

УДК 658.7

## **ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ОБСЛУГОВУЄ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТОРГІВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ**

**В.В. Аулін**, проф., д-р. техн. наук,

**А.В. Гриньків**, ст. дослідник, канд. техн. наук,

**В.А. Побива**, ст. гр. ТТ-24М,

**А.В. Кіріченко**, ст. гр. ЛАТ-25М,

**В.К. Коваленко**, ст. гр. ТТ-23,

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*

У класичному варіанті дій у рамках транспортно-технологічної системи (ТТС) логістичні операції зазвичай виконуються послідовно. Але такий лінійний підхід до вирішення завдань у динамічній та швидкозмінній ТТС не завжди ефективний. Однак якщо розглянути ті ж операції, але з використанням мультиагентного підходу, можна побачити, що система буде реагувати на зміни оперативно, оскільки ряд операцій виконується не послідовно, а паралельно. Такий спосіб виконання операцій дозволяє швидко скоригувати рішення відповідно до умов. Оперативне реагування на зміну дає можливість знаходити оптимальні варіанти доставки товару, а також підвищувати рівень використовуваних ресурсів, що призведе до поліпшення структури витрат за транспортно-логістичне забезпечення.

У результаті аналізу вартості перевезення  $C_{тр}$  транспортним засобом (ТЗ), при FTL - і LTL - перевезеннях за умов повного завантаження для LTL - перевезення було виявлено залежність вартості від обсягу перевезення  $x_{ij}$ , представлена на рис. 1.

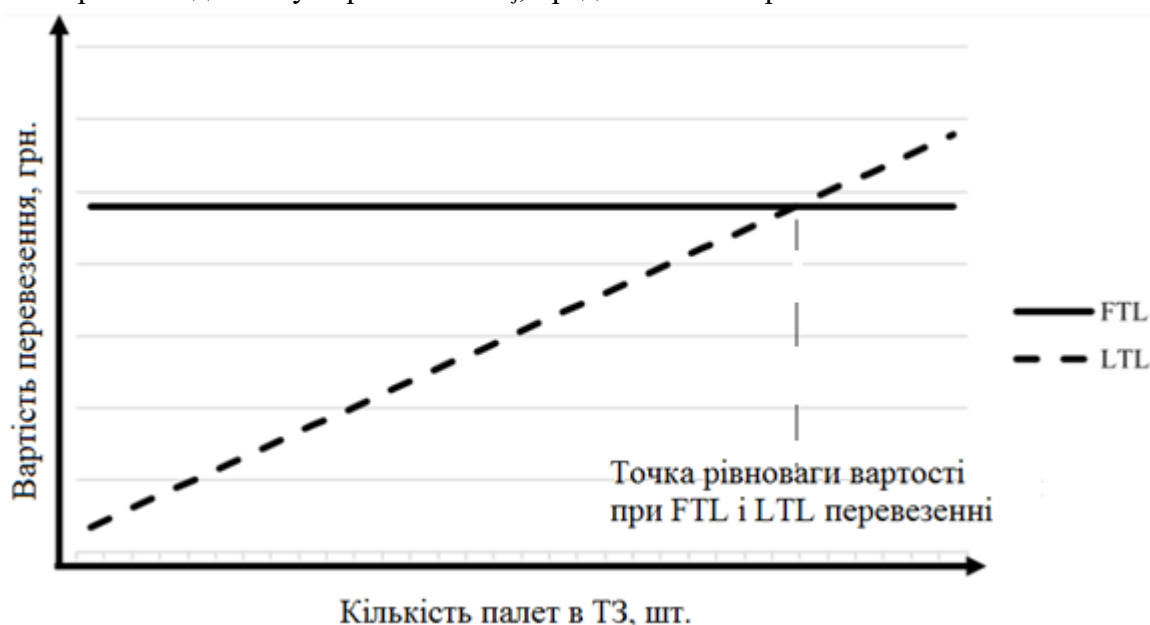


Рисунок 1 – Схематична залежність вартості від обсягу перевезення

Даний графік відображає залежність  $C_{тр}(x_{ij})$ , яка вказує на те, що  $C_{тр}$  для FTL - перевезення не залежить від обсягу замовлення, що перевозиться, і завжди має фіксовану вартість. У свою чергу  $C_{тр}$  для LTL - перевезення зростає пропорційно обсягу замовлення. Ця залежність  $C_{тр}(x_{ij})$  показує, що в об'ємі менше 80 % завантажених палет вигідніше брати LTL - перевезення, а далі - FTL.

Варто враховувати, що залежність  $C_{тр}(x_{ij})$ , справедлива тільки для повного завантаження ТЗ при LTL - перевезенні. За сучасних тенденцій мінімального розміру партії замовлення дана ситуація насправді зустрічається завжди, тому щодо  $C_{тр}$  варто розглянути залежність вартості транспортних засобів (ТЗ) від завантаження  $C_{тр}(R)$ , представлену на рисунку 2.

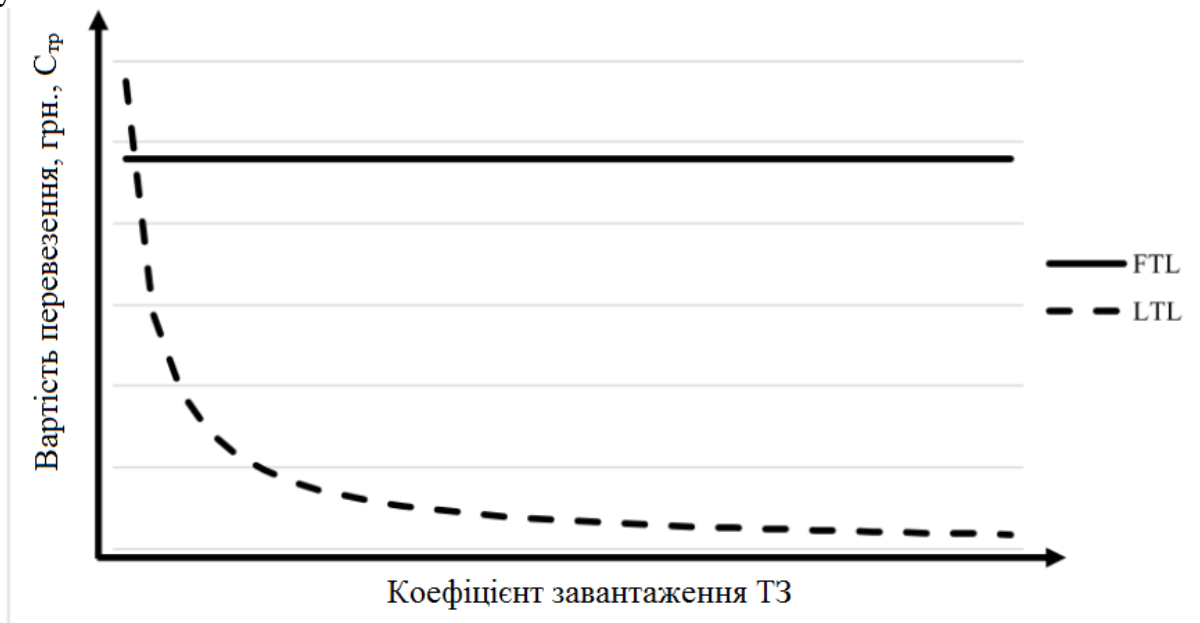


Рисунок 2 – Схематична залежність вартості перевезення від коефіцієнта використання транспортного засобу

Залежність  $C_{тр}(R)$  відбиває вартість перевезення 1 палети в транспортному засобі вантажопідйомністю до 20 т. Провівши аналіз залежності  $C_{тр}(R)$ , можна дійти невтішного висновку, що вартість LTL - перевезення безпосередньо пов'язані з коефіцієнтом використання ТЗ. Тому LTL-перевезення максимально вигідні вантажовідправникам і перевізникам за умови повного завантаження ТЗ, так як оскільки  $C_{тр}$  зменшується пропорційно підвищенню коефіцієнта використання ТЗ. Однак при завантаженні понад 30% зміни тарифів незначні.

За результатами аналізу залежностей  $C_{тр}(x_{ij})$  і  $C_{тр}(R)$  встановлено, що FTL-перевезення вигідні лише за умови повного завантаження ТЗ, але сучасні тренди вказують, що зниження мінімального розміру партії в останні кілька років не дозволяє виробничим компаніям завантажувати повністю ТЗ для відправки одному виробнику компанії використовують LTL-перевезення. В той час  $C_{тр}$  LTL-перевезень мають динамічний характер і залежить від завантаження ТЗ, тому для відправників LTL-перевезення вигідні лише за умови завантаження понад 30 %.

Взаємодія об'єктів транспортно-технологічної системи (ТТС), що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі у зв'язці з мультиагентними технологіями, дозволяє максимально завантажити ТЗ за певним маршрутом і знизити  $C_{тр}$ .

Географія вантажоперевезення також впливає на вартість фрахту ТЗ. Залежно від району доставки вантажу, можливості відправки збірного вантажу або зворотної доставки транспортні тарифи на доставку можуть суттєво відрізнятись. Вартість фрахту за кілометр на найбільш затребуваних маршрутах, як правило, нижча за вартість доставки у віддалені місця з поганою транспортною інфраструктурою. Зважаючи на такий вплив на вартість фрахту ТЗ, варто ввести додатковий коефіцієнт  $A$ , який коригуватиме вартість в залежності від обраного напрямку доставки, сезонних коливань та ін. Таким чином, вартість фрахту ТЗ матиме вигляд:  $A * C_{тр}$ .

Крім того, при формуванні вартості фрахту ТЗ вплив чинитимуть напрямок, в якому

рухається ТЗ, а також сезонні коливання попиту.

З урахуванням поданих теоретичних залежностей можна скоригувати цільову функцію:

$$Z = \sum (\alpha C_{\text{тр}} + C_m) \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $Z$  - витрати на доставку продукції, грн.;

$C_{\text{тр}}$  - витрати по фрахту транспортних засобів, грн.;

$C_m$  - витрати на зберігання та/або вантажообробку на терміналі, грн.;

$x_{ij}$  - кількість вантажу до доставки від  $i$ -го відправника вантажу  $j$ -му одержувачу, т;

$\alpha$  – коефіцієнт коливання цін на фрахт ТЗ.

В рамках скоригованої функції враховуються коливання на фрахт та витрати, пов'язані з вантажообробкою.

Ця цільова функція справедлива при дотриманні таких обмежень:

1. Обсяг замовного постачальника споживачу  $x_{ij}$  не повинен перевищувати вільну потужність логістичного терміналу  $M_{ci}$ :

$$\sum x_{ij} \leq M_{ci}. \quad (2)$$

2. Обсяг замовлення від  $i$ -го постачальника  $j$ -му споживачу  $x_{ij}$  не повинен перевищувати можливості ТЗ  $R$ :

$$R \in 1; \sum x_{ij} \geq 1. \quad (3)$$

3. Обсяг замовлення від  $i$ -го постачальника  $j$ -му споживачу  $x_{ij}$  не повинен бути негативним:

$$x_{ij} > 0. \quad (4)$$

Цільова функція дозволяє відобразити параметри моделі з урахуванням коригуючих коефіцієнтів, що дозволить знайти оптимальну комбінацію маршрутів та точки консолідації реалізації технології пулінга.

Згідно з результатами теоретичного дослідження, часткове завантаження ТЗ, що реалізується за допомогою технології пулінгу, скорочує витрати на транспорт у системі. Додатковий параметр вибору відповідного логістичного терміналу за характеристиками, формалізованими в математичній моделі, дозволить знизити додану вартість товару, а також підвищить рівень клієнтського сервісу (задоволеності клієнта), що позитивно позначиться на зміцненні позицій торгівельної мережі на ринку.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Забезпечення та підвищення надійності транспортних систем і процесів перевезень багатофункціональною роботою їх учасників. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 107-110.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Критерії реалізації процесів забезпечення та підвищення надійності і ефективності функціонування транспортних систем. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.12-16.