

УДК 656.015

## ВПЛИВ ПОЇЗДОК У ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

П.Ф. Горбачов, проф., д.т.н., А.А. Кочина, асп.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Наведено результати дослідження закономірностей зміни інтенсивності руху автомобільного транспорту в приміському сполученні на автомобільних дорогах загального користування України. Встановлено можливість адекватного опису інтенсивності транспортних потоків на міжнародних автомобільних дорогах загального користування в передмістях великих міст залежно від відстані ділянки до центру міста.

*Ключові слова:* інтенсивність руху, транспортний потік, автомобільні дороги загального користування, приміське сполучення, регресійна залежність.

## ВЛИЯНИЕ ПОЕЗДОК В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

П.Ф. Горбачев, проф., д.т.н., А.А. Кочина, асп.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Приводятся результаты исследования закономерностей изменения интенсивности движения автомобильного транспорта в пригородном сообщении на автомобильных дорогах общего пользования Украины. Установлена возможность адекватного описания интенсивности транспортных потоков на международных автомобильных дорогах общего пользования в окрестностях крупных городов в зависимости от расстояния участка к центру города.

*Ключевые слова:* интенсивность движения, транспортный поток, автомобильные дороги общего пользования, пригородное сообщение, регрессионная зависимость.

## IMPACT OF COMMUTER TRIPS ON THE TRAFFIC OF PUBLIC ROADS

P. Gorbachov, Prof., D. Sc. (Eng.), A. Kochina, P. G.,  
Kharkiv National Automobile-Highway University

*Abstract.* The research results of traffic patterns on public roads in city neighborhoods are given. The possibility to adequately describe the intensity road traffic on international public roads depending on the distance to the downtown area is shown for big-city neighborhoods.

*Key words:* traffic, public roads, commuter, regressive dependence.

### Вступ

Автомобільні дороги (АД) загального користування є складовою частиною транспортної системи країни і задовольняють потреби в пасажирських та вантажних перевезеннях. Прогнозування інтенсивності руху (ІР) на ділянках автомобільних доріг є дуже актуа-

льною справою, оскільки саме на цій інформаційній підставі будуються плани розвитку та утримання автомобільних доріг, розробляються плани організації дорожнього руху.

Сучасний рівень транспортного планування передбачає прогнозування транспортних потоків (ТП) на підставі транспортного моде-

лювання об'єкта дослідження. Результати транспортного моделювання мережі міжнародних та національних АД України показали, що точність прогнозування інтенсивності ТП суттєво знижується поблизу великих міст [1]. Це пояснюється тим, що поблизу великих міст автомобільні дороги зазнають підвищеного транспортного навантаження, яке збільшується залежно від наближення до межі міста за рахунок пересувань автомобілів у приміському сполученні, яке є значно більш інтенсивним, ніж міжміське сполучення.

Урахування таких змін ІР є можливим за рахунок складання спеціальної транспортної моделі для приміського сполучення, ключовим моментом якої повинна бути модель потреб населення і підприємств міста та його оточення у транспортних пересуваннях.

### Аналіз публікацій

Відповідно до розвитку соціально-економічної сфери, транспортної інфраструктури й системи розселення збільшуються взаємовплив та взаємозв'язок міста з його оточенням, зростає дальність трудових і культурно-банкових поїздок, виробничих та інших зв'язків.

Автори роботи [2] справедливо стверджують, що величина ІР ТП на головних ділянках приміських автомобільних доріг визначається численними факторами і залежностями як внутрішнього, так і зовнішнього характеру, основними з яких є:

- а) роль і місце міста в міжнародних, державних і регіональних соціально-економічних, культурно-історичних та інших сферах;
- б) характер і зміст системи розселення населення і місць праці в зоні впливу міста – центру і його оточення;
- в) рівень розвитку транспортної інфраструктури взаємопов'язаної системи розселення;
- г) природно-географічні особливості району розселення;
- д) рівень автомобілізації населення і його транспортна рухомість [2].

Однак оцінити всі перелічені фактори можна лише розглядаючи окреме місто або декілька міст. У процесі побудови транспортної моделі великих об'єктів, таких як вся Україна, визначити для кожного міста його точні параметри, які не є частиною статистичних спостережень, є дуже складним завданням.

У роботі [3] відзначається, що на автомобільних дорогах загального користування на підходах до міст різних категорій транспортні потоки формуються із транзитного руху (перевезень вантажів або пасажирів на значні відстані за межі області або держави), місцевого руху (перевезень у межах 100 км від міста) та маятникового.

Маятниковий рух пов'язаний із щоденними поїздками в місто і назад жителів передмість, які працюють або навчаються в місті, а також жителів міста, які проживають у дачних і котеджних селищах, розташованих у приміській зоні. У роботі також відзначається, що чисельність таких поїздок є дуже індивідуальною для кожного міста і залежить від чисельності населення, економічного розвитку міста й області та економічної ситуації в країні та регіоні [3]. Крім цього, має значення вибір виду транспорту для таких поїздок. Такі поїздки виконуються маршрутними автобусами, також часто – маршрутними таксі та індивідуальними автомобілями.

Відсоток маятникового руху в складі ТП на ділянці АД суттєво залежить від відстані до міста. Згідно з [4] можна виділити три зони тяжіння щодо до міста, які враховують трудові зв'язки. У даному випадку дослідження закономірностей формування попиту на перевезення ґрунтується на дослідженні процесів розселення та просторової самоорганізації населення. При цьому у процесі визначення закономірностей просторового розподілу трудових переміщень враховується тільки залежність їх інтенсивності від дальності переміщення.

За аналогією із трудовими зв'язками можна дати оцінку й іншим зв'язкам населення. Переміщення на відстань до 20 км можна вважати умовно постійними, а на відстань понад 40 км – нерегулярними, випадковими [4]. Основна причина існування такої диференціації зв'язків – відносно висока щільність міст – центрів тяжіння населення. Вказана методика обмежується віддаленістю транспортних ділянок від обласного центру до 50 км, яка вважається зоною організації і значної активності приміського сполучення, хоча в окремих випадках ця зона впливу може сягати навіть 100 км.

У свою чергу, величина транспортного потоку на головних ділянках АД є результатом

загальних обсягів пасажирських і вантажних перевезень, які реалізуються через ці ділянки, їх розподілу по системах суспільного та індивідуального транспорту, за видами транспорту (залізничний, повітряний, водний, автомобільний). У наведених методиках враховуються закономірності формування величини ІР ТП тільки для маятникового руху, але не враховуються закономірності формування транзитного та місцевого руху, який визначається загальними обсягами перевезень вантажів та пасажирів.

### Мета і постановка завдання

Інтенсивність ТП є випадковим за своєю сутністю показником, схильним до значних коливань протягом часу. Урахування інтенсивності руху можливе за різними періодами часу – від внутрішньогодинних до річних. Рациональним періодом прогнозування є мінімальний період, що забезпечує достатню сталість інтенсивності руху. Таким періодом у роботі вважається добова ІР, порівняння якої для різних днів тижня та місяців року є можливим на підставі відомих коефіцієнтів нерівномірності ТП [6, 7].

Колівання інтенсивності ТП на АД загального користування не можуть бути пояснені лише розвитком мережі автомобільних доріг та зростанням рівня автомобілізації населення України. Можна припустити, що на величину ТП суттєво впливає розташування ділянки магістралі відносно міста й той факт, що частка кожного типу ТЗ суттєво коливається залежно від ділянки мережі, що зумовлено тією роллю, яку відіграє конкретна ділянка в мережі автомобільних доріг загального користування.

З урахуванням цього у роботі необхідно формалізувати закономірності впливу міст на інтенсивність руху в приміському сполученні на АД загального користування. Вихідними даними для формалізації процесу мають стати фактичні дані про інтенсивність руху на ділянках міжнародних АД, які отримані внаслідок багаторічних статистичних спостережень.

### Оцінка впливу приміських поїздок на ІР на АД загального користування

Останнім роком масштабної фіксації ТП в Україні став 2011, для якого було отримано значення середньодобової ІР для 761 ділянки

міжнародних, національних та регіональних АД загального користування.

Фактичні значення інтенсивності, отримані за допомогою натурних обстежень, були надані Державним агентством автомобільних доріг України. Склад транспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування містить 9 категорій ТЗ: легкові, вантажні легкі, вантажні середні, вантажні важкі, автобуси середні, автобуси важкі, тягачі, автопоїзди, мотоцикли та ін. Транспортні потоки встановлювалися протягом доби на визначених місцях автомобільної дороги відповідної категорії.

Вплив поїздок у приміському сполученні на інтенсивність руху на автомобільних дорогах добре проілюстровано на рис. 1 та 2, на яких відображено загальну інтенсивність руху всіх категорій автомобілів.

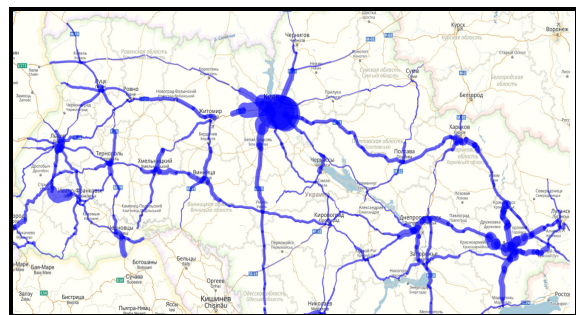


Рис. 1. Фактична інтенсивність руху на АД загального користування України

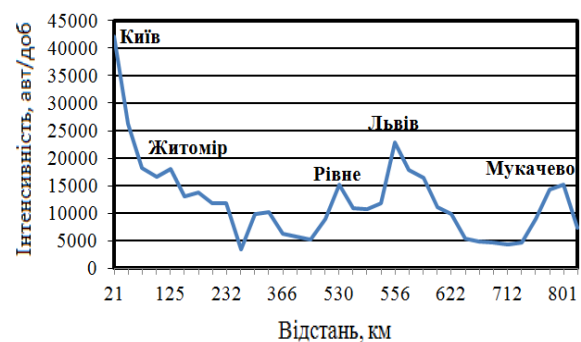


Рис. 2. Колівання інтенсивності руху на трасі М06

На рис. 1 та 2 можна спостерігати різкі стрибки інтенсивності руху біля міст, в основному великих, що є обласними центрами. Цей феномен пояснюється саме впливом руху транспорту в приміському сполученні, який може підвищувати інтенсивність руху в декілька разів. Найбільшу складність у його формалі-

зації викликає випадковий характер попиту, який здебільшого випадків не може бути повністю описаний обмеженою кількістю факторів.

Тому завдання формалізації інтенсивності ТП слід розуміти як пошук факторів, які дозволять із достатнім ступенем точності описати наявні закономірності. Це не є простою справою, оскільки об'єднання значень ІР різних АД призводить до дуже широкого розкиду значень інтенсивності залежно від відстані до міста, що проілюстровано на прикладі міжнародних АД України (М01 – М06) (рис. 3).

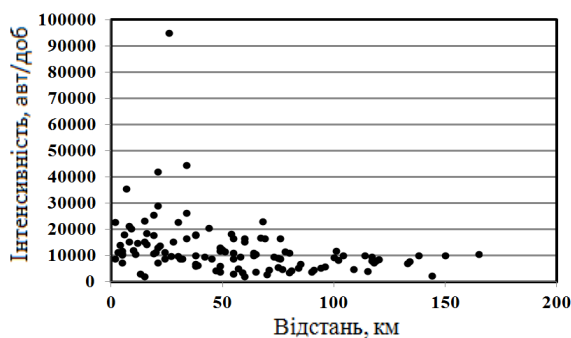


Рис. 3. Розподіл ІР ТП залежно від відстані до міста

На рис. 3 можна побачити деяку кореляційну залежність ІР від відстані до найближчого міста, але кореляційне поле є дуже нещільним та нечітко спрямованим, лінійний коефіцієнт кореляції має значення лише 0,32. Це приводить до необхідності пошуку ефективних перетворень значень інтенсивності.

Результатом такого пошуку стало перетворення (1), яке дозволило отримати дуже яскраво виражену гіперболічну залежність перетвореної ІР від відстані до центра міста (рис. 4).

$$N' = \text{Log}_L N, \quad (1)$$

де  $L$  – відстань від центру міста до ділянки, на якій зафіксовано інтенсивність транспортних потоків, км;  $N$  – добова інтенсивність на ділянці автомобільної дороги загального користування, авт./доб.;  $N'$  – добова інтенсивність на ділянці автомобільної дороги загального користування, авт./доб.

На підставі (1) було отримано регресійну залежність (2) перетвореної інтенсивності тра-

нспортних потоків від відстані її фіксації до міста. Графічно залежність (2) відображено на рис. 4 безперервною лінією.

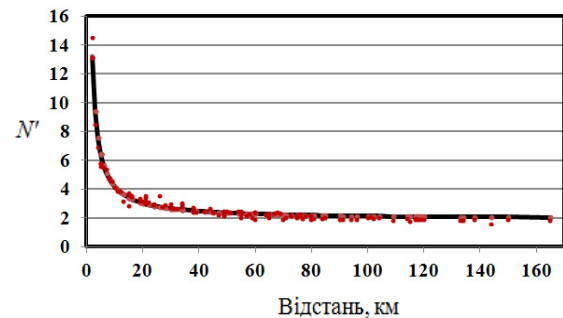


Рис. 4. Залежність величини інтенсивності транспортних потоків від відстані до міста

$$N' = 1,834 + 22,58 \cdot \frac{1}{L}. \quad (2)$$

Оцінка статистичної значущості моделі проведена з використанням критерію Фішера [5], коефіцієнта множинної кореляції, середньої помилки апроксимації та інших статистичних показників (табл. 1 та 2).

Таблиця 1 Результати залежності інтенсивності руху від відстані до центру міста

Показники	Значення
Критерій Фішера: – табличний	1,98
– розрахунковий	4306,67
Коефіцієнт множинної кореляції	0,98
Середня помилка апроксимації, %	0,29
Кількість спостережень, од.	113

Таблиця 2 Статистична характеристика коефіцієнтів моделі

Показники	Константа	Коефіцієнт при факторі
Значення коефіцієнта	1,83	22,58
Стандартна похибка коефіцієнта	0,03	0,34
Критерій Стьюдента	55,82	65,63
Імовірність критерію	4,63E-83	1,22E-90

Статистичні характеристики моделі (2) є дуже високими, що підтверджує вплив відстані від ділянки магістралі до центру міста на інтенсивність ТП. Коефіцієнт кореляції перевищує 90 %, що свідчить про можливість використання моделі для прогнозування інтенсивності ТП і транспортного попиту в цілому у приміському сполученні. Це підтве-

рджуються високою інформаційною здатністю моделі.

З метою прогнозування безпосередньо інтенсивності транспортних потоків на ділянках міжнародних автомобільних доріг загального користування, на підставі (1), залежність (2) приводиться до такого вигляду:

$$N = e^{(1,834 + \frac{22,58}{L}) \cdot LnL} \quad (3)$$

Отримана модель відображає тенденцію зростання інтенсивності ТП під час наближення ділянки АД до населених пунктів та може бути використана для формування моделі попиту на пересування автомобільним транспортом.

### Висновки

Виявлено, що на інтенсивність транспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування суттєво впливає наявність населених пунктів та відстань до них, але характер цього зв'язку є дуже випадковим та не може бути описаний без ефективного перетворення змінних.

Найбільш ефективним перетворенням інтенсивності ТП на під'їздах до міста виявилось логарифмічне перетворення на основі відстані від центру міста. Воно приводить до дуже щільної гіперболічної залежності між перетвореною інтенсивністю та відстанню, що дозволило проводити регресійний аналіз лише для однієї незалежної змінної.

Статистичні характеристики отриманої моделі є дуже високими, що дозволяє її використовувати для прогнозування інтенсивності ТП і транспортного попиту в цілому у приміському сполученні.

Отриману модель побудовано на підставі інтенсивності ТП лише магістральних АД загального користування, і вона потребує розширення на весь спектр автомобільних доріг. Це вочевидь потребуватиме збільшення кількості факторних ознак, що здійснюють вплив на величину ТП у приміському сполученні. До них може належати чисель-

ність населення міст, рівень автомобілізації населення регіону та інші фактори, для врахування яких потрібне проведення додаткових досліджень.

### Література

1. Розроблення методики прогнозування автотранспортних потоків на автомобільних дорогах загального користування державного значення та розроблення вимог до даних, що використовуються при прогнозуванні, порядку їх збирання і обробки, вимоги до вихідних даних прогнозів для занесення до Єдиної інформаційної геобазы даних автомобільних доріг України: Звіт про ДКР (проміжний) / Державне агентство автомобільних доріг України, ХНАДУ; № держ. реєстрації 0114U004631. – Х., 2015. – 99 с.
2. Пассажи́рские автомоби́льные перевозки / Л.Л. Афанасьев, А.И. Воркут, А.Б. Дьяков и др. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
3. Доля В.К. Дослідження транспортної мережі регіону методом побудови функції щільності населення / В.К. Доля, П.М. Грицюк, М.Є. Кристопчук // Коммунальное хозяйство городов: научно-технический сборник. Серия: Технические науки и архитектура. – 2006. – Вып. 69. – С. 205–211.
4. Юшкявичюс П.В. Транспортное обслуживание сельского населения агропромышленного комплекса / П.В. Юшкявичюс. – М.: Транспорт, 1989. – 164 с.
5. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В.Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
6. Методичні рекомендації з визначення існуючої та прогнозування перспективної інтенсивності руху: МР А.2.1-218-02070915-729. – К., 2008. – 25 с.
7. Методика економічних вишукувань для проектування автомобільних доріг. М 218-05416892-409. – К., 2004. – 34 с.

Рецензент: Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 березня 2016 р.