

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ ПРИМІСЬКИХ ЗОН МІСТ УКРАЇНИ

*Лановий О. Т.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0717-9870

*Кисельов В.Б.*, доктор технічних наук, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, Україна, kvbglush1953@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3437-2825

*Кошарний О.М.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, o.kosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5969-4858

*Кошарний В.О.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна, vakosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6203-2567

## EXPERIMENTAL RESEARCH CHARACTERISTICS TRAFFIC FLOWS ON THE ROADS OF THE SUBURBAN ZONES OF THE CITIES OF UKRAINE

*Lanovyi O.T.*, Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0717-9870

*Kiselyov V.B.*, Doctor of Technical Sciences, Tavriya National University named after V.I. Vernadsky, Kyiv, Ukraine, al.lanovoy@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3437-2825

*Kosharnyi O.M.*, Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, o.kosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5969-4858

*Kosharnyi V.O.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine, vakosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6203-2567

**Постановка проблеми.** Міста та інші населені пункти є транспортними вузлами, в яких з'єднуються автомобільні дороги. Тут зосереджується велика кількість автомобілів позаміської приписки, які розходяться по міських пунктах призначення, та автомобілі, які прямують через місто транзитом. Все це призводить до зниження швидкості руху, зменшення пропускної здатності доріг, невідомо погіршує умови при маневруванні автомобілів, збільшує кількість дорожньо-транспортних пригод, загазованість повітря та шум.

На підходах до великих міст інтенсивність руху зростає, його склад стає різноманітним: вантажні та легкові автомобілі, автопоїзди, великогабаритні та вантажні автомобілі, швидкісні автобуси, мотоцикли і велосипеди.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженням характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України займалися такі вчені як Старовойда В.П., Дрю Д., Хомяк А.В., Хейт Ф., Заворицький В.И., Полищук В.П., Богаченко В.Н. та ін.

На підходах до великих міст інтенсивність руху зростає, його склад стає різноманітним: вантажні та легкові автомобілі, автопоїзди, великогабаритні та вантажні автомобілі, швидкісні автобуси, мотоцикли і велосипеди.

За таких умов, актуальним є питання аналізу та оцінки характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон.

### **Невирішені раніше частини загальної проблеми.**

Великі перешкоди до транспортного потоку вносять часто розташовані зупинки громадського транспорту, перехрестя чи примикання доріг. Це призводить до необхідності виконувати випередження автомобілів, то повільно рухаються, гальмувати перед перехрестями та примиканнями. Все це спричинює зниження перепускної здатності доріг та зменшує рівень безпеки руху. Транспортний потік при русі по автомобільних дорогах приміських зон характеризується низкою особливостей: наявність водіїв, які мають різну мету руху, іншими словами, таких, що прямують різними маршрутами (в місто, транзитом через місто, в місто з місць масового відпочинку), наявність ранкового і вечірнього «піків» інтенсивності руху, коливання розмірів, напряму та часу виконання значної частини переміщень місцевого транспорту, мінливість складу руху [1-4].

В зв'язку з цим імітаційне моделювання характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України є актуальним.

Автомобільні дороги приміської зони повинні бути пристосовані до безупинного переходу автомобілів з зовнішньої на внутрішню вулично-дорожню мережу (ВДМ) і до безпечного подальшого руху по внутрішній мережі міста. Однією із зв'язуючих ланок між цими мережами є кільцева автомобільна дорога (КАД).

Специфічність КАД складається, головним чином, в умовах руху, характерною особливістю яких є одночасна наявність транспортних засобів, водії яких мають свою мету руху, тому що їх дії визначаються різними маршрутами їх руху на одному й тому самому перегоні дороги: «приміська зона – КАД – місто», «місто – КАД – приміська зона», «місто – КАД – місто» і транзитом поза містом.

Разом з тим, для повної характеристики вибору водіями маршрутів руху з використанням автомобільних доріг, розташованих у приміських зонах міст України, та перевірки раніше висловлених припущень, уявляється доцільним розширити рамки експерименту [5-10].

**Метою роботи** є публікація отриманих через імітаційне моделювання характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

##### *1. Загальні мета і завдання імітаційного моделювання*

Швидкості руху, що склалися в залежності від існуючих дорожніх умов, є одним з показників ефективності роботи автомобільної дороги. Різниця між фактичними і максимально можливими для конкретного автомобіля показниками швидкості обумовлено різницею у часі руху та часі, що витрачається на сповільнення, затримки і зупинки: чим вони менше, тим ефективніші умови дорожнього руху. У процесі натурних досліджень затримки у русі враховуються в неявному вигляді. Визначити їхню величину традиційним шляхом, практично, неможливо.

Рух транспортного потоку у взаємозв'язку усіх впливаючих факторів – випадковий процес, у якому інтервали між автомобілями, їх швидкості та прискорення руху, час реакції водія тощо, є випадковими величинами, що залежать від складу та інтенсивності руху, які залежать від складу та інтенсивності потоку, цілей руху водіїв і організації дорожнього руху.

Застосування імовірнісних моделей, що ґрунтуються на положеннях теорії масового обслуговування, не дозволяють достатньо повно врахувати усе різноманіття факторів взаємодії автомобілів у транспортному потоці. Імітаційні моделі, що реалізуються завдяки сучасній обчислювальній техніці, мають при цьому низкою переваг [11-12]:

- можливістю отримання інформації про характеристики транспортних потоків, функціонування елементів автомобільної дороги, про вплив на зовнішнє середовище;
- можливістю виявлення головних параметрів системи та їх взаємозв'язків, що насамкінець, може привести до виведення аналітичних залежностей;
- можливістю отримання інформації про розподіл вихідних величин, а не тільки впливу середніх значень і дисперсії;
- порівняно дешевою моделювання;
- безпекою дослідження транспортних потоків
- можливістю визначення впливу різних рішень по організації дорожнього руху, різних значень інтенсивності і складу потоків без створення перешкод реальному транспортному потоку;
- використанням для прогнозування «вузьких» місць та інших перешкод, що з'являються при введенні в систему нових елементів;
- можливістю перевірки змін в системі до їхнього практичного застосування.

Метою імітаційного моделювання у цьому дослідженні є отримання основних характеристик дорожнього руху, а також витрат часу, необхідних для переміщення автомобілів по ділянці дороги, що моделюється, при різних схемах організації руху, різних значеннях інтенсивності, складу і цілей руху.

##### *2 Імітаційна модель функціонування ділянки кільцевої автомобільної дороги*

Математична модель побудована засобами імітаційного моделювання сумісного руху місцевих і транзитних транспортних потоків ділянкою кільцевої автомобільної дороги та базується наявністю таких факторів:

- наявністю на кожній ділянці дороги водіїв з різним цілями руху;
- залежністю загальної кількості смуг руху, а також визначених схем дорожнього руху від складу транспортного потоку і цілей водіїв;
- можливістю визначення впливу технічних засобів організації дорожнього руху на характеристики конкретного складу транспортного потоку;
- можливістю виділення спеціальних смуг руху та оцінки їх ефективності;

– можливістю визначення мінімальних і оптимальних відстаней між пересіченнями та примиканнями.

Імітаційне моделювання є загальним поданням логічних зв'язків у транспортному потоці, що розглядається, як складній транспортній системі. Воно застосовується при дослідженні складних взаємовпливів у транспортних потоках, що особливо проявляється на кільцевих дорогах.

Програма моделювання розроблена для з'їзду з ділянки дороги. Передбачена можливість зміни та варіювання вхідних параметрів з метою змін структури Кільцевої дороги, що дозволяє моделювати роботу доріг різної конфігурації. До перемінних факторів, що характеризують конфігурацію магістралі, відносяться (рис. 1):

- кількість смуг руху;
- довжина ділянки дороги, що моделюється;
- розташування і довжина перехідно-швидкісних смуг в'їздів і з'їздів;
- характеристики дискретних відрізків ділянки дороги на швидкості руху, що досягаються;
- схема ОДР на ділянці дороги, що моделюється.

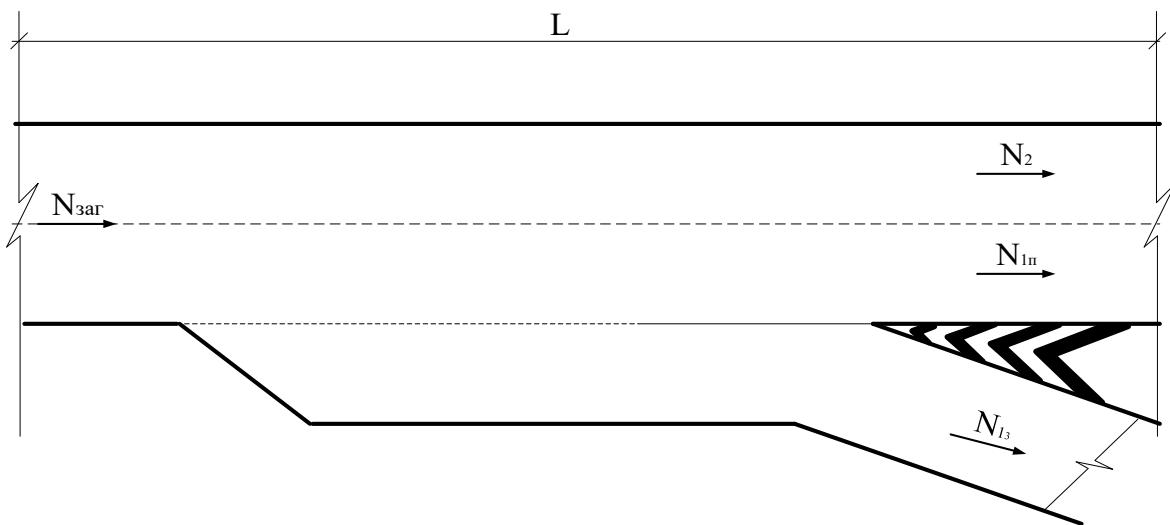


Рисунок 1 – Схема ділянки моделювання  
Figure 1 – Scheme of the modeling area

У моделі передбачений набір логічних операцій, що необхідні для безпечного руху транспортних засобів у межах ділянки, що моделюється. Загальна логічна схема математичної моделі подана на рис. 2.

Програма моделювання сумісного руху потоків кільцевою дорогою уявляє собою послідовний розрахунок характеристик руху кожного окремого автомобіля через рівні інтервали часу  $\Delta t$ .

Моделювання робиться методом модельованої вибірки. Для дослідження складної транспортної системи потрібно скласти статистичний план, який дозволяє розглядати деяке кінцеву кількість комбінацій початкових умов через те, що для повного перегляду варіантів рішення мало потрібним декілька тисяч циклів моделювання.

В основі моделі закладено уяву транспортного потоку як сукупності транспортних засобів, кожний з яких описується вектором

$$M[N, t_i, V_i, X_i, K, \xi]$$

де  $N$  – номер смуги руху;

$t_i$  – момент в'їзду на смугу  $i$ -го автомобіля;

$V_i$  – поточна швидкість  $i$ -го автомобіля;

$X_i$  – координата  $i$ -го автомобіля;

$K$  – тип  $i$ -го автомобіля;

$\xi$  – мета руху конкретного водія (або автомобіль рухається наскрізним чином, або автомобіль прямує на з'їзд з дороги).

Вихідними даними на моделювання є:

- довжина ділянки дороги;
- час моделювання;
- інтервал часу для перегляду ситуації на ділянці дороги;
- інтенсивність руху і розподіл інтервалів слідування кожною смугою руху;
- вірогідність появи водіїв з конкретними цілями руху;
- інженерно-планувальні рішення і схема організації дорожнього руху.

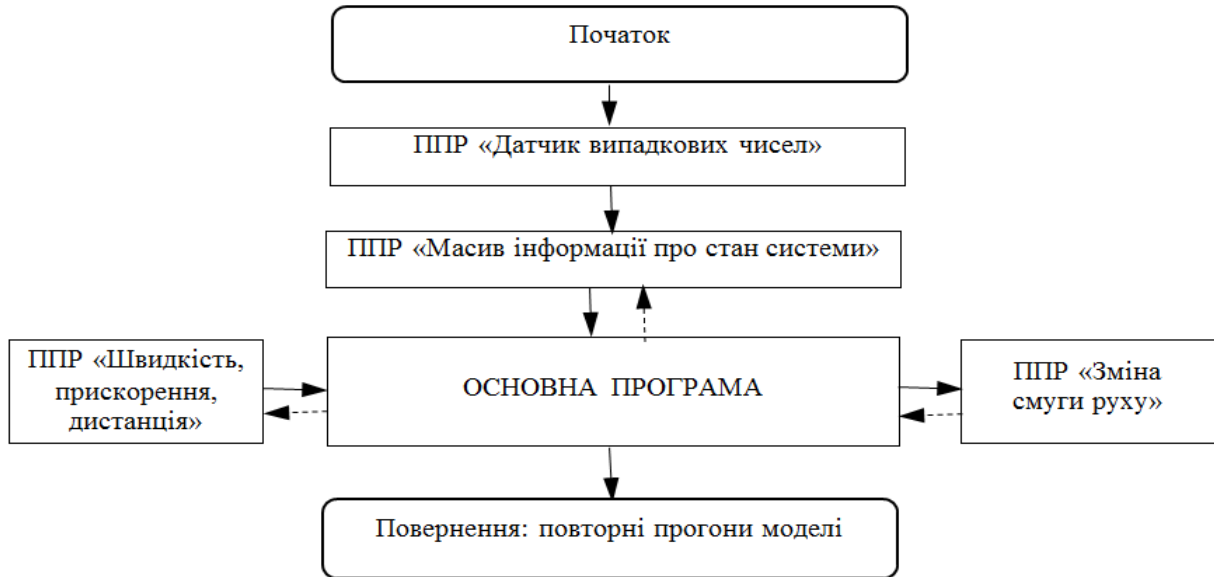


Рисунок 2 – Блок-схема імітаційної моделі  
Figure 2 – Block diagram of the simulation model

### Частина 1. Завдання початкової ситуації на ділянці дороги, що моделюється

В основі роботи першої частини програми закладений датчик випадкових чисел. Кожне значення випадкового числа (яке підпорядковується заданому закону розподілу) береться за основу для швидкості руху та часу запуску автомобіля на смугу руху. Тип автомобіля обирається на підставі випадкового числа, рівномірно розподіленого на інтервалі  $[0, 1]$ , шляхом порівняння заданого числа з імовірностями  $p_1, p_2, \dots$ , тощо. Таким же чином для кожного автомобіля формується ціль його руху. В результаті багаточисельного звернення до датчика випадкових чисел робоче поле векторів двомірного масиву  $A$  заповнюється їх складовими. До моменту початку розрахунку початкова ситуація характеризується наявністю двомірного масиву інформація про автомобілі, процес руху яких розглядається в процесі імітаційного моделювання.

### Частина 2. Динаміка руху автомобілів смугою

Перегляд ситуації на кожній смузі складається з чотирьох етапів, які виконуються послідовно для кожної з них.

На першому етапі перевіряється умова руху автомобілем кінця ділянки дороги, що моделюється ( $x_i - L \geq 0$ ). Якщо це співвідношення не виконується, тоді перший етап пропускається і відбувається перехід до другого етапу. При досягненні же автомобілем кінця ділянки. В лічильнику фіксується дані по інтенсивності руху, середній швидкості, параметрам часу.

На другому етапі виконується аналіз того, чи рухається автомобіль на з'їзд дороги або рухається наскрізь даним перегонном.

Коли автомобіль рухається наскрізь, для нього мають бути розраховані швидкість і дистанція безпеки у відповідності з третім етапом другої частини алгоритму, що моделює, в залежності від того, чи рухається він у вільних умовах або на вибір ним швидкості та дистанції впливають інші автомобілі.

Якщо автомобіль рухається на з'їзд з дороги, тоді, щонайперше, слід перевірити, чи знаходиться він на першій смузі, чи ні. За умови, що автомобіль знаходиться він на першій

смузі, необхідно перевірити, чи досяг він початку перехідно-швидкісної смуги. Якщо це так, то він рухається на з'їзд з дороги з уповільненням до значення швидкості, що відповідає швидкості руху на петле розв'язки. Якщо ні, то необхідно розрахувати його швидкість і потрібну дистанцію безпеки у відповідності з логікою прийняття рішень за третім етапом другої частини.

Коли автомобіль рухається по першій смузі, а йому необхідно з'їхати з дороги, то треба визначити, чи досяг автомобіль точки прийняття рішення про з'їзд з дороги. Такою точкою є координата встановлення інформаційно-вказівного знаку, на якому має бути інформація про відстань до з'їзду з дороги.

При позитивній відповіді на таку перевірку робиться спроба автомобілем змінити смугу руху на першу у відповідності з третьою частиною алгоритму. При цьому також контролюється логіка вибору автомобілем швидкості та дистанції безпеки. (третій етап другої частини).

Логіка вибору швидкості та дистанції автомобілем базується на перевірці його руху у вільних або зв'язаних умовах.

Якщо передній автомобіль рухається швидше  $i$ -го автомобіля, тоді останній у даному проміжку часу слід вважати таким, що вільно рухається. При цьому швидкість його визначається в залежності від дорожніх умов і прийнятої схеми організації дорожнього руху.

Якщо автомобіль рухається з рівною або більшою швидкістю ніж передній, то потрібно перейти до логіки вибору автомобілем дистанції, побудованій на розрахунку дистанції безпеки, а також перевірки можливості та необхідності зміни смуги руху або уповільнення автомобіля, величина якого залежить від відносної швидкості взаємодіючих автомобілів і типу  $i$ -го автомобіля.

Останнім етапом другої частини алгоритму є визначення приросту координати автомобіля на поточний крок моделювання:

$$X_{нов} = x_i + V_i * \Delta t.$$

*Частина 3. Коригування стану транспортного потоку під час руху його багатосмуговою автомобільною дорогою*

Це коригування полягає у послідовній перевірці наявності автомобілів, яким необхідно змінити смугу руху за критеріями необхідності та можливості цього процесу.

При зміні автомобілем смуги руху в його векторі робиться зміна номеру смуги, яку він займає.

Після того, як будуть переглянуті траєкторії руху транспортних засобів кожної смуги, робиться збільшення поточного часу на  $\Delta t$ . Перевіряється умова  $t_{поточе} \geq T$ . Якщо ця умова виконується, то переходимо до четвертої частини алгоритму, але, якщо не виконується, то до другої частини.

*Частина 4. Обчислення та друк гістограм*

Для дослідження відповідності прийнятої на ділянці дороги схеми ОДР вимогам транспортного потоку обчислюються і видаються наступні параметри:

- кількість автомобілів, які змінили смугу руху;
- кількість автомобілів, які рухаються у вільних і зв'язаних умовах (окремо);
- інтенсивність руху для кожної смуги руху та для дороги в цілому;
- швидкість руху для кожної смуги руху та для дороги в цілому;
- часові характеристики руху;
- показники ефективності функціонування системи.

Кожний з лічильників в імітаційній моделі мають різні функції:

1) лічильники 1 і 2 фіксують відповідно: кількість автомобілів, що закінчили свій рух окремо на з'їзд з дороги та наскрізний рух;

2) лічильники 3, 4, 6 – відповідно: рух з постійною швидкістю, з прискоренням та зміна смуги руху;

3) лічильники 5, 505, 50 характеризують рух автомобілів з уповільненням: рух за лідером, що має меншу швидкість; рух на перехідно-швидкісну смугу з'їзду по першій смузі; рух на

перехідно-швидкісну смугу з'їзду по другій смузі та неможливістю безперешкодної зміни на першу смугу через її зайнятість.

Перша група лічильників використовується для фактичного визначення інтенсивності руху на виході з ділянки дороги та визначення частки руху, що рухається на з'їзд з дороги.

Друга група лічильників характеризує частку вільного руху (без зміни швидкості руху).

Третя група лічильників дозволяє судити про втрати часу при русі автомобіля ділянкою автомобільної дороги. При чому лічильник 505 характеризує кількість автомобілів, які вільно рухаються на з'їзд з дороги і через це знижують швидкість, що у незв'язаному потоці практично не впливає на вибір швидкості автомобілів, які рухаються ними. Лічильник 5 визначає кількість автомобілів, які вимушені знизити швидкість через бажання змінити смугу та неможливості це зробити з ходу. Окрім того, лічильник 55 дозволяє визначити відповідність схеми ОДР вимогам транспортного потоку в зоні впливу з'їзду з дороги. Таким чином, неможливість зміни смуги руху з другої на першу і подовження руху на з'їзд з дороги зі швидкістю 20 км/г і менше призведе до передзаторової ситуації на ділянці дороги.

Побудована як імітаційна модель функціонування ділянки кільцевої дороги враховує як цілі, так і склад руху. Через урахування впливу різних технічних засобів ОДР при визначених інженерно-планувальних рішеннях автомобільної дороги можуть бути досліджені різні поєднання інтенсивності, складу і цілей руху, а також визначені для них раціональні схеми ОДР сумісного руху транзитних і місцевих транспортних потоків.

#### ***Достовірність результатів моделювання***

Для того, щоб оцінити достовірність отриманих під час імітаційного моделювання результатів, необхідно проаналізувати їх відповідність даним натурних спостережень.

Однією з найважливіших характеристик транспортного потоку є швидкість руху. Розподіл швидкостей руху транспортних засобів каже про швидкісну структуру транспортних потоків.

Таким чином має бути встановлено, що вибірки отриманих характеристик імітаційної моделі до реальної системи належать одній сукупності, що свідчить про адекватність даного імітаційного моделювання реальному процесу дорожнього руху.

Таким чином встановлено, що вибірки вихідних характеристик запропонованої імітаційної моделі та реальної системи належать одній сукупності, що свідчить про адекватність цього імітаційного моделювання щодо реального процесу дорожнього руху.

#### ***Висновки***

Отже, виходячи з поставлених завдань дослідження та на підставі отриманих кореляційних залежностей, розроблені підходи щодо прийняття рішень по раціональній організації руху транспортних потоків, а також удосконаленню інженерно-планувальних рішень для поліпшення умов руху транспортних потоків автомобільними дорогами у приміських зонах міст України.

Ці підходи дозволяють оцінювати процес функціонування основних смуг руху автомобільних доріг у зоні впливу транспортної розв'язки, показнику ефективності функціонування транспортної системи, її надійності, стійкості та перешкодозахищеності як резерву раціональної інтенсивності руху транспортних потоків.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Старовойда В.П. Вводные и кольцевые магистрали. Киев, Будівельник, 1980 г., 144 с.
2. Старовойда В.П. Исследование трасс и определение габаритных размеров автомобильных магистралей на подходах к городам. Автореферат ... канд. техн. наук, Киев, 1968 г., 23 с.
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М., Транспорт, 1972, 424 с.
4. Хомяк А.В. Проектирование полос движения для скоростного движения на автомобильных магистралях – подъездах к крупным аэропортам. Автореферат...канд. техн. наук, МАДИ, 1983 г., 18 с.
5. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. Перевод с англ. М., Мир, 1966, 286 с.

6. Заворицкий В.И., Старовойда В.П., Белятынский А.А., Забышный А.С. Распределение интенсивности движения в течение суток. В сб.: Автомобильные дороги и дорожное строительство, К.: 1972, вып. 10, с. 19-30.

7. Белятынский А.А. К вопросу ограничения скоростей на автомагистралях. В сб.: Автомобильные дороги и дорожное строительство, К.: 1976, вып. 18.

8. Богаченко В.Н. Усовершенствование методов организации движения автомобилей на развязках автомобильных дорог. Дисс ... канд. техн. наук, К., КАДИ, 1988, 243 с.

9. Полищук В.п. Исследование движения транспортных потоков на развязках автомобильных дорог. Дисс. ... канд. техн. наук. Киев, КАДИ, 1968.

10. Пальчик А.Н. Усовершенствование методов оценки условий движения на основе учета состава транспортного потока. Дисс. ... канд. техн. наук. Киев, КАДИ, 1987, 174 с.

11. 24. РТМ 44-62. Методика статистической обработки экспериментальных данных. М., Комитет стандартов. 1966, 100 с.

12. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. К., Мир, 1975, 500 с.

### РЕФЕРАТ

Лановий О.Т. Імітаційне моделювання характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України./ О.Т. Лановий, В.Б. Кисельов, О.М. Кошарний, В.О. Кошарний // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2024. – Вип. 1 (58).

В статті розглянуті дослідження характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України.

Об'єкт дослідження – транспортні потоки при русі по автомобільних дорогах приміських зон.

Метод дослідження – імітаційне моделювання.

Мета роботи – публікація отриманих через імітаційне моделювання характеристик транспортних потоків на автомобільних дорогах приміських зон міст України.

Швидкості руху, що склалися в залежності від існуючих дорожніх умов, є одним з показників ефективності роботи автомобільної дороги. Різниця між фактичними і максимально можливими для конкретного автомобіля показниками швидкості обумовлено різницею у часі руху та часі, що витрачається на сповільнення, затримки і зупинки: чим вони менше, тим ефективніші умови дорожнього руху. У процесі натурних досліджень затримки у русі враховуються в неявному вигляді. Визначити їхню величину традиційним шляхом, практично, неможливо.

Рух транспортного потоку у взаємозв'язку усіх впливаючих факторів – випадковий процес, у якому інтервали між автомобілями, їх швидкості та прискорення руху, час реакції водія тощо, є випадковими величинами, що залежать від складу та інтенсивності руху, які залежать від складу та інтенсивності потоку, цілей руху водіїв і організації дорожнього руху.

Застосування імовірнісних моделей, що ґрунтуються на положеннях теорії масового обслуговування, не дозволяють достатньо повно врахувати усе різноманіття факторів взаємодії автомобілів у транспортному потоці. Імітаційні моделі, що реалізуються завдяки сучасній обчислювальній техніці, мають при цьому низкою переваг.

Метою імітаційного моделювання у цьому дослідженні є отримання основних характеристик дорожнього руху, а також витрат часу, необхідних для переміщення автомобілів по ділянці дороги, що моделюється, при різних схемах організації руху, різних значеннях інтенсивності, складу і цілей руху.

Побудована як імітаційна модель функціонування ділянки кільцевої дороги враховує як цілі, так і склад руху. Через урахування впливу різних технічних засобів ОДР при визначених інженерно-планувальних рішеннях автомобільної дороги можуть бути досліджені різні поєднання інтенсивності, складу і цілей руху, а також визначені для них раціональні схеми організації дорожнього руху сумісного руху транзитних і місцевих транспортних потоків.

Виходячи з поставлених завдань дослідження та на підставі отриманих кореляційних залежностей, розроблені підходи щодо прийняття рішень по раціональній організації руху транспортних потоків, а також удосконаленню інженерно-планувальних рішень для поліпшення

умов руху транспортних потоків автомобільними дорогами у приміських зонах міст України.

Ці підходи дозволяють оцінювати процес функціонування основних смуг руху автомобільних доріг у зоні впливу транспортної розв'язки, показнику ефективності функціонування транспортної системи, її надійності, стійкості та перешкодозахищеності як резерву раціональної інтенсивності руху транспортних потоків.

Результати статті можна використовувати при проектуванні автомобільних доріг приміської зони, а також для удосконалення їхнього функціонування.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ, ПРИМІСЬКА ЗОНА, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ, КІЛЬЦЕВА АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА.

#### **ABSTRACT**

Lanovy O.T., Kiselyov V.B., Kosharny O.M., Kosharny V.O. Experimental studies of the characteristics of traffic flows on the highways of suburban areas of Ukrainian cities. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences»*. Scientific, scientific and industrial journal. – K.: NTU, 2024. – Issue 1 (58).

The article examines the study of the characteristics of traffic flows on highways in the suburban areas of Ukrainian cities.

The object of the research is traffic flows when driving on highways in suburban areas.

The research method is simulation modeling.

The purpose of the work is to publish the characteristics of traffic flows obtained through simulation modeling on highways in suburban areas of Ukrainian cities.

Traffic speeds, which have developed depending on the existing road conditions, are one of the indicators of the efficiency of the road. The difference between the actual and the maximum possible speed indicators for a particular car is due to the difference in driving time and the time spent on deceleration, delays and stops: the smaller they are, the more efficient the traffic conditions. In the process of field studies, delays in movement are implicitly taken into account. It is practically impossible to determine their value in the traditional way.

The movement of the traffic flow in the relationship of all influencing factors is a random process in which the intervals between cars, their speeds and accelerations, the driver's reaction time, etc., are random variables that depend on the composition and intensity of traffic, which depend on the composition and intensity of the flow, goals of drivers and traffic organization.

The use of probabilistic models based on the provisions of the theory of mass service do not allow to sufficiently fully take into account all the diversity of factors of the interaction of cars in the traffic flow. Simulation models implemented thanks to modern computer technology have a number of advantages.

The purpose of simulation modeling in this study is to obtain the main characteristics of traffic, as well as the time required to move cars along the simulated road section, with different schemes of traffic organization, different values of intensity, composition and purposes of traffic.

Built as a simulation model of the functioning of the section of the ring road, it takes into account both the goals and the composition of the traffic. By taking into account the impact of various technical means of road traffic control, various combinations of traffic intensity, composition, and goals can be studied in certain engineering and planning decisions of the road, as well as rational schemes for the organization of road traffic and the simultaneous movement of transit and local traffic flows can be determined for them.

Based on the research objectives and on the basis of the obtained correlational dependencies, approaches have been developed for decision-making on the rational organization of traffic flows, as well as the improvement of engineering and planning solutions to improve the conditions of traffic flows on highways in the suburban areas of Ukrainian cities.

These approaches make it possible to evaluate the process of functioning of the main traffic lanes of highways in the zone of influence of the transport interchange, an indicator of the efficiency of the functioning of the transport system, its reliability, stability and interference protection as a reserve for the rational intensity of traffic flows.

The results of the article can be used in the design of highways in the suburban area, as well as to improve their functioning.

**KEY WORDS:** AUTOMOBILE ROADS, SUBURBAN AREA, SIMULATION MODELING, TRANSPORT FLOWS, RING ROAD.



**АВТОРИ:**

Лановий Олександр Тимофійович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, Київ, Україна, al.lanovoy@gmail.com, +38(063)932-03-41., <https://orcid.org/0000-0002-0717-9870>

Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики, Київ, Україна, kvbglush1953@gmail.co, тел. +380674657845, <https://orcid.org/0000-0003-3437-2825>

Кошарний Олександр Миколайович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, o.kosharnyi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5969-4858>

Кошарний Владислав Олександрович, аспірант Національний транспортний університет, кафедра «Технічна експлуатація автомобілів», vlad.kosharnyi@gmail.com, тел. +380678903584 Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омеляновича-Павленка 1. к. 410, [orcid.org/0000-0001-6203-2567](https://orcid.org/0000-0001-6203-2567)

**AUTHORS:**

Lanovyi Oleksandr Tymofiiovych, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380639320341, <https://orcid.org/0000-0002-0717-9870>

Kiselyov Volodymyr Borysovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tavriya National University named after VI Vernadsky, Kyiv, Ukraine, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380674657845, <https://orcid.org/0000-0003-3437-2825>

Kosharnyi Oleksandr Mykolayovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: o.kosharnyi@gmail.com, tel. +380673771861, <https://orcid.org/0000-0002-5969-4858>

Vladyslav Oleksandrovich Kosharnyi, postgraduate student, National Transport University, department "Technical operation of vehicles", vlad.kosharnyi@gmail.com, tel. +380678903584 Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka 1. k. 410, [orcid.org/0000-0001-6203-2567](https://orcid.org/0000-0001-6203-2567)

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Медведев М.Г.. доктор технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики, Київ, Україна

Прокудін Г.С. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

M.G. Medvedev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tavri National University named after V.I. Vernadskyi, professor of the department of general engineering disciplines and thermal power engineering, Kyiv, Ukraine

Prokudin G.S, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of International Transport and Customs Control, Kyiv, Ukraine.