,7	4	543	178	543	75	0	103
7	1	636	0,5	1,3	147	56	147	21	0	35
8	1	355	0,06	0,15	18	6	18	2	0	4
9	1	371	0,7	1,6	207	72	207	31	0	41
10	17	320	4,3	10,6	1366	474	1366	192	0	282
11	1	437	0,8	1,8	242	79	242	35	0	44
12	1	631	0,1	0,2	26	8	26	4	0	4
13	1	417	0,05	0,15	15	6	15	2	0	4
14	7	542	1,3	2,8	406	124	406	57	0	67
15	1	671	0,07	0,16	21	7	21	3	0	4
16	7	964	4	6	571	170	571	113	0	57

Аналіз залежності кількості транспортних засобів від плеча доставки показав, що формувати автопарк орендованих транспортних засобів у період сезонних обмежень доцільно на плечі доставки до 200 км. На більш тривалих відстанях заходи щодо залучення до вантажоперевезень сторонніх транспортних підприємств є недоцільними.

Моделювання витрат транспортно-логістичної системи підприємства визначає об'єктивну необхідність поділу цього показника постійні та змінні складові. Змінні логістичні витрати підприємства були розраховані для різних регіонів доставки залежно від кількості споживачів та пробігу транспортних засобів у розрізі витрат на ПММ (таблиця 4.6), витрат на технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів (ТОiP), а також заміну відпрацьованих автомобільних шин).

Таблиця 4.6 – Розрахунок змінних витрат на паливно-мастильних матеріалів для сценарію «Авто-21»

Регіон перевезень перевозок	ПММ, грн..., за рік з ПДВ (Норма порожній, л/100 км; Норма з вантажем л/100 км; вартість за 1л – 48 грн		
	Пробіг за рік	Витрати ПММ, л ГСМ, л	Всього за ПММ, грн.. ГСМ, руб.
1	777 690	213 864,8	10 265 508,0
2	1 257 992	345 947,8	16 605 494,4
3	1 206 122	331 683,6	15 920 810,4
4	45 264	12 447,6	597 484,8
5	5 800	1 595,0	76 560,0
6	568 560	156 354,0	7 504 992,0
7	213 696	58 766,4	2 820 787,2
8	14 200	3 905,0	187 440,0
9	176 596	48 563,9	2 331 067,2
10	997 120	274 208,0	13 161 984,0
11	242 098	66 577,0	3 195 693,6
12	37 860	10 411,5	499 752,0
13	14 178	3 899,0	187 149,6
14	501 892	138 020,3	6 624 974,4
15	32 208	8 857,2	425 145,6
16	1 318 752	362 656,8	17 407 526,4

Встановлено, що у структурі змінних витрат домінують витрати на ПММ (67%), витрати на ТОіР, становлять (20%) та (13%) витрат припадає на заміну відпрацьованих шин (рисунок 4.2).

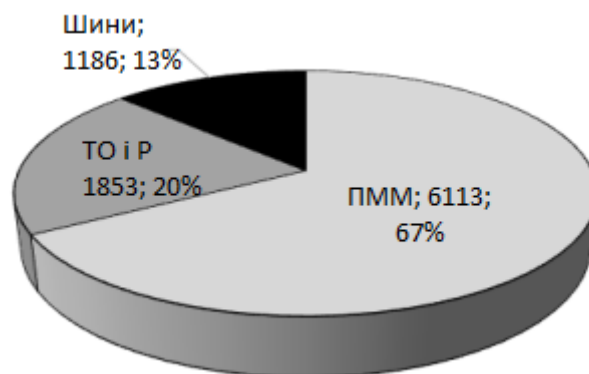


Рисунок 4.2 – Структура змінних витрат сценарію «АВТО-21», тис. грн.

Розрахунок підсумкових змінних витрат різних регіонів перевезень дозволив визначити питому вартість рейсу для заданого маршруту

транспортування вантажу (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 - Розрахунок підсумкових змінних витрат на перевезення готової продукції транспортними засобами (ПММ+ТОіР+Шини) за сценарієм «АВТО-21»

Регіон перевезень	РАЗОМ, змінні витрати грн. на рік із ПДВ	Вартість, грн. з ПДВ	
		Вартість рейсу	РАЗОМ
1	15 352 268,0	7 500	11,550,000
2	24 835 462,4	22 000	9724000
3	23 813 298,4	34 300	5 968 200
4	908 540,8	13 500	486 000
5	125 760,0	40 600	81 200
6	11 235 232,0	34 300	3 532 900
7	4 221 571,2	26 000	910 000
8	296 240,0	24 000	96 000
9	3 505 451,2	24 000	984 000
10	19 698 464,0	21 000	5 922 000
11	4 788 085,6	42 500	1 870 000
12	755 192,0	42 500	170 000
13	295 861,6	42 500	170 000
14	9 906 542,4	27 500	1 842 500
15	657 977,6	45 000	180 000
16	26 036 534,4	33 000	1 881 000

Облік коефіцієнтів технічної готовності ТЗ та використання парку автомобілів дозволив провести прогнозну оцінку необхідної кількості ТЗ для перевезення готової продукції підприємства (таблиця 4.12).

Таблиця 4.8 – Розрахунок потреби у транспортних засобах для здійснення обсягу перевезень продукції підприємства за сценарієм «АВТО-21»

Потреба у ТЗ (Регіон)	Кількість ТЗ	Коефіцієнт технічної готовності (КТГ) = 0,85 (кількість технічно справних автомобілів/спискове число автомобілів);
1	24	Коефіцієнт використання парку автомобілів (КВП) = 0,9 (відношення фактичної кількості днів автомобіля на
2	12,52	
3	5,56	
4	0,95	

5	1,37	лінії (перевезення вантажу) до кількості знаходження даного автомобіля експлуатації)
6	4	
РАЗОМ	48,4	
		Кількість ТЗ з урахуванням КТГ та КВІ $48,4/0,85/0,9 = 64$

Кількісні оцінки парку ТЗ та вартості одного рейсу дозволили зробити розрахунок основних елементів структури питомих постійних витрат з ПДВ та визначити їхню величину для різних регіонів залежно від відстані до точки доставки готової продукції та пробігу автомобілів (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9. – Розрахунок постійних витрат на реалізацію сценарія «Авто-21» для різних регіонів (плеча доставки)

Регіон	Відстань до точки	Пробіг, км за рік	Постійні витрати, грн. за рік з ПДВ
1	60	777 690	14 919 837
2	450	3 083 738	29 160 936
3	290	1 401 612	26 889 664
4	500	1 294 136	25 642 944
5	610	2 034 100	28 246 609
6	950	3 318 752	35 300 010

Проведений аналіз дозволив визначити величину загальних витрат на перевезення готової продукції підприємства ЗАТ "Кіровоград граніт" за сценарієм «АВТО-21» та оцінити її залежність від пробігу автотранспортних засобів (рис. 4.3). При цьому було встановлено, що для пробігу в 2,5 млн км/рік загальні витрати підприємства на перевезення готової продукції становитимуть 32 грн. / км слідування.

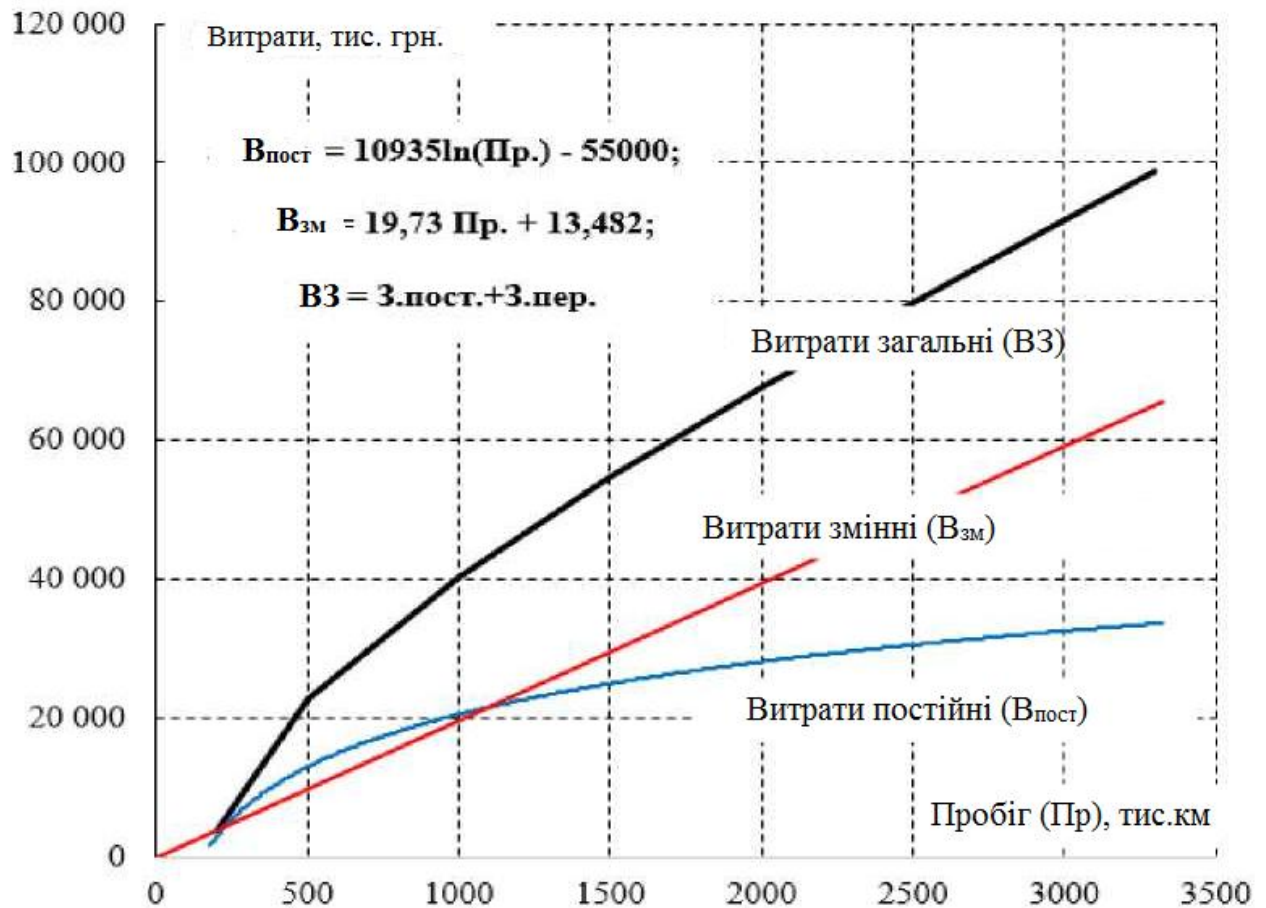


Рисунок 4.3 - Структура загальних витрат за реалізацію сценарію «АВТО-21» залежно від пробігу транспортних засобів

Таким чином, у ході проведених досліджень було встановлено структури постійних та змінних витрат транспортно-логістичної системи підприємства, а також визначено взаємозв'язки цих показників від різних факторів функціонування логістики (сезонні обмеження, плече доставки, пробіг, кількість автотранспортних засобів, рівень технічної готовності, ступінь використання автомобільного парку).

ВИСНОВКИ

1. Статистичний аналіз основних техніко-технологічних показників зон зберігання та місць навантаження готової продукції підприємства дозволив визначити для кожної зони взаємозв'язку часу завантаження одного автомобіля від швидкості завантаження для різних варіантів вантажопідйомності транспортних засобів, що виділяються під навантаження, в діапазоні від 10 до 41 т і виділити на промисловому майданчику зони ефективного та неефективного завантаження.

2. Розроблено підходи до визначення ймовірності виникнення ризику відвантаження виробленої продукції (безвідмовної роботи вантажних терміналів), проведено аналіз основних ризикових показників, побудовано матрицю ризиків та здійснено ранжування ризиків для відповідних зон зберігання та місць навантаження готової продукції у транспортно-логістичному терміналі підприємства продукції, способів відвантаження та розміру фракції сипучої маси пісків.

3. Вирішено завдання вибору транспортних засобів для перевезення готової продукції підприємства в рамках якої було сформовано: вихідну множину альтернативних варіантів транспортних засобів; сукупність оціночних критеріїв для оцінки ефективності перевезення готової продукції (технічні, організаційні, економічні, розміри шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси для різних типів транспортних засобів).

4. Формалізовано та знайдено чисельні рішення транспортного завдання перевезення готової продукції підприємства для різних критеріїв оптимальності. Як альтернативні цільові функції виступали обсяги перевезень, час роботи транспортного засобу, а також сумарні витрати на транспортування всього обсягу продукції. При реалізації процедур моделювання було враховано умови неповного використання парку транспортних засобів та рівня значущості (пріоритетності) певних маршрутів доставки готової продукції споживачам.

5. Для оцінки ефективності функціонування транспортно-логістичної системи підприємства ЗАТ "Кіровоград граніт" було сформовано вихідні множини вхідних та результуючих техніко-економічних показників, а також сформовано сценарії реалізації плану перевезення готової продукції. Сценарії

«АВТО» передбачають перевезення готової продукції підприємства лише автомобільним транспортом, а сценарії «ТЛТ» – автомобільним та залізничним транспортом за участю транспортно-логістичних терміналів.

6. Проведений регресійний аналіз взаємозв'язків необхідної кількості транспортних засобів від кількості реалізованих рейсів дозволив визначити кількісні співвідношення парків орендованих у ТОВ "ЛАНДЕХ" та власних транспортних засобів, що виконуються рейси щодо перевезення готової продукції підприємства в умовах осінньо-весняних обмежень та у період нормального функціонування транспортно-логістичних процесів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для виконання випускної кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" / [уклад. : В. В. Аулін, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту

2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Дьяченко В.О. Теоретичний системно-спрямований підхід до визначення інтегрального показника ефективності реалізації операцій в транспортних системах // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.232-247.

Режим доступу: <http://www.kntu.kr.ua/?view=science&id=60>

3. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень / В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, А. С. Замуренко // Вісник машинобудування та транспорту. - Вінниця : ВНТУ, 2020. - № 1(11). - С. 4-10.

Режим доступу: <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/187>

4. Аулін В.В. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.8-11.

Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2018_62_3

5. Методологія оптимізації транспортних технологій: метод. рекомендації до практ. занять для здобувачів вищої освіти другого (освітнього) рівня спеціальності 275 – Транспортні технології / уклад. : В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, А.О. Головатий; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 68 с.

6. Управління транспортними системами: метод. рекомендації до практ. занять для здобувачів вищої освіти другого (освітнього) рівня спеціальності 275 – Транспортні технології / уклад. : В.В. Аулін, С.В. Лисенко,

А.В. Гриньків, А.О. Головатий; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 56 с.

7. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвійшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.

Режим доступу: http://mapiea.kntu.kr.ua/archive/37_II/37_II_Plekan.html

8. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 325 с.

Режим доступу: <http://www.kntu.kr.ua/?view=article&id=825>

9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.

Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/11251>

10. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

Режим доступу: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/10540>

11. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Чернай А.Є., Голуб Д.В., Головатий А.О. Теоретичне обґрунтування управління функціонуванням технічними та транспортними системами на основі методів системної теорії інформації // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.178-189.

Режим доступу: <http://www.kntu.kr.ua/?view=science&id=60>

12. Аулін В.В. Критерії реалізації процесів забезпечення та підвищення надійності і ефективності функціонування транспортних систем / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк:

Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.12-16.

13. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.100403 «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)».- К.: Видавничий Дім "Слово", 2010. - 408 с.

14. Горяїнов О.М. Транспортні технології і логістика. Книга 1. Теорія і практика дисципліни «Вантажні перевезення» (для транспортних технологів): Підручник. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – 490 с.

15. Герзель В.М. Організація автомобільних перевезень, дорожні умови та безпека руху: Навч. посіб. / В.М.Герзель, М.М.Марчук, М.А.Фабрицький, О.П.Рижий; Нац. ун-т водн. гос-ва та природокорист. – Рівне : [НУВГП], 2008. - 199 с

16. Савченко, Л.В. Взаємодія видів транспорту : навч. посіб. - К. : НТУ, 2010.-96 с

17. І.Г. Смирнова, Т.В. Косарева. Транспортна логістика. Навчальний посібник. Київ, центр учбової літератури, 2008 рік., 220с.

18. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика. Навчальний посібник. - К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008. - 272с.

19. Кальченко А.Г. Логістика: Підручник. - Вид. 2-ге, без змін. - К.:КНЕУ, 2006. - 284с.

20. І.М. Сокур, Л.М. Сокур, В.В. Герасимчук. Транспортна логістика. Навчальний посібник. Київ, центр учбової літератури, 2009 рік., 220с.

21. Крикавський Є. Логістика. Основи теорії: підручник. Львів: НУ «Львівська політехніка» (Інформаційно-видавничий центр «ІНТЕЛЕКТ+» Інституту післядипломної освіти); «Інтелект-Захід», 2004. 416с.

22. Горбачов П.Ф. Основи теорії транспортних процесів і систем :навчальний посібник / П.Ф. Горбачов, Н.В. Пономарьова, Є.В. Любий, Т.В.Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 192 с.