

**ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)**

---

УДК 656.025.2

**ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ДАЛЬНЬОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ОСНОВІ БАГАТОФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ**

Канд. екон. наук Є. І. Балака, канд. техн. наук М. Є. Резуненко,  
студенти С. О. Резуненко, М. А. Попов

**PREDICTING THE PASSENGER LOAD IN LONG-DISTANCE TRANSPORTATION USING MULTIPLE FACTOR ANALYSIS**

PhD (Econ.) E. Balaka, PhD (Tech.) M. Rezunenko, students S. Rezunenko, M. Popov

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.185.2019.180481>

---

*Питання удосконалення методів прогнозування обсягів пасажирських перевезень в дальньому сполученні залишається актуальним, оскільки достовірні прогнозні оцінки є підґрунтям для визначення потреби в необхідних ресурсах при плануванні роботи залізничного пасажирського комплексу. В статті обґрунтовані методичні підходи та запропоновані практичні рекомендації, які дають можливість отримати прогнозну оцінку обсягів перевезень пасажирів в дальньому сполученні на основі суміщення методів кореляційно – регресійного аналізу соціально – економічних факторів та їх прогновної екстраполяції.*

**Ключові слова:** *пасажирські перевезення, прогнозування, кореляційно – регресійний аналіз.*

*Passenger railway transport has a leading position in the Ukrainian passenger transportation services market. According to the current legislation, railway transport is a natural monopoly, since most long-distance passenger transportation is performed by rail. The issue of improving the methods of predicting the long-distance passenger traffic load has been relevant because reliable predictions are the basis for determining the need for material, technical, labor and financial resources in planning the operation and further development of the domestic railway passenger complex.*

*The size of passenger transportation by railway transport is influenced by a variety of factors, the most significant of which are economic and social factors, namely: population, income and tariffs for long-distance rail transport. These factors are the basis of the model of study of the volume of passenger traffic by long-distance rail transport. In order to determine the predictive estimate of passenger traffic volumes on the basis of the given economic -mathematical model it is necessary to make a predictive estimate of the magnitude of the above mentioned factors.*

*The article substantiates the possibility of a complex use of economical mathematical simulation and formalized prediction methods to obtain reliable prediction estimates of passenger load in long-distance railway transportation in the short- and medium-term periods of advance. The determined methodical approaches and proposed practical recommendations give an opportunity to obtain a predictive estimation of the long-distance passenger load using a combination of correlation and regression analysis of socio-economic factors and their predictive*

*extrapolation. This allows improving the quality of planning at the Ukrainian passenger railway complex. A qualitative short-term predictive estimate of long-distance passenger traffic load which takes into account the existing social and economic conditions was obtained.*

**Keywords:** *passenger transportation, prediction, correlation and regression analysis.*

**Вступ.** Пасажирський залізничний транспорт займає провідне місце на ринку послуг з перевезення населення України. Опосередковано це підтверджується даними аналізу узагальнюючих показників, що характеризують пасажирський комплекс України у порівнянні з аналогічними показниками декількох розвинених країн, а саме: Швеції, Японії, Франції, Іспанії, США, Канади, Німеччини, Польщі, Італії, Великобританії.

Україна займає третє місце серед означених країн за площею території, восьме місце за чисельністю населення та сьоме місце за протяжністю мережі залізничної колії. Так, щільність залізничної колії в Україні складає 0,036 км на квадратний кілометр площі країни. Згідно з цим показником Україна займає сьоме місце з одинадцяти країн, випередивши Іспанію, Швецію, США та Канаду. Важливим оціночним показником є протяжність мережі залізничної колії в розрахунку на одну тисячу мешканців України. На кожну тисячу населення країни припадає 0,48 км залізничної колії, що виводить Україну на шосте місце серед обраних країн, випереджуючи такі країни, як Франція, Італія, Іспанія, Великобританія та Японія. Наведені дані свідчать про високий ступінь розвитку залізничної мережі, що є важливим інфраструктурним елементом всієї залізничної системи України, випереджуючи ряд найбільш економічно розвинених країн світу.

Згідно з розрахунками, що спираються на обсяги пасажирообороту та кількість перевезених пасажирів залізничним транспортом за попередні роки [1], середня відстань поїздок в прямому та місцевому сполученнях складала понад 550 км, при цьому в прямому сполученні – близько 750 км, а в місцевому сполученні – понад

210 км. Показник середньої дальності перевезення для автомобільного пасажирського транспорту в середньому складає близько 360 км, для водного виду транспорту не перевищує 10 км, а для повітряного транспорту – понад 1500 км.

Згідно з діючим законодавством, залізничний транспорт, що здійснює пасажирські перевезення у дальньому сполученні (прямому та місцевому), є природним монополістом, оскільки ним перевозиться переважна більшість пасажирів, середня відстань поїздки яких складає від 550 до 1500 км.

Виходячи з того, що пасажирські перевезення залізницею мають статус соціально значущих для суспільства і займають монопольне положення на ринку транспортних послуг, Укрзалізниця не має права самостійно встановлювати тарифи на дальні перевезення, а повинна їх узгоджувати з органами державного управління та антимонопольним комітетом України. Слід відзначити, що низький рівень пасажирських залізничних тарифів призводить до збитковості роботи пасажирського комплексу. В зв'язку з цим Укрзалізниця вимушена компенсувати фінансові втрати за рахунок доходів від вантажних перевезень. Це підтверджується вкрай низьким рівнем прибутковості (рентабельності) всіх залізничних перевезень (вантажних і пасажирських), середньорічна величина якої коливається в межах 5-6 %, тобто 5-6 копійок на одну гривню витрат. Причиною цього є збитки від пасажирських перевезень в дальньому сполученні, які покриваються доходами в середньому трохи більше за 50 %, а також фінансовими втратами від приміських перевезень, де збитки в середньому в 6-7 разів більше, ніж доходи від них. Таким чином, ключовою проблемою

функціонування залізничного транспорту є необхідність поліпшення його фінансово-економічного стану.

Пошуку шляхів вирішення проблеми поліпшення фінансово-економічного стану залізничного транспорту присвячено чисельні дослідження українських науковців. Так, в роботах [2, 3, 4] запропоновано можливі варіанти реформування тарифної політики на залізничному транспорті; результати аналізу доходів від пасажирських перевезень за умови покращення якості послуг наведено в [5]; необхідність оптимізації системи приміських залізничних перевезень та докорінної зміни тарифної політики, що дозволить збільшити доходи, обґрунтовано в [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В ринкових умовах господарювання важливе значення набуває прогнозування обсягів перевезень, що забезпечує більш високий рівень управління транспортною роботою та її планування. Удосконаленню системи прогнозування залізничних приміських пасажиропотоків присвячена робота [7], питання ефективної організації пасажирських перевезень за рахунок достовірності прогнозування пасажиропотоків у транспортних вузлах розглянуто в [8], в роботі [9] розглядаються та аналізуються методи прогнозування авіаційних перевезень; роботі залізниць інших країн і обґрунтуванню методичних підходів до прогнозування потреби в вантажних і пасажирських вагонах присвячено [10]; питання підвищення достовірності прогнозування обсягів вантажних перевезень на основі використання економіко-математичних моделей розглянуті в роботах [11, 12, 13].

**Визначення мети та завдання дослідження.** Переважна більшість розглянутих досліджень пов'язана з питаннями удосконалення організаційно-економічної роботи залізничного транспорту, реформування тарифної

політики, прогнозування обсягів вантажних перевезень. Проте, питанням прогнозування пасажирських перевезень в дальньому сполученні з урахуванням впливу різноманітних факторів приділялось недостатньо уваги. Метою дослідження є обґрунтування доцільності сумісного використання методів кореляційно-регресійного аналізу та екстраполяційного прогнозування для отримання достовірних прогнозних оцінок обсягів пасажирських перевезень залізничним транспортом у дальньому сполученні в короткострокових і середньострокових періодах випередження. Досягнення цієї мети обумовлено вирішенням таких задач:

- визначення основних факторів та ступеня їхнього впливу на обсяги пасажирських залізничних перевезень в дальньому сполученні;

- побудова кореляційно-регресійної моделі, яка дозволяє оцінити обсяги зазначених перевезень з використанням обраних факторів;

- прогнозування величини обраних факторів методом екстраполяції;

- отримання прогнозної оцінки обсягів пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні шляхом застосування прогнозної величини факторів у кореляційно-регресивній моделі.

Слід зауважити, що достовірні прогнозні оцінки є основою для визначення потреби в матеріально-технічних, трудових і фінансових ресурсах, необхідних для безперебійної роботи та розвитку вітчизняного залізничного пасажирського комплексу.

**Основна частина дослідження.** На перший погляд можна зробити висновок, що для прогнозування обсягів пасажирських перевезень в дальньому сполученні залізничним транспортом достатньо використовувати екстраполяційний метод на основі змінної середньої. Проте, застосування виключно цього методу є необхідною, але недостатньою умовою для

отримання якісного прогнозу обсягів пасажирських перевезень, оскільки зазначений метод не враховує вплив різноманітних факторів на цей процес.

Для кількісної оцінки ступеня впливу найсуттєвіших факторів на обсяг пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні доцільно використовувати метод кореляційно-регресійного аналізу. Даний метод дозволяє побудувати багатофакторну модель обсягів пасажирських перевезень, яка поєднує в собі дві складові: кореляційний аналіз, що визначає кількісну оцінку тісноти та характеру (спрямованості) взаємозв'язку між обсягом пасажирських перевезень та факторами, які впливають на нього; регресійний аналіз, що являє собою кількісний метод вибору математичної функції, яка застосовується для розрахунку обсягів пасажирських перевезень з урахуванням ступеня впливу визначених факторів. Таким чином, для отримання достовірного прогнозу обсягів пасажирських перевезень в дальньому сполученні доцільно застосовувати поєднання двох формалізованих методів, а саме:

- кореляційно-регресійного аналізу – для побудови багатофакторної економіко-математичної моделі обсягів пасажирських перевезень;

- методу екстраполяції на основі змінної середньої – для прогнозування величини факторів, що впливають на обсяги пасажирських перевезень.

Такий методичний підхід забезпечує як необхідні, так і достатні умови для отримання якісного прогнозу.

Найбільш суттєвими факторами можна вважати фактори економічного та соціального характеру, а саме: чисельність населення країни, реальні доходи населення та рівень тарифів на пасажирські

перевезення залізничним транспортом в дальньому сполученні. Тому ці фактори покладено в основу побудови багатофакторної економіко-математичної моделі обсягу дальніх пасажирських перевезень. Врахування впливу означених факторів потребує більш ґрунтовного дослідження та використання широкої та різноманітної бази статистичних даних.

Прогнозування обсягів пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні здійснюється в три етапи. На першому етапі визначається кореляційно-регресійна модель обсягів таких перевезень. На другому етапі визначаються окремі прогнозні значення величини факторів регресійної моделі на відповідний період випередження. На третьому етапі розраховується прогноз обсягу пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні з використанням отриманої кореляційно-регресійної моделі та прогнозних значень факторів економічного та соціального характеру.

Як зазначено вище, для побудови багатофакторної моделі та прогнозування обсягів пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні обрано незалежні фактори, а саме: середня заробітна плата ( $Y_D$ ), доходна ставка від цього виду пасажирських перевезень залізничним транспортом, яка віддзеркалює величину тарифів, ( $Y_C$ ) та кількість населення України ( $Y_H$ ).

Використовуючи статистичні дані за 2005–2018 рр. [1, 14], авторами було отримано рівняння багатофакторної регресії, яка описує залежність обсягів перевезень пасажирів від обраних факторів впливу на цей процес у вигляді

$$Y_{II} = -327,064 + 8,246Y_H + 0,004Y_D - 0,003Y_C. \quad (1)$$

Для запропонованої моделі (1) стандартна помилка складає 2,77 млн осіб, а коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,92$ .

Отримана математична модель адекватно описує динаміку обсягу перевезень пасажирів в дальньому сполученні, що підтверджено критерієм Фішера, а середня похибка апроксимації складає 3,53 %.

Для виявлення тісноти зв'язку між показником обсягу перевезення пасажирів ( $Y_{II}$ ) і незалежними факторами було обчислено коефіцієнти кореляції:

-  $R_{II,H} = 0,83$  – сильний прямий зв'язок між кількістю пасажирів та кількістю населення країни;

-  $R_{II,C} = -0,77$  – сильний зворотній зв'язок між кількістю пасажирів та доходною ставкою;

-  $R_{II,D} = -0,54$  – середній зворотній зв'язок між кількістю пасажирів та середньою заробітною платою.

Прогнозна оцінка величини факторів, які впливають на процес перевезень пасажирів залізницею, отримана на основі методу змінної середньої.

Згідно із статистичними даними за останні 14 років, населення нашої країни зменшилося на 4,777 млн осіб, а саме з 46,93 у 2005 р. до 42,153 млн осіб станом на 1.01.2019 р. Тренд цього фактора добре описується лінійною функцією  $y = 47,806 - 0,4t$ , де  $t$  – порядковий номер року. Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,93$ , а стандартна помилка складає 0,63 млн осіб (рис. 1).

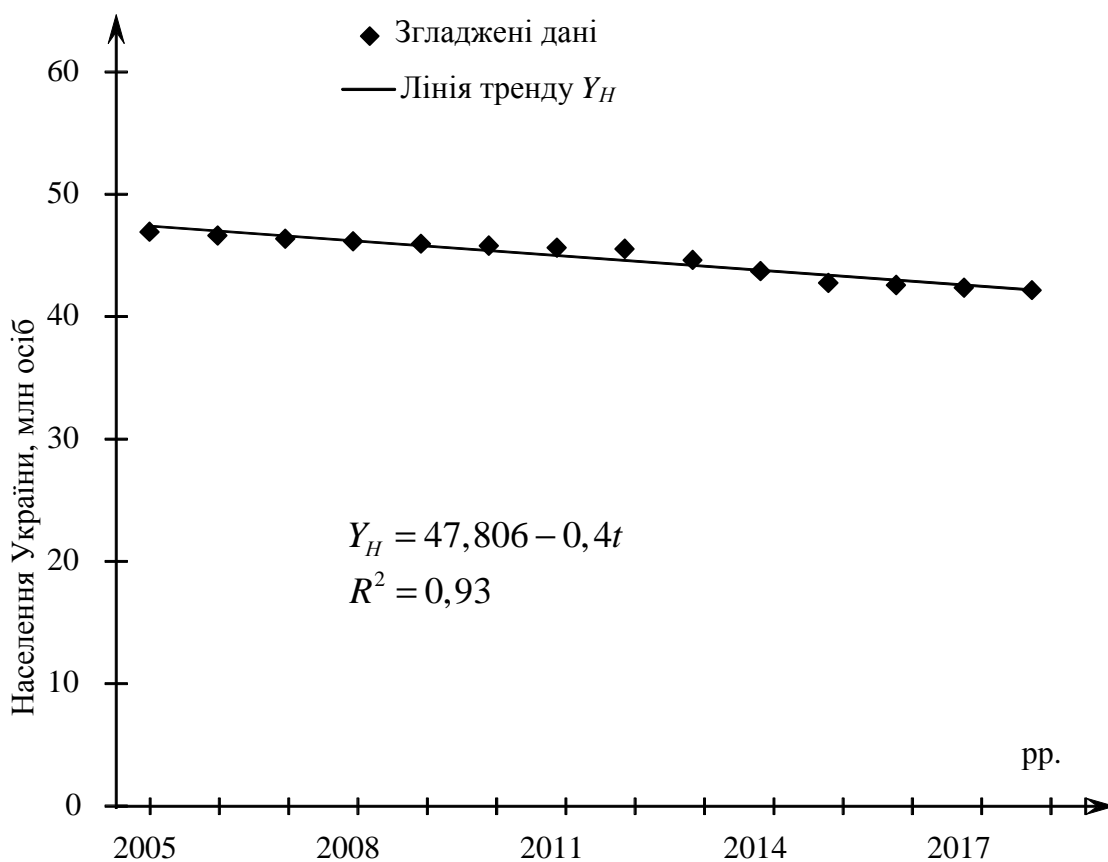


Рис. 1. Згладжені значення кількості населення та лінія тренду

В подальшому для визначення очікуваних обсягів пасажирських перевезень в наступні роки прийнято такі прогностичні оцінки чисельності населення України: в 2019 р. – 41,79 млн осіб, а в 2020 р. – 41,38 млн осіб. Достовірність прогнозу дорівнює 0,987.

Прогнозування інших двох факторів, що впливають на обсяг пасажирських перевезень залізничним транспортом в дальньому сполученні, а саме: величини річних доходів населення та середньої

величини доходної ставки від пасажирських залізничних перевезень в дальньому сполученні здійснювалось аналогічно з використанням методу екстраполяції на основі змінної середньої.

На рис. 2 наведено статистичні дані за 2005–2018 рр. та тренд середньої заробітної плати, який описується поліномом третього порядку вигляду

$$Y_D = 6,183t^3 - 100,21t^2 + 752,63t - 11,167,$$

де  $t$  – порядковий номер року.

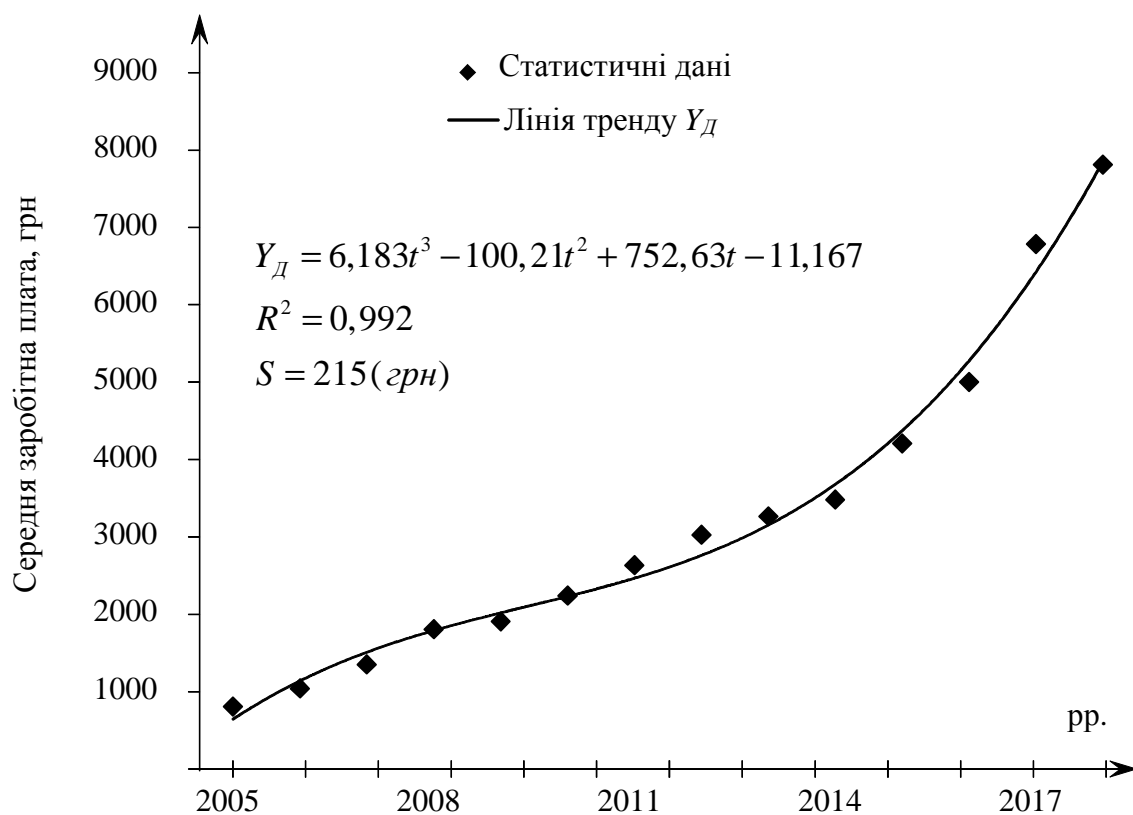


Рис. 2. Статистичні дані середньомісячної заробітної плати та лінія тренду

Прогноз середньомісячної заробітної плати в 2019 р. складає 9,609 грн, а в 2020 р. – 11,716 грн. Достовірність прогнозу цього фактора дорівнює 0,999, при цьому очікувана стандартна помилка прогнозу складає 215 грн.

На рис. 3 наведено статистичні дані за 2005–2018 рр. величини доходної ставки на

дальні пасажирські перевезення та її тренд, який описується лінійною функцією вигляду  $Y_C = 22,283t + 38,769$ .

Прогнозна величина доходної ставки в 2019 р. складає 373 к./10 пас.км, а 2020 р. – 395,29 к./10 пас.км. Достовірність прогнозу цього фактора дорівнює 0,979, а очікувана

стандартна помилка прогнозу 19,45 к./10 пас.км.  
 Для прогнозування обсягів пасажирських перевезень в наступні два роки було

застосовано отримані прогностні величини соціально-економічних факторів, що наведені в таблиці.

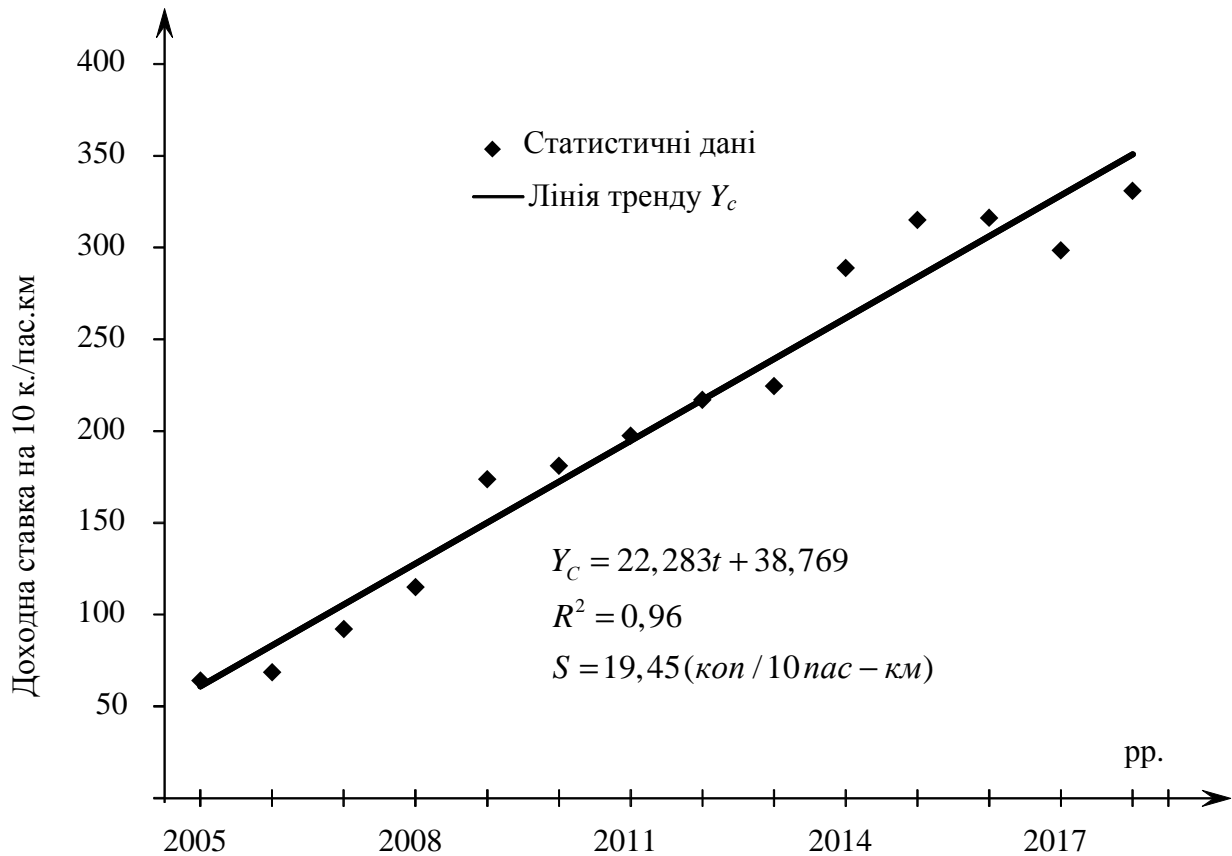


Рис. 3. Статистичні дані дохідної ставки та лінія тренду

Таблиця

Прогностні значення соціально-економічних факторів, що впливають на перевезення пасажирів в дальньому сполученні в 2019–2020 рр.

Роки	Фактори		
	Чисельність населення, млн осіб	Середня заробітна плата, грн	Дохідна ставка, к./10 пас.км.
2019	41,787	9611,192	373,008
2020	41,385	11720,064	395,291

Використовуючи рівняння (1), визначено прогностний обсяг пасажирських перевезень (кількість перевезених пасажирів) в

дальньому сполученні. Так, в 2019 р. він очікується на рівні 54,837 млн пас., а в 2020 р. – 59,891 млн пас.:

$$Y_{II}(2019) = -327,064 + 8,246 \cdot 41,787 + 0,004 \cdot 9611,192 - 0,003 \cdot 373,008 = 54,837,$$

$$Y_{II}(2020) = -327,064 + 8,246 \cdot 41,385 + 0,004 \cdot 11720,064 - 0,003 \cdot 395,291 = 59,891.$$

Враховуючи, що середня відстань поїздки одного пасажирів в дальньому сполученні складає 501,5 км, величина пасажирообігу в 2019 р. прогнозується 27275,081 млн пас.км, а в 2020 р. – 30035,337 млн пас.км.

**Висновки.** В результаті дослідження встановлено, що сумісне використання методів багатофакторного аналізу обсягів пасажирських перевезень та прогнозування величини факторів впливу на них методом змінної середньої дозволило визначити обсяги пасажирських залізничних пере-

везень в дальньому сполученні в майбутній період з високим ступенем достовірності. Отримана якісна короткострокова прогнозна оцінка, яка враховує існуючі соціально-економічні умови. Одержаний таким чином прогноз обсягів перевезень пасажирів залізницею може бути використаний як база для складання та обґрунтування розгорнутого плану роботи пасажирського залізничного комплексу в наступні роки, а саме: визначення потреби в рухомому складі, паливно-енергетичних, матеріальних, трудових, фінансових та інших ресурсах.

### Список використаних джерел

1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.06.2019).
2. Чередниченко А. Ю. Оптимизация вариантов реформирования тарифной политики на железнодорожном транспорте в условиях конкуренции на рынке перевозок. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. Харків, 2002. №11. С. 42–45.
3. Чередниченко О. Ю. Удосконалення системи показників роботи залізничного транспорту в умовах його комерціалізації. *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна*. Харків, 2002. Вип. 565. С.104–106.
4. Балака Е. И., Чередниченко А. Ю. Концепция формирования тарифной политики как фактор конкурентоспособности железнодорожного транспорта. *Вісник Харківського нац. університету ім. В. Н. Каразіна. Серія: Економіка*. Харків, 2001. Вип. 512. С. 57–59.
5. Аксёнов И. М. Предпринимательство и бизнес в сфере пассажирских перевозок. *Залізничний транспорт України*. 2000. №1. С. 28–31.
6. Балака Е. І., Семенцова О. В. Обґрунтування необхідності розробки економічної системи приміського залізничного транспорту. *Проблеми економіки транспорту: тези доповідей ІХ Міжнародної наукової конференції*. Дніпропетровськ, 2010. С. 18.
7. Бутько Т. В., Константінов Д. В., Деревянко Т. О. Моделювання системи оперативного прогнозування пасажиропотоків в приміському сполученні на основі використання інтелектуальних технологій. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. Харків, 2009. №1/3 (37). С. 43–47.
8. Озерова О. О. Прогнозування пасажирських потоків у великих транспортних вузлах. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. Дніпропетровськ, 2013. № 6. С. 72–80.
9. Омеляненко С. Л. Методи прогнозування авіаційних перевезень в Україні. *Залізничний транспорт України*. 2004. №3. С. 69–70.
10. Зозуляк В. П., Пасічник В. І. Показники залізничного транспорту країн світу. *Залізничний транспорт України*. 2000. №1. С. 16–21.
11. Балака Е. І., Зоріна О. І., Колеснікова Н. М. та ін. Тенденції розвитку залізничних перевезень в провідних країнах світу. *Залізничний транспорт України*. 2000. №1. С. 22–23.
12. Альошинський Є. С., Балака Е. І., Светлична С. О., Риженков О. С. Прогнозування обсягів вантажних перевезень через Одеський морський торговельний порт на основі



кореляційно-регресійного аналізу. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків, 2014. Вип. 150. С. 4–11.

13. Lomotko D. V., Alyoshinsky E. S., Zambrybor G. G. Methodological aspect of the logistics technologies formation in reforming processes on the railways. *Transportation Research Procedia*. 2016. Volume 14. С. 2762–2766.

14. Довідник основних показників роботи регіональних філій ПАТ «Українська залізниця» (2002-2017 роки). Київ: ПАТ «Українська залізниця». Управління статистики, 2018. 39 с.

---

Балака Євгеній Іванович, канд. екон. наук, доцент кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-19-55. E-mail: ev.balaka@gmail.com.

Резуненко Марина Євгенівна, канд. техн. наук, доцент кафедри вищої математики Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-38. E-mail: rezunenko@kart.edu.ua.

Резуненко Сергій Олександрович, студент групи ТЯ-21 Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна.

Попов Максим Андрійович, студент групи 6.04.051.020.18.1 Харківського національного економічного університету ім. Семена Кузнеця.

Balaka, Yevgeniy Ivanovych, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Logistic of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-55. E-mail: ev.balaka@gmail.com.

Rezunenko, Maryna Yevgenivna, PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics of the Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-38.

E-mail: rezunenko@kart.edu.ua.

Rezunenko, Sergii Oleksandrovyich, student, group TYa-2 1 of Kharkiv National V.N. Karazin University.

Popov, Maksym Andriyovych, student, group 6.04.051.020.18.1 of Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics.

Статтю прийнято 21.05.2019 р.