

О.Є. Доля<sup>1</sup>, К.В. Доля<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Швидкість сполучення на будь-якому маршруті безпосередньо, і опосередковано через функцію перерозподілу обсягів перевезень, обумовлює підвищення кількості пересувань, обсягів перевезень, транспортної роботи, у мережі відповідного типу, водночас цьому значення середньосистемного коефіцієнт використання пасажиромісткості та кількості транспортних засобів може змінюватись як у бік збільшення так і навпаки. Результатами проведених розрахунків базових параметрів функціонування міжміських пасажирських маршрутних систем при різних значеннях швидкості сполучення на міжміських залізничних маршрутах встановлено відповідні математичні моделі визначення параметрів даного пасажирського зв'язку.*

**Ключові слова:** транспортна система, маршрут міжміського пасажирського транспорту, базові параметри перевезень, ефективність, модель.

### Постановка проблеми

Результатами проведеної роботи визначено базові показники функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень. До таких показників віднесено: кількість пересувань в мережі; обсяг перевезень; коефіцієнт перерсаджуваності; транспортну роботу; середню дальність маршрутної їздки; середню дальність мережної їздки; коефіцієнт середньосистемного використання пасажиромісткості; потрібну кількість автобусів/вагонів. Згідно із проведеним аналізом методів та моделей розрахунків базових показників функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень прийнято до роботи припущення, що зміна кількісних характеристик вхідних в систему параметрів або кількісних характеристик її елементів може призвести до зміни кількісних показників функціонування самої системи або її окремих елементів. Висунуто гіпотезу про можливість наявності залежностей базових показників функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень від вхідних в систему параметрів або елементів самої системи. Аналіз наукових підходів до обґрунтування теоретичних основ систем міжміських пасажирських маршрутних перевезень свідчить про те, що нині процес функціонування визначених перевезень не в повній мірі враховує комплексність взаємозв'язків базових характеристик таких систем та їхнього взаємного впливу. Теоретичні основи дослідження базових закономірностей функціонування системи міжміських пасажирських маршрутних перевезень мають базуватися на наукових підходах, що ураховують зміни вхідних в цю систему параметрів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження поведінки поїздки в основному обмежувалося розумінням транспортних моделей в міських і міжрегіональних районах [1-3]. Таких як виїзд за межі вашого «звичайного місця проживання» з використанням громадського транспорту, а саме автобусами.

Модальний вибір для поїздок на великі відстані залежить від різних характеристик поїздки, включаючи мету поїздки і пункт призначення, до якого здійснюється поїздка. Моделі вибору довічного логістичного режиму були створені для нічних і одиначних поїздок, що відбуваються з міських і сільських районів [4-6]. Також, час року був значним фактором, що впливає на поїздку на далекі відстані [7-9].

Всі пасажирів розподіляються на декілька класів за певними економічними характеристиками [10]. Також є декілька засобів перевезення пасажирів на їх вибір. Щоб визначити поведінку пасажирів при виборі засобу транспортування, в документації цитується теорія корисності – функція корисності [3]. Зазвичай пасажирів вибирають транспортні засоби на основі своїх уявлень про користь свого перевезення ніж про щось інше. Відповідно до характеристик структури пасажирських перевезень, встановлена організаційна структура перевезень пасажирів з урахування вартості, часу, безпеки та комфорту пасажирів, з точки зору середньостатистичного пасажирів. Це демонструє справедливості організаційної моделі міжрегіональних пасажирських перевезень [6].

Якість пасажирського автомобільного транспо-

рту грає велику роль у подальшому попиті міського та міжобласного пасажирського транспорту [9]. Аналіз передової практики організації і управління міськими пасажирськими перевезеннями показує, що основна мета громадського транспорту – не тільки надавати послуги в необхідній кількості, але і також для задоволення зростаючих потреб населення в якості обслуговування пасажирів [10]. Оцінка пасажирів і якість послуг залежить від різних чинників, які оцінюються за показниками якості.

### Мета та завдання статті

**Об'єктом роботи** – є процес функціонування залізничних перевезень.

**Предметом роботи** – є міжобласна мережі інфраструктурних об'єктів.

**Метою роботи** – є визначення закономірностей функціонування системи для отримання механізмів керування подібними системами.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Вплив швидкості сполучення в залізничній мережі на її параметри забезпечено проведено моделювання процесу функціонування залізничної маршрутної мережі міжміських пасажирських маршрутів в Україні із урахуванням розподілу маршрутів на дві групи відповідно до максимальної швидкості сполучення на маршруті. В моделюванні враховано наявні 25 вузлів, якими обумовлено обласні центри, та 92 залізничних маршрути. Серед визначених залізничних маршрутів мають такі, що забезпечують швидкість їздки до 80 км./год. та до 160 км./год. Цим обумовлено розподіл залізничної міжміської пасажирської маршрутної мережі на дві. Перша маршрутна мережа залізничного транспорту містить в собі 76 маршрутів із швидкістю до 80 км./год., друга 16 – до 160 км./год. Змінним вхідним параметром у систему міжміських залізничних пасажирських маршрутів є швидкість сполучення на маршрутах другої групи. Обрано, що швидкість руху першої групи є незмінною, а швидкість сполучення на маршрутах другої збільшувалась на 10%, 20%, 40%, 60%, 80% та 100%. За результатами проведених розрахунків визначено базові показники функціонування першої та другої залізничної маршрутної мережі, які зведено у таблиці 1 та 2.

Відомості наведені у табл. 1. та 2 забезпечують можливість у побудові відповідних графіків зміни обсягів перевезень пасажирів  $Q_{жд.мар.мер.1}$  та  $Q_{жд.мар.мер.2}$  в першій та другій групі міжміських залізничних пасажирських маршрутів. На рис. 1 наведено відповідні графіки.

Таблиця 1

Базові показники функціонування першої групи залізничних маршрутних мереж із швидкістю сполучення ( $V_{сп.мар.мер.1}$ ) 60км./год. при зміні швидкості сполучення ( $V_{сп.мар.мер.2}$ ) у другій групі

Базовий показник функціонування	Відношення швидкостей сполучення між міжміськими залізничними маршрутними мережами $V_{сп.мар.мер.2} / V_{сп.мар.мер.1}$		
	1,7	1,9	2,2
Кількість пересувань – $P_{мар.мер.1}$ , од.	39765	38676	35953
Обсяг перевезень $Q_{жд.мар.мер.1}$ , тис. пас.	48105	46790	43495
Коефіцієнт перерсаджувальності – $k_{пер.мар.мер.1}$	1,21	1,21	1,21
Транспортна робота $W_{жд.мар.мер.1}$ , тис.пас./км.	18214	17715	16467
Середні дальність маршрутної їздки – $l_{сер.м.жд.мар.мер.1}$ , км.	415	415	415
Середня дальність мережної їздки – $l_{сер.мер.жд.мар.мер.1}$ , км.	458	458	458
Середньосистемний коеф. використання пасажиромісткості – $k_{сал.мер.жд.мар.мер.1}$	0,38	0,38	0,38
Потрібна кількість автобусів – $A_{жд.мар.мер.1}$ , од. $q=40$	1351	1314	1222

Таблиця 2

Базові показники функціонування другої групи залізничних маршрутних мереж із швидкістю сполучення ( $V_{сп.мар.мер.1}$ ) 60 км./год. при зміні швидкості сполучення ( $V_{сп.мар.мер.2}$ ) у другій групі

Базовий показник функціонування	Відношення швидкостей сполучення між міжміськими залізничними маршрутними мережами $V_{сп.мар.мер.2} / V_{сп.мар.мер.1}$		
	1,7	1,7	1,7
Кількість пересувань – $P_{жд.мар.мер.2}$ , од.	14708	15797	18520
Обсяг перевезень $Q_{жд.мар.мер.2}$ , тис. пас.	13275	14259	16716
Коефіцієнт перерсаджувальності – $k_{пер.жд.мар.мер.2}$	1,11	1,11	1,11
Транспортна робота $W_{жд.мар.мер.2}$ , тис.пас./км.	8381	9003	1055
Середні дальність маршрутної їздки – $l_{сер.м.жд.мар.мер.2}$ , км.	529	529	529
Середня дальність мережної їздки – $l_{сер.мер.жд.мар.мер.2}$ , км.	570	570	570
Середньосистемний коефіцієнт використання пасажиромісткості – $k_{сал.мер.жд.мар.мер.2}$ , км.	0,39	0,38	0,38
Потрібна кількість автобусів – $A_{ваг.мар.мер.2}$ , $q=40$	204	221	259

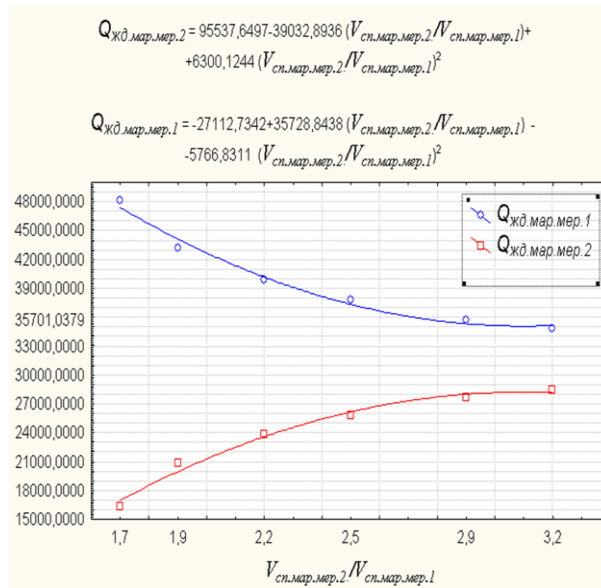


Рис. 1. Графік зміни параметрів обсягів перевезень пасажирів  $Q_{\text{жд.мар.мер.1}}$  та  $Q_{\text{жд.мар.мер.2}}$  в першій та другій групі міжміських залізничних пасажирських маршрутів

На рис. 2 наведено графік залежності  $Q_{\text{жд.мар.мер.1}}$  від  $V_{\text{сп.мар.мер.2}}/V_{\text{сп.мар.мер.1}}$  та  $A_{\text{жд.мар.мер.1}}$ , де  $A_{\text{жд.мар.мер.1}}$  кількість транспортних засобів.

На рис. 3 наведено графік залежності  $Q_{\text{жд.мар.мер.2}}$  від  $V_{\text{сп.мар.мер.2}}/V_{\text{сп.мар.мер.1}}$  та  $A_{\text{жд.мар.мер.2}}$ .

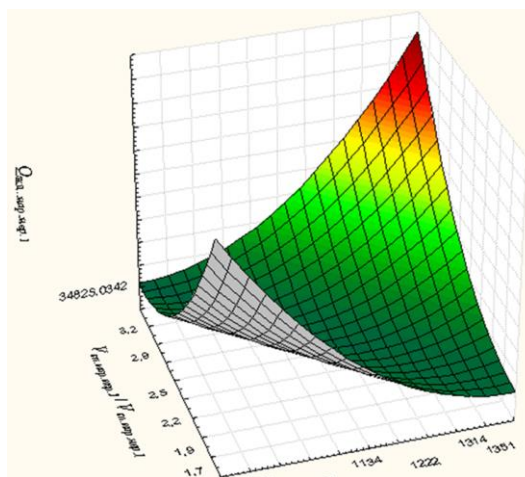


Рис. 2. Графік залежності  $Q_{\text{жд.мар.мер.1}}$  від  $V_{\text{сп.мар.мер.2}}/V_{\text{сп.мар.мер.1}}$  та  $A_{\text{жд.мар.мер.1}}$ .

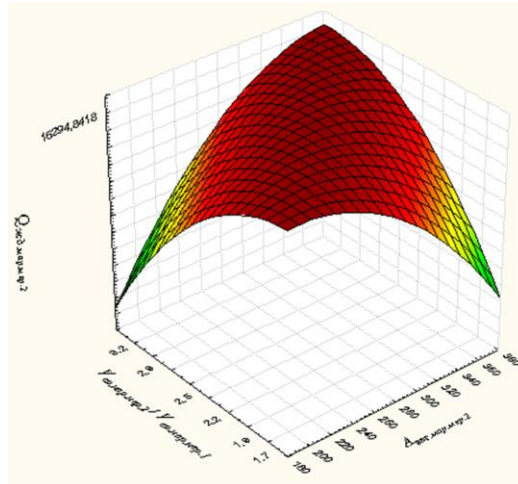


Рис. 3. Графік залежності  $Q_{\text{жд.мар.мер.2}}$  від  $V_{\text{сп.мар.мер.2}}/V_{\text{сп.мар.мер.1}}$  та  $A_{\text{жд.мар.мер.2}}$ .

Згідно отриманих функцій можна провести відповідні розрахунки значень  $Q_{\text{мар.мер.1}}$  та  $Q_{\text{мар.мер.2}}$  й порівняти їх із табличними відповідно до результатів імітаційного моделювання, що забезпечить розрахувати  $\Delta Q_{\text{мар.мер.1}}$  та  $\Delta Q_{\text{мар.мер.2}}$  між цими показниками.

Таблиця 3

Порівняння значень  $Q_{\text{мар.мер.1}}$  та  $Q_{\text{мар.мер.2}}$  із табличними відповідно до результатів імітаційного моделювання

Значення за результатами імітаційного моделювання		Розрахункові значення		$ \Delta Q_{\text{мар.мер.1}} $ , %	$ \Delta Q_{\text{мар.мер.2}} $ , %
$Q_{\text{мар.мер.1}}$	$Q_{\text{мар.мер.2}}$	$Q_{\text{мар.мер.1}}$	$Q_{\text{мар.мер.2}}$		
48115	16294	51965	17598	5,79%	8%
43167	20823	45758	21865	3,13%	5%
39873	23841	45854	27180	5,97%	14%
37785	25749	39297	23818	9,22%	-8%
35701	27658	42127	30148	10,90%	9%
35870	28461	35870	31592	10,22%	11%
Разом:				9%	9,08%

### Висновки та перспективи подальших розвитку

Швидкість сполучення на будь-якому маршруті безпосередньо, і опосередковано через функцію перерозподілу обсягів перевезень, обумовлює підвищення кількості пересувань, обсягів перевезень, транспортної роботи, у мережі відповідного типу, водночас цьому значення середньосистемного коефіцієнт використання пасажиромісткості та кількості транспортних засобів може змінюватись як у бік збільшення так і навпаки.

### Література

- Dolya, C. V. (2017). Gravity Model Formalization for Parameter Calculation of Intercity Passenger Transport Correspondence. *SCIENCE & TECHNIQUE*, 16(5), 437-443.
- Dolya, C. Вплив особливостей малюнку транспортної мережі на довжину їздки між її вузлами на прикладі транспортної мережі України [Електронний ресурс] / Konstantine Dolya, Sergey Lyfenko, Sergey Nesterenko, Konstantin Vyatkin // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2017. – Т. 5, N 2(37). – С. 54 – 58. – Режим доступу : DOI : 10.15587/2312 – 8372.2017.112078
- Dolia, K. Variativity of the Transport System at Intercity Passenger Transport from the Demand [Електронний ресурс] / K. Dolya // *International Journal of Data Science and Analysis*. – 2017. – Т. 3, №. 6. – P. 77–84. – Режим доступу: doi: 10.11648/j.ijdsa.20170306.13
- Dolya, C. Вплив особливостей малюнку транспортної мережі на довжину їздки між її вузлами на прикладі транспортної мережі України [Електронний ресурс] /

- Konstantine Dolya, Sergey Lyfenko, Sergey Nesterenko, Konstantin Vyatkin // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2017. – Т. 5, N 2(37). – С. 54 – 58. – Режим доступу : DOI : 10.15587/2312 – 8372.2017.112078
- Dolya, C. (2017). Modeling of intercity passenger transportation system. *Technology audit and production reserves*, (2 (2)), 37-43. Retrieved from DOI : 10.15587/2312-8372.2017.100465
- Dolya, K. Моделювання пасажирських транспортних кореспонденцій між обласними центрами в Україні [Електронний ресурс] / K. Dolya // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2017. – Т. 1, N 2(33). – С. 44–48. – Режим доступу : DOI : 10.15587/2312 – 8372.2017.93458.
- Galkin, A., Dolia, C., & Davidich, N. (2017). The Role of Consumers in Logistics Systems. *Transportation Research Procedia*, 27, 1187-1194. Retrieved from DOI : 10.1016/j.trpro.2017.12.010
- Kostiantyn, D., Olena, D., Sergey, L., & Anastasiia, B. (2018). Management of Freight Transport Projects in Cities in Assessing Their Effectiveness. *Software Engineering*, 6(2), 63. Retrieved from DOI: 10.11648/j.se.20180602.15
- Galkin, A., & Dolya, C. (2017). Influencing financial flows on logistics technology solutions (case study on transportation mode selection). *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*.

### References

- Dolya, C. V. (2017). Gravity Model Formalization for Parameter Calculation of Intercity Passenger Transport Correspondence. *SCIENCE & TECHNIQUE*, 16(5), 437-443.
- Dolia, K., Davidich, Y., Dolia, O., Lyfenko, S., & Uhodnikova, O. (2017). Modeling of polygons of maximum passenger route transport accessibility by the example of the transport system of Ukraine. *Technology audit and production reserves*, 6(2 (38)), 28-33.
- Kostiantyn, D. (2017). Variativity of the Transport System at Intercity Passenger Transport from the Demand. *International Journal of Data Science and Analysis*, 3(6), 77.
- Dolya, C., Lyfenko, S., Nesterenko, S., & Vyatkin, K. (2017). Influence of features of the transport network pattern on the haul cycle length between its nodes on the example of the transport network of Ukraine. *Technology audit and production reserves*, 5(2 (37)), 54-58.
- Dolya, C. (2017). Modeling of intercity passenger transportation system. *Technology audit and production reserves*, (2 (2)), 37-43. Retrieved from DOI : 10.15587/2312-8372.2017.100465
- Dolya, C. (2017). Modeling of passenger transport correspondence between regional centers in Ukraine. *Technology audit and production reserves*, 1(2 (33)), 44-48.
- Galkin, A., Dolia, C., & Davidich, N. (2017). The Role of Consumers in Logistics Systems. *Transportation Research Procedia*, 27, 1187-1194. Retrieved from DOI : 10.1016/j.trpro.2017.12.010
- Kostiantyn, D., Olena, D., Sergey, L., & Anastasiia, B. (2018). Management of Freight Transport Projects in Cities in Assessing Their Effectiveness. *Software Engineering*, 6(2), 63. Retrieved from DOI: 10.11648/j.se.20180602.15
- Galkin, A., & Dolya, C. (2017). Influencing financial flows on logistics technology solutions (case study on transportation mode selection). *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*.



**Рецензент:** доктор економічних наук, професор К. А. Мамонов, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна

**Автор:** ДОЛЯ Олена Євгенівна  
доцент, к.т.н., кафедри інформаційних управляючих систем  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
E-mail – olena.dolya@ukr.net  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0364-988X>

**Автор:** ДОЛЯ Костянтин Вікторович  
доцент, к.т.н. кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова  
E-mail - c.dolya@ukr.net  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4693-9158>

## SIMULATION MODELING OF PARAMETERS OF FUNCTIONING OF RAILWAY PROJECTS

O. Dolia,<sup>1</sup> K. Dolia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine

<sup>2</sup>O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*The speed of communication on any route, directly and indirectly through the function of redistribution of traffic volumes, causes an increase in the number of movements, traffic volumes, transport work, in the network of the appropriate type, at the same time the values of the medium system coefficient of passenger capacity use and the number of vehicles may vary both in the direction of the increase and vice versa. The results of the calculations of the basic parameters of the functioning of intercity passenger route systems for various values of the speed of communication on intercity railway routes established the appropriate mathematical model for determining the parameters of this passenger communication. The conducted analysis of simulation methods has determined the possibility of using for the determination of quantitative parameters for changing the basic indicators of the operation of the system of intercity passenger route methods of mathematical and computer simulation. The results of the work determined the basic indicators of the functioning of the system of intercity passenger route transportation. These indicators include: the number of movements in the network; volume of transportation; transfer ratio; transport work; average distance of the route; average distance of the network ride; medium coefficient of passenger capacity use; required number of buses / cars. According to the analysis of the methods and models of calculations of the basic indicators of the functioning of the system of intercity passenger traffic, it was assumed that the change in the quantitative characteristics of the parameters entering into the system or the quantitative characteristics of its elements may lead to a change in the quantitative indicators of the functioning of the system itself or its individual elements.*

**Keywords:** transport system, intercity passenger transport route, basic parameters of transportation, efficiency, model.

## ACKNOWLEDGMENT

This article has received support of the project of University Nursing Program for Young Scholars with Creative Talents in Heilongjiang Province (No.UNPYSCT-2016099)