

О.О.Железняк (Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна),
Л.М. Олещенко (Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна),
А.В. Шморгун (Національний педагогічний університет ім.Т.Г.Шевченка,
м.Чернігів, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ПАСАЖИРСЬКО-ТРАНСПОРТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ СТОЛИЦЕЮ УКРАЇНИ ТА МІСТОМ ЧЕРНІГІВ

У статті досліджено пасажирсько-транспортну взаємодію столиці України з обласним центром Чернігів. На основі даних спостережень виявлено особливості змін пасажиропотоку і запропоновано нестационарну економіко-математичну модель пасажирсько-транспортної взаємодії мегаполіса з навколишніми територіями.

Ключові слова: *пасажирсько-транспортна взаємодія, рухливість населення, динамічна гравітаційна модель, оптимальне використання рухомого складу.*

Форм.1 Табл.8 Рис.1 Літ.12

О.А.Железняк (Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина)
Л.М. Олещенко (Национальный авиационный университет, г. Киев,
Украина)
А.В. Шморгун (Национальный педагогический университет им.
Т.Г.Шевченка, г. Чернигов, Украина)

ОСОБЕННОСТИ ПАССАЖИРСКО-ТРАНСПОРТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СТОЛИЦЕЙ УКРАИНЫ И ГОРОДОМ ЧЕРНИГОВ

В статье исследовано пассажирско-транспортное взаимодействие столицы Украины с областным центром Чернигов. На основе данных наблюдений обнаружены особенности изменений пассажиропотока и предложена нестационарная экономико-математическая модель пассажирско-транспортного взаимодействия мегаполиса с окружающими территориями.

Ключевые слова: пассажирско-транспортное взаимодействие, подвижность населения, динамическая гравитационная модель, оптимальное использование подвижного состава.

O.O.Zheleznyak (National Aviation University, Kyiv, Ukraine)

L.M. Oleschenko (National Aviation University, Kyiv, Ukraine)

A.V. Shmorgun (National Pedagogical University named after T.Shevchenko,
Chernihiv, Ukraine)

THE FEATURES OF THE PASSENGER AND TRANSPORT COOPERATION BETWEEN THE CAPITAL OF UKRAINE AND CHERNIHIV

The passenger and transport cooperation of the capital of Ukraine with the regional center Chernihiv has been studied in the article . On the basis of these observations the features of the passenger traffic changes have been found out and the non-stationary economics and mathematics model of the passenger and transport cooperation of the megapolic with surrounding territories was offered.

Keywords: *passenger and transport cooperation, mobility of population, dynamic gravity model, optimum use of rolling stock.*

Постановка проблеми. Задоволення потреб населення у транспортних послугах, більшість яких припадає на автоперевезення, має важливе соціально-економічне значення для розвитку регіону і держави в цілому. Упродовж 2001-2011 років спостерігалось зростання попиту на транспортні послуги приватних перевізників маршруту «Чернігів-Київ» та «Київ-Чернігів». Посилення взаємодії між містами зумовлюється наявністю безробіття у м. Чернігів, поїздками на навчання та проведення дозвілля (на концерти, вистави, футбол і т.д.). Державні автотранспортні підприємства є мало адаптованими до зміни попиту на транспортні послуги, їхню нішу зайняли приватні перевізники, які здатні оперативно задовольняти потреби пасажирів у перевезеннях у зручний для них час з різних точок міста. У даній соціально-економічній системі міста виникає проблема надання якісних транспортних послуг в умовах конкуренції на ринку пасажирських перевезень. Соціально-економічна система є нестабільною, тому потреби у

пасажирських послугах змінюються у просторі і часі відповідно до зміни рухливості населення, що залежить від доходів, сезону, місяця та часу доби. Дослідження пасажиропотоку між столицею та обласним центром Чернігів необхідне для того, щоб адаптувати режими роботи автотранспортних підприємств до змін пасажиропотоку у часі та запропонувати удосконалену систему надання транспортних послуг. Це непросте питання, оскільки виникає конфлікт між перевізником: останній хоче перевозити пасажирів за більшу ціну з максимальним наповненням рухомого засобу; пасажир, у свою чергу, прагне отримати більшу якість послуги і комфорт за максимально короткий час (без черг). Для усунення цієї суперечності перевізнику слід навчитися правильно обирати рухомий склад за кількістю, якістю та місткістю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню пасажирських перевезень і вивченню властивостей пасажиропотоків присвячено роботи [1-4,6,8,9,11,12]. Зокрема, у роботі [12] для дослідження пасажиропотоку використовується апарат випадкових функцій та їх імовірнісні характеристики (закони розподілу); у [9] – описані основні методи визначення транспортної рухливості населення та особливостей нерівномірності пасажиропотоків у транспортній системі міста; у [3] описано гравітаційні функції тяжіння та розселення у містах; у [11] – розглядається модель формування пасажиропотоків у місті, де транспортна система розглядається у вигляді зв'язного графу, вершинами якого є зупиночні пункти на маршрутах міського транспорту, а ребрами – транспортні зв'язки у місті. У працях [1,2,4,6,8] розглядаються питання щодо оптимального вибору рухомого складу у транспортній системі міста відносно коливань пасажиропотоків у просторі і часі.

Мета статті полягає у створенні моделі пасажирсько-транспортної взаємодії на маршруті «Чернігів-Київ» з урахуванням сезонної, тижневої та добової нерівномірності пасажиропотоку між містами Чернігів та Київ. Дана модель у подальшому буде використана для моделювання оптимального

використання рухомого складу конкретного автотранспортного підприємства на маршруті.

Основні результати дослідження. Територіальна близькість Чернігівської та Київської областей зумовлює інтенсивну взаємодію між їхніми центрами, пов'язану з потоками населення на роботу, навчання та дозвілля. Територія м. Чернігова становить 78 км² (м. Києва – 835,5 км²), наявне населення м. Чернігова у 2011 р. – 296,9 тис. чол. (м. Києва – 3144,0 тис. чол.). Середня відстань від Чернігова до столиці залізницею становить 209 км, автошляхами – 140 км. У 2009 р. у Чернігівській області право на перевезення пасажирів отримав 251 приватний перевізник, ними було поповнено рухомий склад 563 одиницями автобусів із загальною пасажиромісткістю 11,4 тис. місць. За 2009 р. автотранспортом фізичних осіб-підприємців було виконано 35,3% загального обсягу пасажирських перевезень по області. Збільшення приватних автотранспортних підприємств на маршруті «Чернігів-Київ» за 2001-2011 рр. у м. Чернігів можна пояснити, не зважаючи на деяке зменшення кількості населення (табл. 1), зміною таких показників соціально-економічного життя регіону, як ВВП, ВРП, доходів населення та його рухливості (відношення річного об'єму перевезень пасажирським транспортом до загальної кількості населення регіону) (табл. 2) [10].

Таблиця 1. Населення м. Чернігова, тис. осіб [10]

1991	1996	2001	2006	2007	2008	2009	2010	2011
305,7	312,2	305,6	299,6	298,9	298,3	297,8	297,4	296,9

Таблиця 2. Деякі соціально-економічні показники Чернігівської області, [10], *авторські розрахунки

Роки	ВВП на 1 особу, грн.	ВРП на 1 особу, грн.	Наявний дохід на 1 особу, грн.	Реальний дохід у % до попереднього року	Рухливість населення у м. Чернігів, поїздок/рік 1-го жителя*
2001	4195	3211	2377,0	-	175
2002	4685	3108	2769,2	118,4	180
2003	5591	3764	3256,6	110,3	195
2004	7273	5163	4228,7	115,6	210
2005	9372	6474	5979,1	121,9	250
2006	11630	7714	7201,3	108,9	300
2007	15496	10081	9337,4	114,4	310
2008	20441	13213	12353,4	105,3	316
2009	19885	13121	13155,5	89,7	320

2010	23600	15406	16625,0	115,1	335
------	-------	-------	---------	-------	-----

Перевезення пасажирів за маршрутом «Чернігів-Київ» («Київ-Чернігів») здійснюється державним та приватним автомобільним транспортом (табл. 3). Щодня з Чернігова до Києва туди і назад перевозиться близько 8 тис. пасажирів. Державним транспортом на маршруті користуються переважно пільгові категорії пасажирів (студенти, пенсіонери, діти-сироти, інваліди та ін.), їх кількість у 2011 році становила близько 240 тис. осіб.

Таблиця 3. Характеристика транспортного потенціалу на маршруті «Чернігів-Київ» у 2011р., авторське дослідження

	Рухомий склад (місткість)	Середня вартість квитка (грн.)	Середній час проїзду (год.)	Кількість точок відправлення з м. Чернігова	Кількість точок відправлення з м. Києва	Частота відправлення з Чернігова/ Києва за 1 день (середнє)
Автовокзал	473	39	2,5	2	2	18/18
Залізниця	950	28	4	1	3	2/2
Приватні перевізники	2 420	40	1,4	7	4	120/124

Динаміка цін за проїзд, кількості перевезених пасажирів за 2008-2011 роки на маршруті даними видами транспорту наведені у табл. 4,5:

Таблиця 4. Середня вартість проїзду за видами транспорту на маршруті «Чернігів-Київ», за даними Чернігівського обласного підприємства автобусних станцій та Головного управління Південно-Західної залізниці

	Середня вартість проїзду, грн.			
	2008	2009	2010	2011
Автовокзал	22	27	32	39
Залізниця	14	14	14	28
Приват. перевізники	25	30	40	40

Таблиця 5. Кількість перевезених пасажирів на маршруті «Чернігів-Київ» у 2008-2011рр., за даними Чернігівського обласного підприємства автобусних станцій, Головного управління Південно-Західної залізниці та приватних автотранспортних підприємств

	2008		2009		2010		2011	
	Чернігів-Київ	Київ-Чернігів	Чернігів-Київ	Київ-Чернігів	Чернігів-Київ	Київ-Чернігів	Чернігів-Київ	Київ-Чернігів
Автовокзал	58000	13730	44227	8601	31958	4842	20518	3041
Залізниця	46030	92040	100400	107842	91330	135404	125350	122800
Приватні перевізники	836100	834350	904750	932900	1 066 700	1 049 700	1 200 000	1 220 000
Усього	940 130	940 120	1 049 377	1 049 343	1 189 988	1 189 946	1 345 868	1 345 841

1. Автовокзал. У 2011 р. для перевезення пасажирів на маршруті «Чернігів-Київ» («Київ-Чернігів») з автовокзалу м. Чернігова відправлялося 18 автобусів загальною місткістю 473 пасажирських місць. Середня загрузка по усім рейсам на маршруті «Чернігів-Київ» за 2008-2011 роки наведена у табл.6.

**Таблиця 6. Середня загрузка у %
по рейсам пасажирів автовокзалу за 2008-2011 рр., за даними ВАТ
Чернігівське обласне підприємство автобусних станцій №17499 та ДП
«Київпассервіс»**

	2008	2009	2010	2011
Чернігів- Київ	34 %	26 %	19 %	12 %
Київ-Чернігів	8 %	5 %	3 %	2 %

У 2011 р. послугами автовокзалу на маршруті у прямому та зворотному напрямку скористалися 23559 чол., з них 18376 – пільгових категорій (78% пасажирів автовокзалу), у середньому за день проїхало 65 чол..

2. Залізниця. Залізничний транспорт є найбільш привабливим для пільгових категорій населення, для яких час поїздки компенсується її вартістю та безпекою руху у будь-яку пору року. Враховуючи можливість попередньої купівлі квитків, у 2011 р. спостерігалось оптимальне заповнення залізничного транспорту на маршруті, за рік послугами залізниці на маршруті у прямому та зворотному напрямку скористалися 248 150 чол. (з них 220 854 – пільгових категорій), у середньому за день проїхало 680 чол. Майже половину пасажирів склали студенти.

3. Приватні перевезення мають найбільший попит у пасажирів даного маршруту, оскільки характеризуються найменшим часом поїздки, найвищим ступенем комфорту та наявністю багатьох точок відправлення у містах Чернігів та Київ. Автотранспортні підприємства, які знаходяться поза державною власністю, виконують близько 90% перевезень на маршруті. Згідно нашого дослідження пасажиропотоку приватних перевізників, у 2011 р. було перевезено близько 2 млн. 420 тис. пасажирів у прямому та зворотному напрямку, це понад 90% від усіх перевезень (рис. 1). За один день приватним транспортом скористалося у середньому 6630 осіб. Отже, вивчення властивостей пасажиропотоку вимагає більш детального

дослідження саме цього типу пасажирських перевезень, оскільки він забезпечує найбільші щоденні потоки пасажирів до місць прикладання праці на навчання та відпочинок.



Рис. 1. Частка пасажирів на маршруті за типами транспорту у 2011 р., авторське дослідження

У 2011 р. по м. Чернігів було зафіксовано близько 120 мікроавтобусів, якими щодня здійснювалися пасажироперевезення з Чернігова до Києва (і навпаки)(табл.7):

Таблиця 7. Рухомий склад та розклад руху приватних перевезень, маршрут «Чернігів – Київ (2011 р.), авторське дослідження

№ п/п	Розташування зупинки у м. Чернігів, з якого року існує та частка ринку приватних перевезень, %	Куди прибуває у м. Київ і прямує назад, частка ринку приватних перевезень, %	Графік руху	Марка автомобіля	Кількість авто
1	Готель «Україна» (з 2001 р.), 50%	Ст. м. «Лісова», 20%	З 5.00 год. до 22.00 по мірі завантаження (максимальний час простою – 30 хв.)	«Еталон» (26-30 місць)	18
				«Мерседес» (18 місць)	23
				«Богдан» (18-19 місць)	3
				Усього	44
2	ТЦ «Мегацентр» (Кінотеатр «Дружба») (з 2006 р.), 20%	Ст. м. «Лісова», 60%	З 5.00 год. до 22.00 з інтервалом 30 хв.	«Еталон» (26-30 місць)	4
				«Мерседес» (18 місць)	36
				Усього	40
3	Центральний ринок (МакДональдс) (з 2007 р.), 15%	Ст.м. «Чернігівська», 9%	З 5.00 год. до 22.00 год. з інтервалом 30 хв.	«Мерседес» (18 місць)	17
				Усього	17
4	Магазин «Союз»/ринок «Нива» (пл. Героїв Сталінграду) (з 2007 р.), 10%	Ст.м. «Вокзальна», 5%	З 5.00 год. до 22.00 з інтервалом 1 год.	«Мерседес» (18 місць)	7
5	Зупинка біля автовокзалу №1 (з 2008 р.), 1%	Ст.м. «Чернігівська», 1%	6.00 год., 6.10 год., 6.20 год.	«Мерседес» (18 місць)	2
				«Фольксваген» (21-22 місць)	1

				Усього	3
6	Зупинка по вул. Пухова (з 2009 р.), 2%	Ст.м. «Вокзальна», 1%	4.30 год., 9.00 год., 12.30 год., 16.40 год.	«Мерседес» (18 місць)	4
7	Політехнічний університет (вул. Рокосовського) (з 1.09.2011 р.), 2%	Ст.м. «Вокзальна», 4%	3 6.00 год. до 17.00 з інтервалом 1 год.	«Мерседес» (18 місць)	7
Усього автобусів – 122 (≈ 2 420 місць)					

3 м. Києва дані мікроавтобуси відправляються з чотирьох точок по місту: 2 – біля ст. метро «Лісова» (тут спостерігаються найбільші пасажиропотоки), 1 – біля ст. метро «Чернігівська», 1 – Центрального залізничного вокзалу (ст. метро «Вокзальна»).

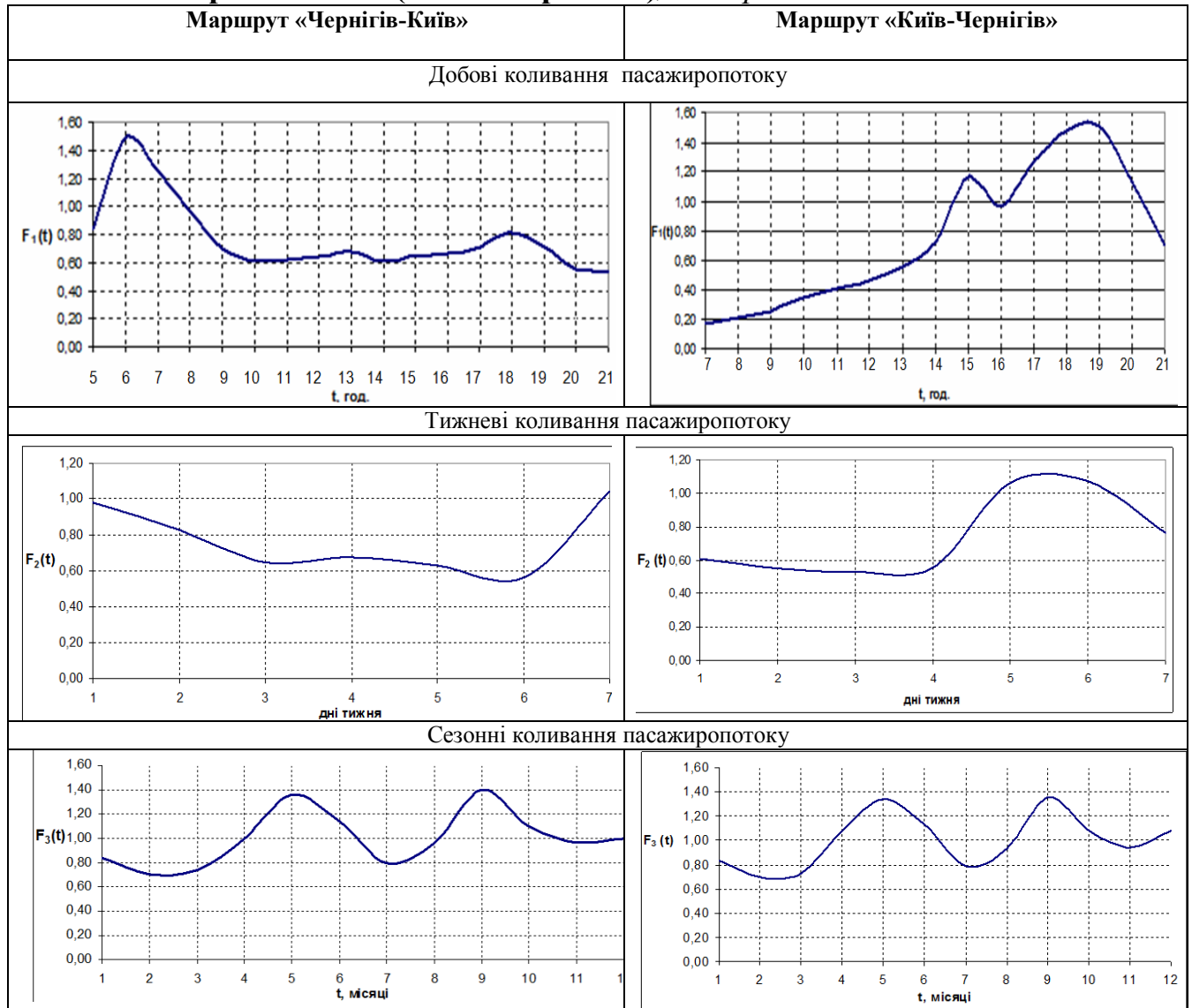
Відношення часток ринку приватних перевізників змінюється у часі: поява нових пунктів відправлення зумовлює поступовий перерозподіл пасажирів, особливо, якщо ці пункти мають вищий у порівнянні з іншими сервіс обслуговування та зручне розташування у місті. Конкуренція перевізників зумовлює покращення транспортної послуги як товару, наприклад, за рахунок обладнання автобусів м'якими сидіннями, ввічливого ставлення до пасажирів, охайного вигляду водія, устаткування автобусів відеоапаратурою тощо. Пункти відправлення пасажирів, які з'явилися не так давно, для завоювання сегменту ринку використовують різноманітну рекламу у вигляді візитівок та плакатів і надають, на відміну від інших перевізників, додаткові послуги (наприклад, бронювання місць по телефону, можливість виїхати з таких точок Києва, як Ленінградська площа, ст. метро «Дружби Народів», ст. метро «Либідська», вул. Саксаганського тощо).

Оптимальне використання рухомого складу потребує детального вивчення властивостей та коливань пасажиропотоку упродовж часу доби, дня тижня та сезону. Наприклад, у ході тижневого опитування 100 пасажирів у будні листопаду 2011 р. було виявлено такі їх категорії за метою поїздки: робота – 50%, навчання – 30%, ділова поїздка – 15%, відпочинок/дозвілля – 5%. Маятникові поїздки пасажирів протягом місяця становили: 5 днів на тиждень – 50%, 2/3-4 дні на тиждень – 20%, 1 день – 5%, кожні вихідні –

15%, 1-2 рази на місяць – 10%. Ці частки змінюються залежно від сезону, адже, наприклад, влітку частка пасажирів, що їдуть відпочивати, є значно більшою, і становить близько 70% тощо (виявлено з опитувань).

Розглянемо сезонні, тижневі та добові коливання пасажиропотоку у прямому та зворотному напрямку:

Таблиця 8. Коливання пасажиропотоку на маршруті «Чернігів-Київ» («Київ-Чернігів»), авторське дослідження



Пасажиропотік характеризує переміщення населення між певними територіями у визначеному напрямку за одиницю часу і може описуватися залежністю [4]: $\Phi_{ij} = \frac{dQ_{ij}}{dt}$, де Q_{ij} – об’єм пасажирських перевезень від пункту і до пункту j.

У загальному пасажиропотік Φ_{ij} між містами Чернігів та Київ можна виразити гравітаційною залежністю типу [4]:

$$\Phi_{ij} = k_{ij} \cdot \rho_i S_i \cdot \rho_j S_j \cdot F(t) \cdot r_{ij}^n e^{-c_{ij} r_{ij}}, \quad (1)$$

де c_{ij} , k_{ij} – параметри, що характеризують анізотропію пасажиропотоків, n – величина, яка визначає інтенсивність транспортної взаємодії, ρ_i, ρ_j – густина населення, S_i, S_j – площі транспортних зон, r_{ij} – відстань між центрами транспортних зон, $F(t)$ – коливання пасажиропотоку у часі, що виражаються залежністю $F(t) = F_1(t) + F_2(t) + F_3(t)$, де $F_1(t)$, $F_2(t)$, $F_3(t)$ – добовий, тижневий та сезонний епіцикли пасажиропотоку.

Щоб визначити об'єм пасажирських перевезень Q_{ij} від пункту i до пункту j за певний проміжок часу, потрібно знайти інтеграл $Q_{ij} = \int_0^T \Phi_{ij} dt$. За допомогою пакету MATLAB на основі даних детального спостереження пасажиропотоку нами було апроксимовано добові, тижневі та сезонні коливання пасажиропотоку приватних перевізників за допомогою ряду Фур'є [5,7] та визначено амплітудно-частотні характеристики пасажиропотоку на маршруті «Чернігів-Київ».

Висновки. Ринок транспортних послуг на маршруті «Чернігів-Київ» («Київ-Чернігів») змінюється у просторі та часі. Державним транспортом користуються переважно пільгові категорії населення, у сфері пасажирських маршрутних автоперевезень у м. Чернігів усе більшого розвитку набуває малий бізнес, що в умовах ринкової конкуренції надає більш якісні та різноманітні послуги для пасажирів. Автотранспортні підприємства можуть досягати високої економічної ефективності за умов адаптації транспортної системи до змін у попиті на перевезення. Динамічна модель пасажирсько-транспортної взаємодії гравітаційного типу дозволяє адаптувати рухомий склад різної місткості відповідно до змін пасажиропотоку у часі та покращувати роботу автотранспортних підприємств. Удосконалення системи оптимального вибору рухомого складу та аналіз властивостей пасажиропотоку відіграє вирішальну роль в організації пасажирських

перевезень, сприяє усуненню небажаних черг, забезпеченню вищого рівня комфорту для пасажирів.

1. *Афанасьев Л.Л., Цукерберг С.М.* Автомобильные перевозки. – М.: Изд-во «Транспорт», 1973. – 320 с.

2. *Давідіч Ю.О.* Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.

3. *Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А.* Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.

4. *Железняк О.О., Рожок О.А.* Обгрунтування ефективності функціональних рішень в управлінні підприємствами пасажирського автотранспорту економіко-математичними методами // Актуальні проблеми економіки. – 2005. – № 9 (51). – С.188–198.

5. *Кобелев Н.Б.* Практика применения эономико-математических методов и моделей / Учеб.-практ. Пособие. – М.: ЗАО «Финстатинформ», 2000. – 246 с.

6. *Попков Ю.С., Посохин М.В., Гутнов А.Э., Шмутьян Б.Л.* Перевозка пассажиров автомобильным транспортом. Системный анализ и проблемы развития городов. – М., 1983. – 512 с.

7. *Поршнев С.В.* Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей. Учебник. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2009. – 336 с

8. *Рожок О.А.* Оптимізація кількості мікроавтобусів у транспортній системі зі змінними пасажиропотоками // Проблеми системного підходу в економіці: Збірник наукових праць. Вип.18. – К.: НАУ, 2006. – С.99–105.

9. *Спирин И.В.* Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / И. В. Спирин. – 5-е изд., перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.

10. Статистичний щорічник. Чернігівщина – 2011 / За ред. Д.І. Ашихміної. – Чернігів: Держ. ком. стат. України, Головне управління статистики у Чернігівській області, 2011. – 486 с.

11. *Федоров В. П.* Математическая модель формирования пассажиропотоков // Изв. АН СССР, Техн. кибернетика. – 1974. – № 4. – С. 17-26.

12. *Шлиппе И.И., Аврамов А.И.* Анализ формирования пассажиропотоков по часам суток с помощью статистических характеристик. – М.: МАДИ, 1975. Вып. 106. – С. 22-25.