

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Рисцов І.К., Каплун О.О.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У статті проаналізовані виявлені актуальні проблеми діяльності транспортної галузі у сфері вантажних перевезень. Досліджено задачі щодо побудови економіко-математичної моделі щодо удосконалення вантажних перевезень. Враховується як інтерес перевізників, так і інтерес користувачів послугами. Модель враховує оптимізацію прибутку перевізників, шляхом коригування цін за перевезення і об'єму перевезень вантажів. **Ключові слова:** транспортна галузь, вантажні перевезення, вантажопотік, економіко-математичне моделювання, оптимізація прибутку, попит на перевезення.

**Постановка проблеми.** Одним з важливіших факторів удосконалення транспортної галузі є стратегічне планування її розвитку. Розглянемо цю проблему на прикладі транспортної галузі України. Є дві основні проблеми, що виникають при стратегічному плануванні розвитку транспортних підприємств України:

- проблема прогнозування вантажопотоків – тобто більш-менш достовірна оцінка попиту на послуги транспортних підприємств;
- проблема ціноутворення та максимального прибутку.

Слід зазначити, що якщо в умовах планової економіки нарощування виробничої потужності транспортної галузі здійснювалося у відповідності з потребами господарства країни, то в сучасних ринкових умовах, для максимізації свого прибутку, транспортна галузь має прямувати до рівноваги між потужностями і попитом на послуги.

Також, ефективним інструментом формування попиту на послуги транспортної галузі є його тарифна політика. Тому і впливає актуальність і важливість, для максимізації прибутку транспортної галузі, рішення задачі спільної оптимізації їхньої виробничої і тарифної політики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми у галузі транспорту у сфері великих вантажоперевезень стають більш інтенсивними і гострими. Неможливо організувати транспортну діяльність з перевезень у межах країни без урахування розвитку цієї галузі, інтересів споживачів і самої галузі. Тому багато дослідників і науковців приділяли увагу вирішенню проблем у транспортній галузі країн. Великий внесок у побудову математичних моделей, що описують стан і взаємодію елементів транспортної системи, в моделюванні діяльності транспортних підприємств, в математичну постановку завдань моделювання та дослідження внесли М.Г. Піцик, М.Е. Антошвілі, А.Н. Сочнев, С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко, С.Ю. Гутаревич, І.В. Спірін, А.О. Арак, А.П. Артинов, В.В. Скалецький, Ю.С. Лігум, А.В. Кулешова, В.А. Широченко, Г.А. Варелопуло та інші.

А.В. Кулешова, В.А. Широченко розглядали застосування моделювання для оцінки можливостей з точки зору ефективності та рентабельності перевезень [1]. Славич В.П. вважав, що з метою забезпечення завдань розвитку і функціонування міського транспорту та транспортних послуг тре-

ба, щоб діяльність транспортної системи постійно підлягала регулюванню, контролю та оптимізації. Основні напрямки регулювання повинні базуватися на економічних механізмах і контролю забезпечення вимог до безпеки та якості транспортних послуг [2]. Смехов А.А. зробив успішну спробу побудови та аналізу моделей конкурентних процесів транспортного ринку. Досліджено наступні види моделей: – моделі оптимізації каналів вантажопотоків; – моделі конкурентного транспортного середовища; – моделі ідентифікації рівнів транспортних тарифів [3]. Куделя В.І. розглядає питання розробки рекомендацій щодо пошуку шляхів підвищення ефективної роботи залізничного транспорту України. [4]. Марченко В.Т. присвятив роботу теоретичному обґрунтуванню та розробці методичних підходів і практичних рекомендацій щодо формування стратегії, орієнтованої на зростання прибутку [5]. Розроблені моделі, стратегії і механізм забезпечення ефективності функціонування автотранспортних підприємств у роботі Волинця Л.М. [6]. Кутах Ю.О. при порівняльному аналізі тарифно-цінової політики автомобільного та залізничного транспорту автор формулює та обґрунтовує тезу про необхідність об'єднання їх конкурентних переваг. [7]. Ревуцька Л.Є. у досліджує тарифи на вантажні перевезення залізничним транспортом в умовах ринкових відносин. Якщо якість послуг відрізняється від якості послуг у конкурентів, то й тарифи можуть бути вище або нижче, ніж у них [8]. Для визначення оптимальних вантажних тарифів із урахуванням попиту на перевезення автори вводять лінійні функції попиту по кожному виду вантажу з відповідними коефіцієнтами еластичності.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Таким чином, недостатньо дослідженими і розробленими в цьому напрямку є: побудова моделей функціонування транспортної галузі у сфері вантажних перевезень з урахуванням вимог максимізації прибутку галузі, яке задовольняло вимоги як галузі, так і споживачів цих послуг і відповідало вимогам доцільності. Треба досягти того рівня, щоб врегулювати тарифи, об'єми вантажних перевезень, щоб сприяти збільшенню прибутку та уникнення занепаду якоїсь із складової транспортної галузі у сфері великих вантажоперевезень. Таке дослідження дозволить отримати не тільки оптимальні, але й рівноважні тарифи.

**Формування цілей статті.** Метою дослідження є розробка й удосконалення науково-методичних підходів, теоретичних і практичних рекомендацій щодо економіко-математичного моделювання діяльності транспортної галузі у сфері вантажних перевезень задля забезпечення оптимального використання ресурсів, оптимізації прибутку галузі, знаходження рівноважних тарифів на перевезення і рівноважних об'ємів вантажних перевезень у залізничному, автомобільному, водному транспорті.

Відповідно до поставленої мети сформульовано такі завдання:

- удосконалити науково-методичні засади в процесах функціонування транспортної галузі у сфері вантажних перевезень;
- обґрунтувати економіко-математичне моделювання діяльності транспортної системи і виявити рівноважні ціни і об'єм перевезень;
- сформулювати комплекс організаційних заходів щодо оптимізації прибутку транспортної галузі у всіх її складових;
- розробити практичні рекомендації щодо удосконалення діяльності транспортної галузі, враховуючи як інтереси користувачів, так і самої галузі.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

Будемо досліджувати проблему вибору найкращої стратегії розвитку видів транспортної галузі, оптимізувати тарифи за критерієм максимуму прибутку. При оптимізації тарифів досліджується вплив собівартості послуг. Собівартість послуг розглядається як функція попиту на його послуги, при цьому не досліджується задача оптимізації обсягів закупуваних виробничих ресурсів, необхідних для задоволення попиту.

Для визначення оптимальних вантажних тарифів із врахуванням попиту на перевезення вводяться лінійні функції попиту по вантажу з відповідними коефіцієнтами еластичності. На мою думку, необхідно розвинути таке дослідження та врахувати реакцію споживачів на зміну тарифів, зокрема, автомобільного, залізничного та водного транспорту. Таке дослідження дозволить отримати не тільки оптимальні, але й рівноважні тарифи.

При економіко-математичному моделюванні діяльності транспортної галузі у сфері вантажних перевезень будемо розглядати її у розрізі внутрішньо української діяльності, матимемо три типи транспорту: автомобільний, залізничний та водний. Кожен тип транспорту має своє співвідношення у вантажних перевезеннях, відносно загальної кількості об'єму вантажу, що перевозиться в цій галузі. Треба знайти рівноважний рівень об'єму перевезень з точки зору користувачів транспортних послуг на перевезення, враховуючи реакцію на тарифи. Також потрібно знайти таку ціну за доставку тонни вантажу, тобто тарифи на перевезення, у кожному виді транспорту, щоб прибуток галузі і задоволеність попиту на перевезення користувачів, а також економічний ефект був максимальний у даних обставинах. Таким чином знайдемо рівноважні тарифи на перевезення.

Для визначення доходу у загальному вигляді у кожному виді транспорту використаємо наступні формули:

$$I_1(t) = Q_1(t) * p_1(t), \quad (1)$$

$$I_2(t) = Q_2(t) * p_2(t), \quad (2)$$

$$I_3(t) = Q_3(t) * p_3(t), \quad (3)$$

де  $I_i(t)$  – дохід від діяльності кожного виду транспорту транспортної галузі (млн. грн.),  $Q_i(t)$  – об'єм перевезень в різних типах транспорту (залізничний, автомобільний, водний) (тонн),  $p_i(t)$  – ціни за перевезення (грн./тонну),  $i$  – тип транспорту (1 – авто, 2 – залізничний, 3 – водний).

Транспортна галузь максимізує свій прибуток по своєму тарифу при даних тарифах. Цільова функція  $i$ -го типу транспорту в розрізі галузі:

$$F_i(t) = p_i(t) * Q_i(t) - z_i(t) * Q_i(t) = Q_i(t) * (p_i(t) - z_i(t)) \rightarrow \max_{p_i}, \quad (4)$$

$$F_i(t) = \frac{b_i - v_i - p_i(t)}{2 * k_i} * (p_i(t) - z_i(t)) \rightarrow \max_{p_i}, \quad (5)$$

де  $z(t)$  – собівартість перевезення одиниці продукції (тонни),  $b_i$  – потенціал ринку (максимально можлива ціна),  $k_i$  – еластичність попиту (зниження ціни при одиничному збільшенні обсягу продукції),  $v_i$  – перемінні витрати на тонну перевезень (собівартість).

Обмеження, яке характеризує економічний потенціал постачань:

$$b_i - v_i - z_i > 0, \quad (6)$$

Знаходимо першу похідну і дорівнюємо її до нуля:

$$\frac{dF_i(t)}{dp_i} = \frac{1}{2 * k_i} * (b_i - v_i - p_i(t) + z_i(t)) = 0, \quad (7)$$

Тоді рівноважний тариф за вантажні перевезення  $i$ -го типу транспорту дорівнює:

$$p_i(t) = \frac{b_i - v_i - p_i(t) + z_i(t)}{2}, \quad (8)$$

Друга похідна:

$$\frac{d^2F_i(t)}{dp_i^2} = -\frac{1}{k} < 0, \quad (9)$$

Тобто при такому тарифі досягається саме максимум функції прибутку в складових транспортної галузі.

Водночас, користувачі послуг перевезення максимізують прибуток в залежності від обсягу продукції при даних транспортних тарифах  $p_i$  в транспортній галузі. Його цільова функція:

$$G_i(t) = Q_i(t) * b_i - Q_i^2(t) * k_i - Q_i(t) * v_i \rightarrow \max_{Q_i}, \quad (10)$$

Для розрахунку цін скористаємось наступною формулою:

$$p_i(t) = b_i - k_i * Q_i(t), \quad (11)$$

Дорівнюємо до нуля першу похідну функції прибутку користувачів в зашальному вигляді:

$$\frac{dG_i(t)}{dQ_i} = b_i - 2 * k_i * Q_i(t) - v_i = 0, \quad (12)$$

Тоді функція оптимальної реакції на дані транспортні тарифи:

$$Q_i(t) = \frac{b_i - v_i}{2 * k_i}, \quad (13)$$

Знайдемо другу похідну:

$$\frac{d^2 G_i(t)}{dQ_i^2} = -2 * k_i, \quad (14)$$

Тобто при такому  $Q_i$  досягається саме максимум прибутку користувачів послуг перевезення.

Визначаємо рівноважні тарифи через вихідні параметри (індекс  $e$  на рівновагу):

$$p_i^e = z_i + \frac{b_i - v_i - z_i}{2}, \quad (15)$$

Тоді одержуємо рівноважний обсяг перевезенної продукції, для кожного виду транспорту:

$$Q_i^e = \frac{b_i - v_i - z_i}{2 * k_i}, \quad (16)$$

Рівноважний прибуток  $i$ -ої складової транспортної галузі:

$$F_i^e = \frac{(b_i - v_i - z_i)^2}{2 * k_i}, \quad (17)$$

Тобто отримали у загальному вигляді модель рівноважного прибутку для транспортної галузі, знайшли рівноважний тариф і обсяг перевезень вантажів у кожній складовій транспортної галузі, враховуючи припущення і зазначення,

які були отримані в результаті аналізу та оцінки стану транспортної галузі в Україні.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку.** Для ефективного планування і аналізу діяльності транспортних систем використовується економіко-математичне моделювання, За допомогою економіко-математичної моделі діяльності транспортної галузі у сфері вантажних перевезень було змодельована оптимізація прибутку галузі, знайдено рівноважні тарифи на перевезення і рівноважні об'єми вантажних перевезень у залізничному, автомобільному, водному транспорті.

Для застосування даної моделі в реальному житті необхідно додаткові напрацювання, оскільки є багато факторів, що впливають на поведінку досліджуваного об'єкта, і які в моделі не враховуються.

В подальшому сформовану задачу можна буде розширювати задля комплексного дослідження даної тематики для врегулювання тарифів та якості обслуговування, що призведе до збільшення економіко-соціального ефекту в транспортній галузі, що буде сприяти збільшенню прибутку та уникнення занепаду якоїсь із складової транспортної галузі у сфері великих вантажоперевезень.

## Список літератури:

1. Кулешова А.В. Имитационное моделирование городской транспортной системы с учетом изменения пассажиропотока / А.В. Кулешова, В.А. Широченко // Студенческий вестник. Электронный научно-технический журнал. – 2013. – № 7. – С. 15–19.
2. Славич В.П. Модель автоматизованої системи управління потоками транспортних засобів [Електронний ресурс] / В.П. Славич // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси та системи. – 2008. – № 1. – С. 20–23.
3. Смехов А.А. Маркетинговые модели транспортного рынка. – М.: Транспорт, 1998. – 120 с.
4. Куделя В.І. Шляхи підвищення ефективності роботи залізничного транспорту в умовах ринкової економіки: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Харків, 2006. – 20 с.
5. Марченко В.Т. Стратегія зростання прибутку морських торговельних портів України: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Одеса, 2005. – 20 с.
6. Волинець Л.М. Моделі та стратегії забезпечення ефективності міжнародних перевезень пасажирів: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Київ, 2009. – 20 с.
7. Кутах Ю.О. Економічна ефективність роботи різних видів транспорту в умовах міжнародних транспортних коридорів: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Одеса, 2004. – 20 с.
8. Ревуцька Л.С. Удосконалення вантажних залізничних тарифів на основі врахування попиту на перевезення: Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Харків, 2002. – 20 с.

**Рысцов И.К., Каплун А.О.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

## ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

### Аннотация

В статье проанализированы выявленные актуальные проблемы деятельности транспортной отрасли в сфере грузовых перевозок. Исследована задача по построению экономико-математической модели для совершенствования грузовых перевозок. Учитывается как интерес перевозчиков, так и интерес пользователей услугами. Модель учитывает оптимизацию прибыли перевозчиков, путем корректировки цен за перевозку и объема перевозок грузов.

**Ключевые слова:** транспортная отрасль, грузовые перевозки, грузопоток, экономико-математическое моделирование, оптимизация прибыли, спрос на перевозки.

**Rystov I.K., Kaplun O.O.**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## **ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE ACTIVITIES OF THE TRANSPORT INDUSTRY**

### **Summary**

The article analyzes the revealed actual problems of transport industry activity in the field of freight transportation. The task of constructing an economics-mathematical model for improving freight transportation is investigated. It is taken into account both the interest of carriers and the interest of users of services. The model takes into account the optimization of the profit of carriers, by adjusting the prices for transportation and the volume of cargo transportation.

**Keywords:** transport industry, freight transportation, freight traffic, economic and mathematical modeling, profit optimization, demand for transportation.