

Майбородіна Н. В., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри природничо-математичних та загально інженерних дисциплін Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0003-1754-6790

Герасименко В. П., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0002-4017-1141

МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ ВАНТАЖООБІГУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ВІД ЦІНИ НА БЕНЗИН А-95

Автомобільний транспорт займає друге місце в Україні серед видів транспорту за обсягом вантажних перевезень. Саме тому виникає необхідність дослідження, моделювання, аналізу та прогнозування вантажообігу на автомобільному транспорті. Поведінка та значення будь-якого економічного показника залежить практично від безлічі факторів, але всі фактори врахувати неможливо. Але в цьому і немає потреби. Зазвичай лише обмежена кількість факторів насправді істотно впливає на досліджуваний показник. Вплив інших факторів настільки незначний, що їх ігнорування не може призвести до істотних відхилень у поведінці досліджуваного об'єкта. Важливою передумовою якісного аналізу та прогнозу є виокремлення та врахування в моделі лише домінуючих факторів. Одним з найважливіших чинників, що впливає на вантажообіг автомобільного транспорту є ціна на паливе. В роботі розглянуто питання моделювання вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95. Для побудови математичної моделі використовувалися статистичні дані Державної служби статистики України. З метою автоматизації процесу побудови моделі залежності обсягу вантажних перевезень на автомобільному транспорті від ціни на бензин А-95 в даному дослідженні використано можливості табличного процесору Excel. Для забезпечення достовірності побудованої моделі, серед запропонованих варіантів ліній регресії в Excel обирали ту, яка має найбільшу величину апроксимації. В даній роботі дотримано всіх вимог до основних етапів математичного моделювання реального процесу: наведено постановку задачі, виокремлено показник, який суттєво впливає на досліджуваний об'єкт, представлено методику побудови математичної моделі, досліджено побудовану модель реального процесу та розглянуто застосування отриманих результатів до практичного питання прогнозування вантажообігу автомобільного транспорту на 2025 рік. Отримані в даному дослідженні результати відіграють важливу роль при плануванні обсягів перевезень товарів автомобільним транспортом та аналізі обсягів зовнішньої та внутрішньої торгівлі товарами.

Ключові слова: автомобільний транспорт, вантажообіг, модель, достовірність апроксимації.

Maiborodina N. V., Gerasymenko V. P. Dependence model of freight turnover in road transport on the price of A-95 gasoline

Road transport ranks second in Ukraine among modes of transport in terms of freight volume. This is why there is a need to study, model, analyze, and forecast freight traffic in road transport. The behavior and value of any economic indicator depend on a multitude of factors, but it is impossible to take all of them into account. However, this is not necessary. Typically, only a limited number of factors significantly influence the indicator under study. The impact of other factors is so negligible that ignoring them does not lead to substantial deviations in the behavior of the object under analysis. A key prerequisite for a quality analysis and forecast is identifying and considering only the dominant factors in the model. One of the most important factors influencing road freight traffic is the price of fuel. This paper examines the issue of modeling road freight traffic depending on the price of A-95 gasoline. To construct the mathematical model, statistical data from the State Statistics Service of Ukraine was used. To automate the process of building the model of the dependence of freight volume on road transport on the price of A-95 gasoline, this study employed the capabilities of the Excel spreadsheet processor. To ensure the reliability of the constructed model, the regression line option with the highest approximation value was selected among those offered in Excel. This work adheres to all the requirements for the main stages of mathematical modeling of a real-world process: the problem is stated, the key influencing indicator is identified, the methodology for constructing the mathematical model is presented, the developed model of the real process is analyzed, and the application of the obtained results for the practical task of forecasting road freight traffic for the

year 2025 is considered. The results obtained in this study play an important role in planning the volume of goods transported by road and in analyzing the volume of external and internal trade in goods.

Key words: road transport, freight turnover, model, approximation reliability.

Постановка проблеми. В Україні з кожним роком все більше розвивається інтернет індустрія, яка передбачає купівлю-продаж товарів через інтернет магазини. Саме в таких умовах доставка товарів автомобільним транспортом набуває все більшої популярності. Основними чинниками вибору автомобільного транспорту для вантажних перевезень є його переваги. Наприклад, використання автомобільного транспорту забезпечує гнучкість доставки та маршрутів, має швидку оперативність та найкращий вид транспорту для термінових вантажів. З розвитком малого бізнесу в Україні дедалі ширше використовується автомобільний транспорт для перевезень вантажів, оскільки він зручний для перевезення невеликих партій вантажів. Також використання автомобільного транспорту не потребує великих витрат на інфраструктуру, оскільки не потрібно будувати колії, порти чи аеропорти. Найвигіднішим видом транспорту на невеликих дистанціях є саме автомобільний транспорт, який забезпечує комбіновані завантаження для збірних видів вантажів.

З початком війни в 2022 році вантажні перевезення автомобільним транспортом перемістилися з другого місця серед видів транспорту за обсягом вантажних перевезень на перше. Особливими перевагами автомобільного транспорту у воєнний час є можливість зміни маршруту в реальному часі та необмеженість жорсткими графіками як у залізничного транспорту. Враховуючи той факт, що авіатransпорт в Україні не працює з 2022 року для перевезень вантажів, доводиться розподіляти дану прогалину в перевезеннях між залізничним та автомобільним транспортом. Економічна активність країни напряму впливає на попит на перевезення. Сучасна Україна потребує швидкої організації перевезень та доступ до найвіддаленіших і небезпечних точок. Саме автомобільний транспорт забезпечує таку організацію вантажоперевезень.

Отже, дослідження залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 являє собою актуальну задачу для підприємств і організацій України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню сфери автомобільного транспорту приділяється велика увага вчених, оскільки забезпечення сталого розвитку є одним зі стратегічних завдань національної економіки країни. Теоретичні та методологічні питання розвитку автотранспортної галузі в національній економіці розглядалися в працях Ю. Є. Пашенко, Никифорок О.І., Чмирьова Л.Ю., Лебідь В.В. [1, 2, 3]. Правові засади регулювання автомобільного транспорту в Україні досліджено в роботах І. М. Барбір [4], В. М. Дідківського [5]. Дослідження безпеки руху та впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище розглянуто в роботах Б. В. Дерев'янка [6], О. М. Терентьева [7], В.С. Олішевської [8], І. Дмитріва [9].

Відаючи належне наявним науковим дослідженням учених з питань сфери діяльності автомобільного транспорту, слід зазначити, що недостатньо досліджена процедура прогнозування очікуваних обсягів вантажоперевезень та впливу домінуючих факторів на вантажообіг.

Мета статті. Основною метою даної роботи є побудова математичної моделі залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 в умовах невизначеності на основі наявних статистичних даних за попередні роки із застосуванням методів математичної статистики. Дослідження, аналіз побудованої моделі та прогнозування вантажообігу на автомобільному транспорті на 2025 рік.

Виклад основного матеріалу. Дослідження вантажообігу автомобільного транспорту має важливе значення для сучасної економіки України, оскільки дохід промислового та сільськогосподарського виробництва на пряму залежить від його можливостей.

Для успішного прогнозування обсягу вантажообігу і вибору моделі, що використовуватиметься, необхідно обирати регресійну функцію серед багатьох можливих варіантів. Для вибору адекватної моделі будемо застосовувати спеціальні критерії якості моделі [10]. З метою перевірки достовірності запропонованої моделі, скористаємося елементами дисперсійного аналізу та перевіримо значущість отриманих результатів.

Для даної задачі оберемо рівень значущості $\alpha = 0,05$ (або 5%). Тоді всі сформульовані висновки будуть виконуватись з рівнем довіри $p = 1 - \alpha = 0,95$; тобто з ймовірністю 95%.

Для створення математичної моделі залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 скористаємося даними, які розміщені на сайті Державної служби статистики України в розділі Статистична інформація / Економічна статистика / Транспорт / Вантажообіг за видами транспорту (2014-2022) [11]. Статистичні дані ціни на бензин марки А-95 та вантажообігу автомобільного транспорту за період 2014-2021 років наведено в таблиці 1.

В таблиці 1 наведено дані до 2021 року. З настанням війни в Україні 24 лютого 2022 року стало неможливим зібрати якісно статистичні дані за 2022, 2023 та 2024 роки. Скористаємося наявними статистичними даними за період 2014 – 2021 роки.

Задача регресійного аналізу полягає в тому, щоб за наявними статистичними даними:

1. Отримати найкращі оцінки $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n$ невідомих параметрів $a_0, a_1, \dots, a_n$;
2. Перевірити статистичні гіпотези про параметри моделі;
3. Перевірити, чи добре отримана модель узгоджується зі статистичними даними (перевірити адекватність моделі) [10].

Таблиця 1

Ціни на бензин марки А-95 та вантажообігу автомобільного транспорту (2014-2021)

Показник	Одиниця виміру	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Вантажообіг автомобільного транспорту	млн.ткм.	37747,1	34504,6	37978,6	41459,5	42569,5	48906,3	42016,9	46808,1
Ціна на бензин марки А-95	грн/л	13,1	20,4	20,1	24,6	29,1	28,6	24,9	30,5

Якість отриманих оцінок параметрів $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n$ можна аналізувати шляхом дослідження відхилень між теоретичними значеннями моделі та фактичними (емпіричними) даними. Ці відхилення дозволяють оцінити ступінь відповідності побудованої моделі реальним спостереженням. Одним із найпоширеніших підходів для оцінювання параметрів є **метод найменших квадратів** – це статистичний метод, який передбачає знаходження таких значень параметрів, при яких **сума квадратів відхилень** теоретичних значень від емпіричних є мінімальною. Формально, він ґрунтується на мінімізації функції:

$$S(\hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n) = \sum_{i=1}^n \left((y_i - f(x_i; \hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n))^2 \right)$$

де y_i – емпіричні дані, $f(x_i; \hat{a}_0, \hat{a}_1, \dots, \hat{a}_n)$ – теоретична модель, яка залежить від параметрів. Таким чином, метод найменших квадратів забезпечує знаходження найкращої апроксимації емпіричних даних за заданою моделлю.

З метою автоматизації побудови моделі оберемо табличний процесор Microsoft Excel.

Обробку числових даних розпочнемо з використання Надстройки / Аналіз даних / Описова статистика. Результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати описової статистики в Excel

Характеристика	Ціна на бензин марки А-95 (грн/л)	Вантажообіг автомобільного транспорту
Середнє значення	23,91375	41498,83
Стандартна похибка	2,061029	1689,579
Медіана	24,75	41738,2
Мода	-	-
Стандартне відхилення	5,829469	4778,852
Дисперсія вибірки	33,98271	22837427
Ексцес	0,228039	-0,59313
Асиметрія	-0,81062	0,207513
Інтервал	17,43	14401,7
Мінімум	13,07	34504,6
Максимум	30,5	48906,3
Сума	191,31	331990,6
Кількість	8	8

На основі даних про вантажообіг автомобільного транспорту з 2014 року по 2021 рік:

1. Визначимо вид функції регресії.
2. Побудуємо функцію регресії.
3. Дослідимо достовірність побудованої функції регресії.
4. Виконаємо прогнозування за побудованою функцією регресії:
 - а) спрогнозуємо вантажообіг автомобільного транспорту на 2025 рік;
 - б) обчислимо довірчий інтервал для прогнозованого індивідуального значення вантажообігу автомобільного транспорту.

1. Для визначення виду функції залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 будемо кореляційне поле точок (Рис. 1).

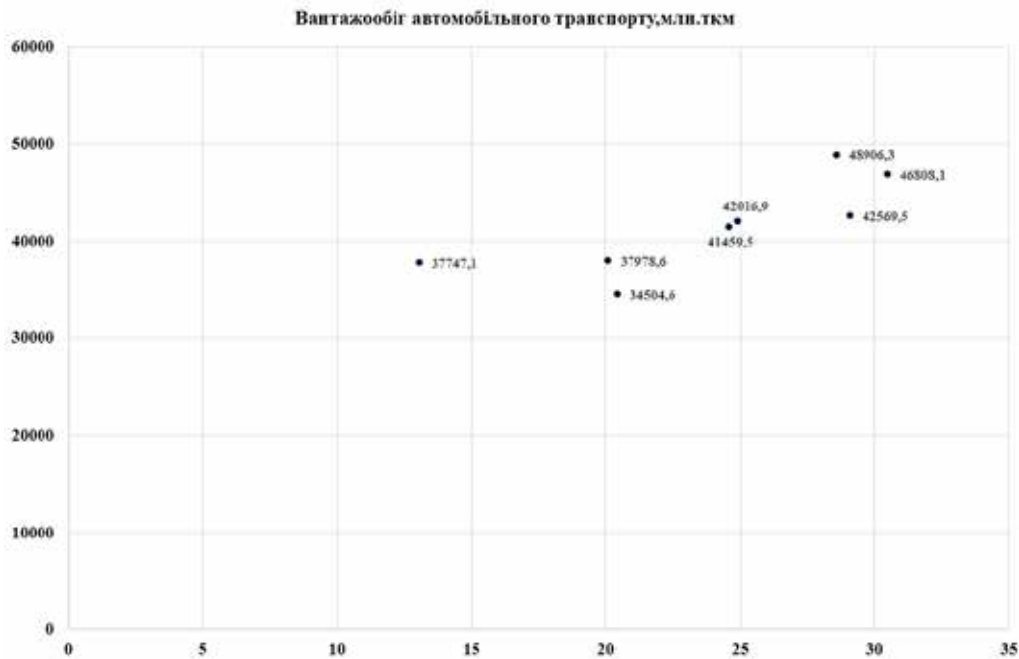


Рис. 1. Кореляційне поле точок

2. Засобами табличного процесору Microsoft Excel здійснюємо вибір функції регресії. На рис. 2 зображено вибір лінійної лінії тренду.

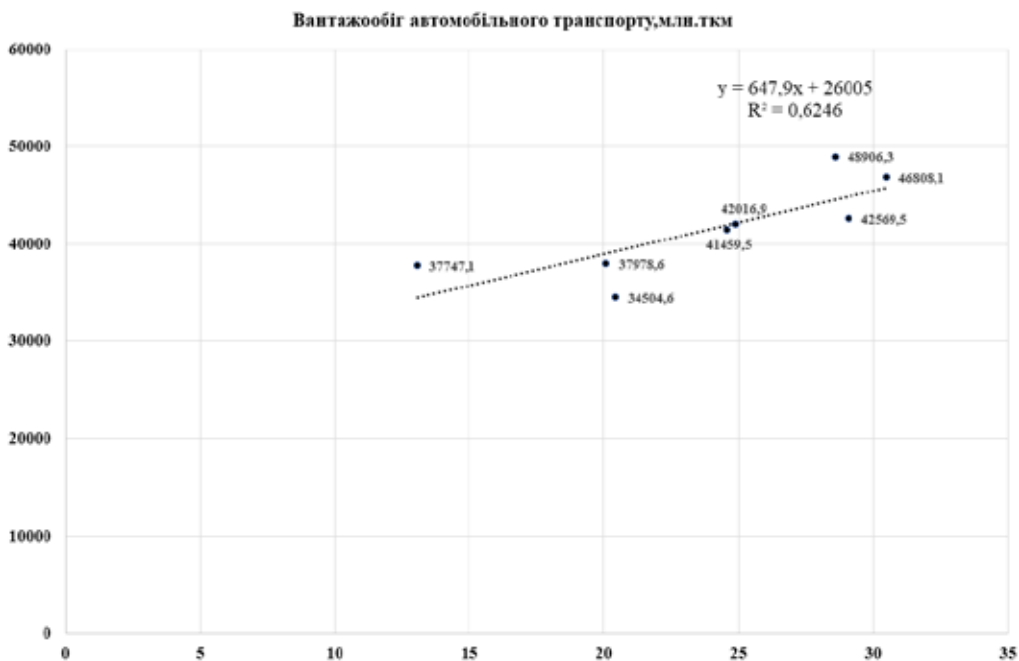


Рис. 2. Графік залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 (лінійна модель)

Отже, функціональна залежність має вигляд

$$y = 647,9x + 26005. \quad (1)$$

Величина апроксимації $R^2 = 0,6246$. Оскільки $0,5 < R^2 < 0,8$, то функціональна залежність прийнятна для опису зв'язку між величиною вантажообігу автомобільного транспорту та ціною на бензин марки А-95.

З метою збільшення показнику якості моделі R^2 оберемо поліноміальну функцію 2-го степеня. Побудована модель та графік залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 зображена на рис. 3.

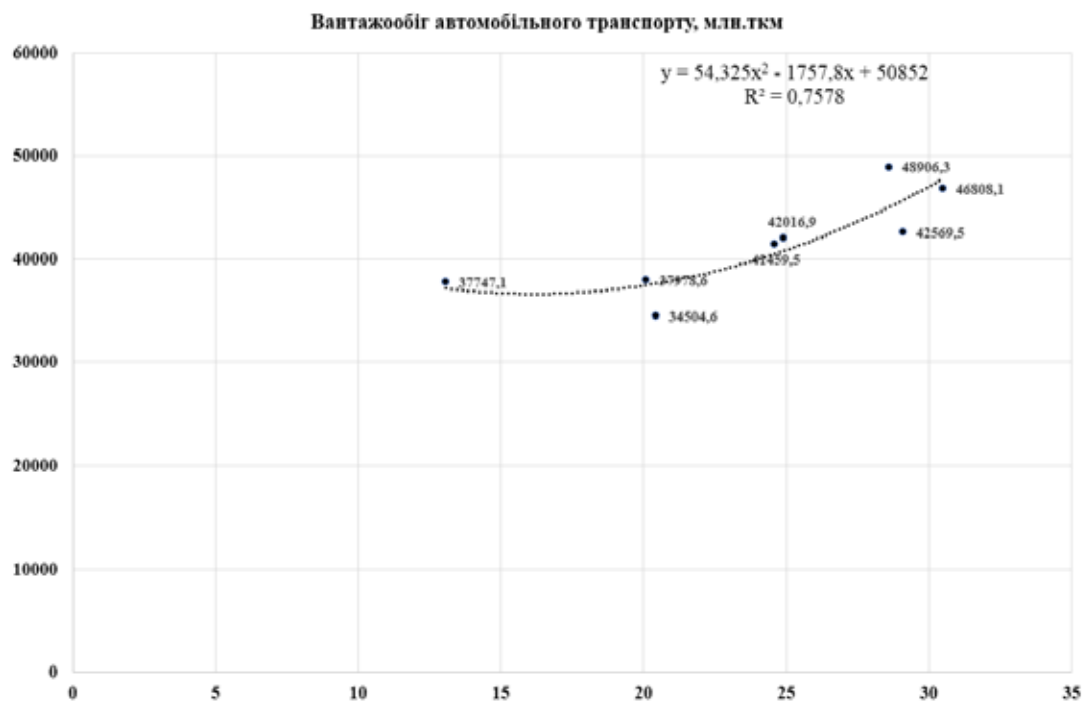


Рис. 3. Графік залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 (поліноміальна модель 2-го степеня)

Отже, функціональна залежність має вигляд

$$y = 54,325x^2 - 1757,8x + 50852. \quad (2)$$

Величина апроксимації $R^2 = 0,7578$. Оскільки $0,5 < R^2 < 0,8$, то функціональна залежність також прийнятна для опису зв'язку між величиною вантажообігу автомобільного транспорту та ціною на бензин марки А-95. В порівнянні з лінійною моделлю (1), величина апроксимації більша, тому поліноміальна модель 2-го степеня (2) краще описує залежність між розглянутими величинами.

Оберемо поліноміальну функцію 3-го степеня (рис. 4). Оскільки величина апроксимації $R^2 = 0,8162$ ($0,8 < R^2 < 1$), то функціональна залежність достатньо точно описує зв'язок між величиною вантажообігу автомобільного транспорту та ціною на бензин марки А-95. Тому для подальшого дослідження та аналізу обираємо функціональну залежність

$$y = -9,7229x^3 + 689,09x^2 - 14953x + 137200. \quad (3)$$

Отже, для подальшого дослідження та аналізу обираємо поліноміальну функцію 3-го степеня (3), одержану на основі даних вантажообігу автомобільного транспорту та ціни на бензин марки А-95 з 2014 року по 2022 рік.

Емпірична функція регресії має вигляд:

$$\hat{y} = -9,7229x^3 + 689,09x^2 - 14953x + 137200. \quad (4)$$

Теоретична функція регресії має вигляд:

$$y = -9,7229x^3 + 689,09x^2 - 14953x + 137200 + u, \quad (5)$$

де u – випадкова складова.

Причини наявності випадкової складової u в регресійній моделі (4) обумовлені введенням в модель не всіх пояснюючих змінних. Для дослідження було розглянуто залежність вантажообігу автомобільного транспорту лише від ціни на бензин марки А-95 з метою спрощення реальної ситуації, та вважаючи ціну на бензин – одним із домінуючих факторів впливу. Реальна ситуація є складною композицією різних факторів, що призводить до відхилення реальних значень вантажообігу автомобільного транспорту від його

змодельованих значень. Також похибки збору статистичних даних впливають на розбіжності між модельними та емпіричними даними, що позначається на величині випадкової складової. Обмеженість зібраних статистичних даних з 2014 по 2021 рік також відображена у випадковій складовій u . Одним із найбільш непередбачуваних факторів, що обумовлює появу випадкової складової, є людський фактор. Ця причина може “зіпсувати” найякіснішу модель. Навіть при правильному виборі форми моделі, скрупульозному доборі пояснюючих змінних неможливо спрогнозувати поведінку кожного індивідуума.

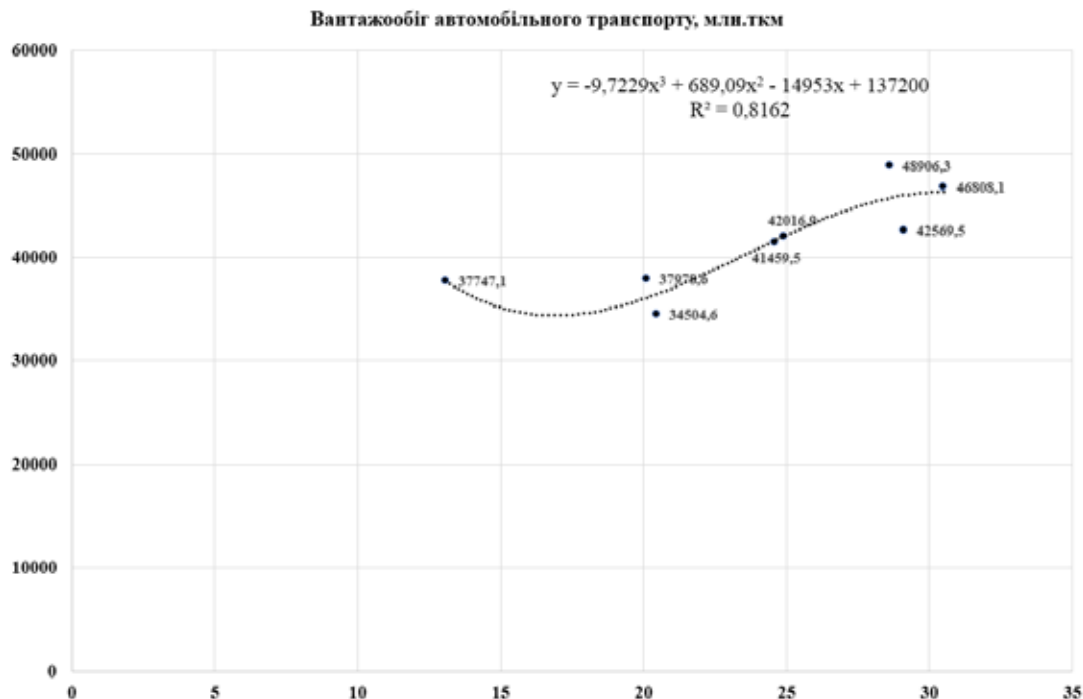


Рис. 4. Графік залежності вантажообігу автомобільного транспорту від ціни на бензин марки А-95 (поліноміальна модель 3-го степеня)

3. Для даної функції регресії (4) достовірність апроксимації [10] (коефіцієнт детермінації) $R^2 = 0,8162$ ($0,8 < R^2 < 1$), тому можна вважати, що побудована функція регресії на 81,62% відповідає вхідним статистичним даним вантажообігу автомобільного транспорту та цін на бензин марки А-95.

Обчислимо індекс кореляції R за формулою

$$R = \sqrt{R^2}. \quad (6)$$

$$R = \sqrt{0,8162} = 0,9.$$

Оскільки величини R^2 і R наближаються до одиниці, то для побудованої функції регресії (5) це свідчить про її достовірність.

Обчислимо емпіричні значення $\hat{y}_i$, використавши функцію регресії (1).

Обчислимо залишки функції регресії u_i за формулою

$$u_i = y_i - \hat{y}_i. \quad (7)$$

Обчислимо відносні похибки залишків функції регресії δ_i за формулою

$$\delta_i = \frac{u_i}{y_i} \cdot 100\%. \quad (8)$$

Обчислимо середнє значення відносної похибки залишків $\bar{\delta}$ за формулою

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i. \quad (9)$$

$$\bar{\delta} = \frac{1}{8} \cdot \sum_{i=1}^8 \delta_i = \frac{1}{8} \cdot (-1,52\%) = -0,19\%.$$

Оскільки $\bar{\delta} = -0,19\%$ значно менше 10% , то функцію регресії можна вважати достатньо точною.

4. а) обчислимо точковий прогноз y_{np} обсягу вантажообігу автомобільного транспорту для заданого значення $x_{np} = 55,55$ грн ціни на бензин марки А-95 станом на І квартал 2025 року.

Використавши для точкового прогнозу побудовану емпіричну функцію регресії (4):

$$\hat{y}_{np} = -9,7229x_{np}^3 + 689,09x_{np}^2 - 14953x_{np} + 137200.$$

Значення $\hat{y}_{np}$ обсягу вантажообігу автомобільного транспорту на 2025 рік за умови ціни 55,55 грн за 1 л на бензин марки А-95 згідно одержаної функції регресії (4):

$$\hat{y}_{np} = 38321,1 \text{ (млн.ткм)}.$$

З ймовірністю 95% можна стверджувати, що обсяг вантажообігу автомобільного транспорту на 2025 рік за умови ціни 55,55 грн за 1 л: $y_{np} = 38321,1$ (млн.ткм).

Висновки. У даному дослідженні, спираючись на статистичні дані, за допомогою табличного процесора Microsoft Excel побудовано функцію залежності вантажообігу автомобільного транспорту від вартості бензину марки А-95. Здійснено регресійний аналіз, в результаті якого підтверджено достовірність отриманої моделі. Статистичні висновки, зроблені у рамках дослідження, мають рівень довіри 95%, що свідчить про надійність одержаних результатів.

Побудована функція регресії є статистично значущою та може бути використана для прогнозування майбутніх обсягів вантажообігу автомобільного транспорту залежно від зміни цін на бензин марки А-95. Згідно з розрахунками, при прогнозованій вартості бензину 55,55 грн за літр у 2025 році, очікуваний обсяг вантажообігу становитиме приблизно 38 321,1 млн. ткм.

Результати дослідження мають важливе прикладне значення. Вони можуть бути використані у процесі стратегічного планування транспортної логістики, зокрема для оптимізації перевезень автомобільним транспортом, а також при аналізі тенденцій зовнішньої та внутрішньої торгівлі. Отримана модель дозволяє враховувати вплив паливної політики на транспортну інфраструктуру та забезпечує основу для прийняття економічно обґрунтованих управлінських рішень.

У подальших дослідженнях доцільно розширити модель, врахувавши додаткові фактори, які можуть впливати на вантажообіг автомобільного транспорту, зокрема: рівень економічної активності, зміни в законодавстві, курс національної валюти, вартість технічного обслуговування транспортних засобів, а також сезонні коливання. Також перспективним є використання більш складних моделей та машинного навчання для підвищення точності прогнозування.

Список використаних джерел:

1. Пашенко Ю.Є., Никифорок О.І., Чмирьова Л.Ю., Чернявський Ю.І. Науково-методичні основи формування стратегії розвитку транспортно-дорожнього комплексу. *Стратегічні пріоритети та сучасні завдання розвитку реального сектору економіки України*: колективна монографія РВПС України НАН України. Черкаси, 2007. С. 197–230.
2. Nykyforuk O., Stasyuk O., Chmyrova L., Fediai N. System of digital transformation indicators in transport sector. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2019. № 1(2). P. 3–12. DOI: 10.31435/rsglobal_ejits/31072019/6576.
3. Лебідь В.В., Мейш Ю.А., Майбородіна Н.В., Герасименко В.П. Застосування математичного моделювання до побудови лінійної багатофакторної моделі перевезень вантажів у міжнародному сполученні. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. 2022. № 51. С. 260 – 266. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-1-51-260-266.
4. Barbir I. Regulatory and legal support of the process of involving Public Private Partnership in the field of socio-transport infrastructure at the local level in Ukraine. *International Journal of Public Administration, Management and Economic Development*. 2021. Vol. 6, № 1, P. 3–6.
5. Didkivskyi V. Development of public management system of transport safety on commercial transport by the reforming of the public authorities structure. *East European Scientific Journal*. 2021. Vol. 3 (67), № 5. P. 67–72.
6. Деревянко Б. В. Заходи підвищення рівня безпеки руху автомобільного транспорту в Україні. *Розвиток сталої мобільності: глобальні та локальні рішення* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Кропивницький, 15 листоп. 2024 р. Кропивницький, 2024. С. 69–71.
7. Терентьев О. М., Сергієнко М. І., Смоляр В. Г. Вплив промислового автомобільного транспорту на навколишнє середовище. *Енергетика : економіка, технології, екологія : науковий журнал*. 2020. № 3 (61). С. 85–91.
8. Олішевська В. Є. Екологічний вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище. *Інноваційні технології підготовки кадрів для промисловості та транспорту* : зб. наук. пр. міжнар. конф., м. Дніпро, 28-29 квітня 2023р. Дніпро, 2023. С. 147–152.
9. Дмитрів І., Скиба М. Вплив вікової структури парку легкових автомобілів на екологію великого міста. *Молодий вчений*. 2022. № 8 (108). С. 8–12. DOI: 10.32839/2304-5809/2022-8-108-3.

-
10. Майбородіна Н. В. Економетрика : навч. посіб. Ніжин: ПП Лисенко М. М., 2021. 280 с.
11. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 08.04.2025).

References:

1. Pashchenko, Yu. Ye., Nykyforuk, O. I., Chmyrova, L. Yu., & Cherniavskyi Yu.I. (2007). Naukovo-metodychni osnovy formuvannia stratehii rozvytku transportno-dorozhnoho kompleksu. Stratehichni priorytety ta suchasni zavdannia rozvytku realnoho sektoru ekonomiky Ukrainy: kolektyvna monohrafiia RVPS Ukrainy NAN Ukrainy. (с. 197-230). Cherkasy.
2. Nykyforuk, O., Stasyuk, O., Chmyrova, L., & Fediai N. (2019). System of digital transformation indicators in transport sector. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*, (1). 3-12. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/31072019/6576.
3. Lebid, V. V., Meish, Yu. A., Maiborodina, N. V., & Herasymenko, V. P. (2022). Zastosuvannia matematychnoho modeliuvannia do pobudovy liniinoi bahatofaktornoї modeli perevezen vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriia «Tekhnichni nauky»*, (51), 260 – 266. <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-260-266>.
4. Barbir, I. (2021). Regulatory and legal support of the process of involving Public Private Partnership in the field of socio-transport infrastructure at the local level in Ukraine. *International Journal of Public Administration, Management and Economic Development*, (6), 3.
5. Didkivskyi, V. (2021). Development of public management system of transport safety on commercial transport by the reforming of the public authorities structure. *East European Scientific Journal*. (67). 67-72.
6. Derevianko, B.V. (2024). Zakhody pidvyshchennia rivnia bezpeky rukhu avtomobilnoho transportu v Ukraini. Rozvytok staloi mobilnosti: hlobalni ta lokalni rishennia: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 69-71.
7. Terentiev, O. M., Serhiienko, M. I., & Smoliar, V. H. (2020). Vplyv promyslovoho avtomobilnoho transportu na navkolyshnie seredovyshe. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia: naukovyi zhurnal*, (61), 85-91.
8. Olishevskaya, V. Ye. (2023). Ekolohichniy vplyv avtomobilnoho transportu na navkolyshnie seredovyshe. *Innovatsiini tekhnolohii pidhotovky kadriv dlia promyslovosti ta transportu*, 147-152.
9. Dmytriv, I., & Skyba, M. Vplyv vikovoi struktury parku lehkovykh avtomobiliv na ekolohiiu velykoho mista. *Molodyi vchenyi*, (108), 8-12. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-8-108-3>.
10. Maiborodina, N. V. (2021). *Ekonometryka*. Nizhyn: PP Lysenko M.M.
11. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Vylucheno z <https://www.ukrstat.gov.ua/>