

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ МІСТА ЗА ДАНИМИ GPS ТРЕКУ

Рябушенко О.В., к.т.н., доц., Наглюк І.С., д.т.н., проф., Шевцов Д.Д., асп.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Досліджено режим руху легкового автомобіля в транспортному потоці в місті Харкові методом аналізу GPS треку. В результаті отримані графіки зміни швидкості руху автомобіля у часі та по довжині маршруту. Встановлені значення показників режиму руху автомобіля: середня технічна швидкість, темп руху, питомий час у русі, питомий час простою, шум прискорення, градієнт швидкості, градієнт енергії. Досліджено зміну зазначених показників за окремими ділянками маршруту від окраїни до центру міста.

Ключові слова: *дорожній рух, аналіз GPS треку, темп руху, середня технічна швидкість, енергетичні критерії дорожнього руху, показники якості дорожнього руху.*

Вступ. Автомобільний транспорт обслуговує майже всі сфери діяльності суспільства, тому забезпечення високих показників якості організації дорожнього руху є одним із головних завдань транспортної галузі. Головним інтегральним критерієм ефективності транспортної галузі в кінцевому вимірі виступає час сполучення вантажів або пасажирів між кінцевими пунктами. Це обумовлює прагнення до збільшення середньої технічної швидкості транспортних засобів в умовах зростаючих вимог до забезпечення безпеки дорожнього руху. Особливо гостро означені проблеми постають у крупних та найкрупніших містах, оскільки торкаються базових понять про мобільність людини та транспортну доступність територій. Створення сприятливих умов руху транспорту по вулично-дорожній мережі (ВДМ) є одним із головних напрямів вирішення транспортних проблем мегаполісів, тому при розробці організаційних заходів та управлінських рішень в цій сфері варто спиратися на результати досліджень в умовах існуючої транспортної системи України.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Визначення фактичного стану якості дорожнього руху на ділянках ВДМ міста в практиці організації дорожнього руху (ОДР) зазвичай є першим етапом при проектуванні заходів в цій сфері [1]. Можна виділити два основних підходи до оцінки якості дорожнього руху - використання приватних критеріїв і використання інтегральних критеріїв.

Приватні критерії відповідають певним завданням дослідження, їх цільовим установкам і не можуть розглядатися ізольовано від них [2]. У свою чергу, самі погляди на цілі і методи ОДР, їх пріоритетність постійно еволюціонують. На перший план виходять проблеми надмірної залежності населення від індивідуального транспорту, перевантаженість міст, і особливо їх центрів.

Приватні критерії оцінки якості ОДР розглянуті в багатьох публікаціях [1,2]. Найчастіше з них використовуються: швидкість сполучення; коефіцієнт використання швидкісного режиму; витрати часу на пересування (темп руху); питомі витрати палива; частота та тривалість затримок; метод конфліктних ситуацій; енергетичні критерії; викиди шкідливих речовин; критерії аварійності.

При цьому найбільш доцільним є використання критеріїв, що відповідають практиці або специфічними дослідницькими цілями. Важливе значення для оцінки ефективності дорожнього руху мають критерії, які дозволяють відповідати на питання, якою мірою можна досягти позитивних результатів у забезпеченні покращення показників транспортного процесу або безпеки дорожнього руху [2].

У якості інтегрального критерію для оцінки умов руху найчастіше використовується рівень обслуговування (Level of Service, скорочено LOS) дороги, розроблений в США і широко визнаний фахівцями багатьох країн.

Мета і постановка задачі. Найбільш достовірними можна вважати дані про режими руху транспортних засобів, які були експериментально отримані в реальних умовах роботи ВДМ. При наявності реєструючої апаратури такі дослідження можна проводити на стаціонарних постах, наприклад отримувати розподіл швидкостей руху автомобілів в потоці. Недоліком такого методу є те, що він дозволяє отримати характеристики режиму руху лише на окремій ділянці ВДМ.

Більш інформативною характеристикою режиму руху може бути графік зміни миттєвої швидкості в процесі руху. На даний час, з розвитком геоінформаційних технологій та можливостей сучасних систем супутникової навігації з'явилися можливості автоматизованого збору і обробки характеристик руху безлічі рухомих автомобілів. Одним із найбільш перспективних методів отримання даних про режим руху автомобіля є метод аналізу GPS-треків. До переваг даної методики відносить те, що вона враховує всі фактори, що впливають на стан транспортного потоку. Таким чином, використання даних GPS треків навігаційного обладнання транспортних засобів дозволяє здійснювати оцінку і контроль якості організації дорожнього руху в режимі реального часу і при цьому значно знижувати їх трудомісткість [3,4].

З метою визначення показників якості дорожнього руху на ВДМ міста Харкова на кафедрі організації та безпеки дорожнього руху ХНАДУ проводяться спеціальні дослідження методом аналізу GPS треків автомобіля при русі його в якості їздовий лабораторії в транспортному потоці.

Описання методики дослідження. Дослідження проводилися на легковому автомобілі типу седан з робочим об'ємом двигуна 1,8 см³. Для запису GPS треків використовувався навігатор марки Pioneer 7014 та програма GPS-позиціонування Navitel. Запис треків проводилася в форматі *.gpx, що дозволяє зберігати інформацію в довільній формі, при якій обов'язковими є тільки довгота і широта точок треку. Для первинної обробки треків і перекладу отриманих характеристик в формат електронних таблиць використовується програма GPS Track Editor. Для вивантаження вихідної інформації про характеристики треків та подальшої обробки даних, використовується пакет Excel.

В якості експериментального маршруту був обраний маршрут, початковими і кінцевими точками яких були відповідно: перетин окружної автомобільної дороги і вулиці Проспект Московський на в'їзді в місто Харків, та Харківський національний автомобільно-дорожній університет (за адресою вул. Ярослава Мудрого, 25).

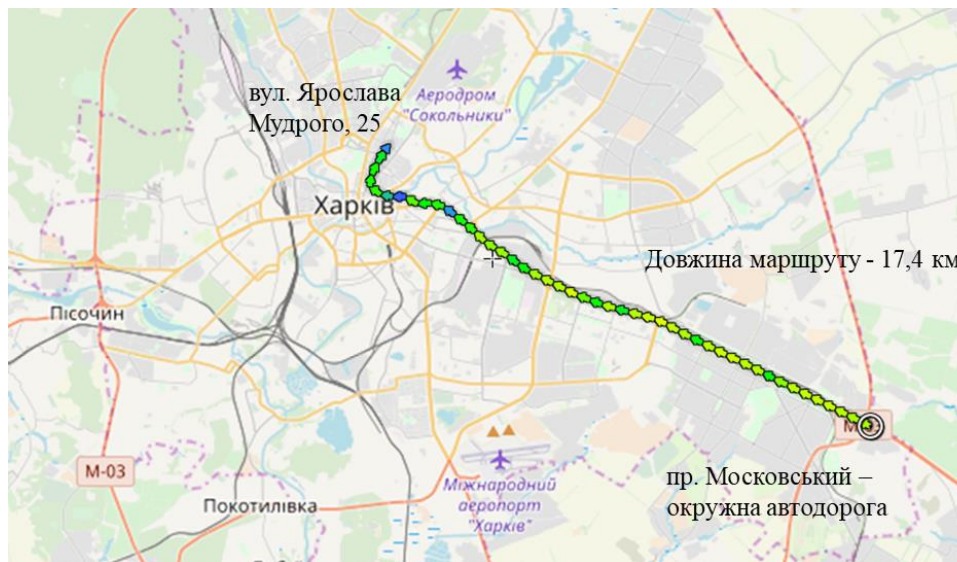


Рис. 1 – Схема експериментального маршруту

Довжину маршруту склала 17,4 км, переважно він пролягав по проспекту Московському – найдовшій магістральній вулиці міста Харкова. Це відповідає типовому маршруту ділові або службові поїздки людини з найвіддаленішого периферійного мегарайону до центру міста.

Дослідження проводилося у будній день тижня у проміжку часу між 10:00 та 11:00 годинами. Автомобіль виконував рух у транспортному потоці із дотриманням усіх вимог Правил дорожнього руху, перевищення швидкості від встановлених значень допускалося не більше як на 10 км/год. В процесі руху не виникали будь-які додаткові затримки з причин, не пов'язаних з організацією дорожнього руху (ДТП, проведення дорожніх робіт, тощо), що могло б вплинути на результати поїздки.

В результаті руху автомобіля був отриманий GPS трек, який надалі був перетворений на масив даних, що представляв собою записані з інтервалом одна секунда дані: глобальні координати автомобіля; дата та час запису; час з моменту початку запису (гг:хв:с); миттєва швидкість руху (км/год); відстань, пройдена за один шаг запису (м); накопичена відстань з моменту початку запису (км).

Результати досліджень. Найбільш чутливим до дорожніх умов та стану транспортного потоку є миттєва швидкість руху автомобіля, оскільки вона є безпосереднім результатом транспортного процесу. Тривалість інтервалу фіксації параметрів руху автомобіля в 1 с дозволяє отримати графіки руху автомобіля в координатах час-відстань, відстань-швидкість, час-швидкість (рис. 2).

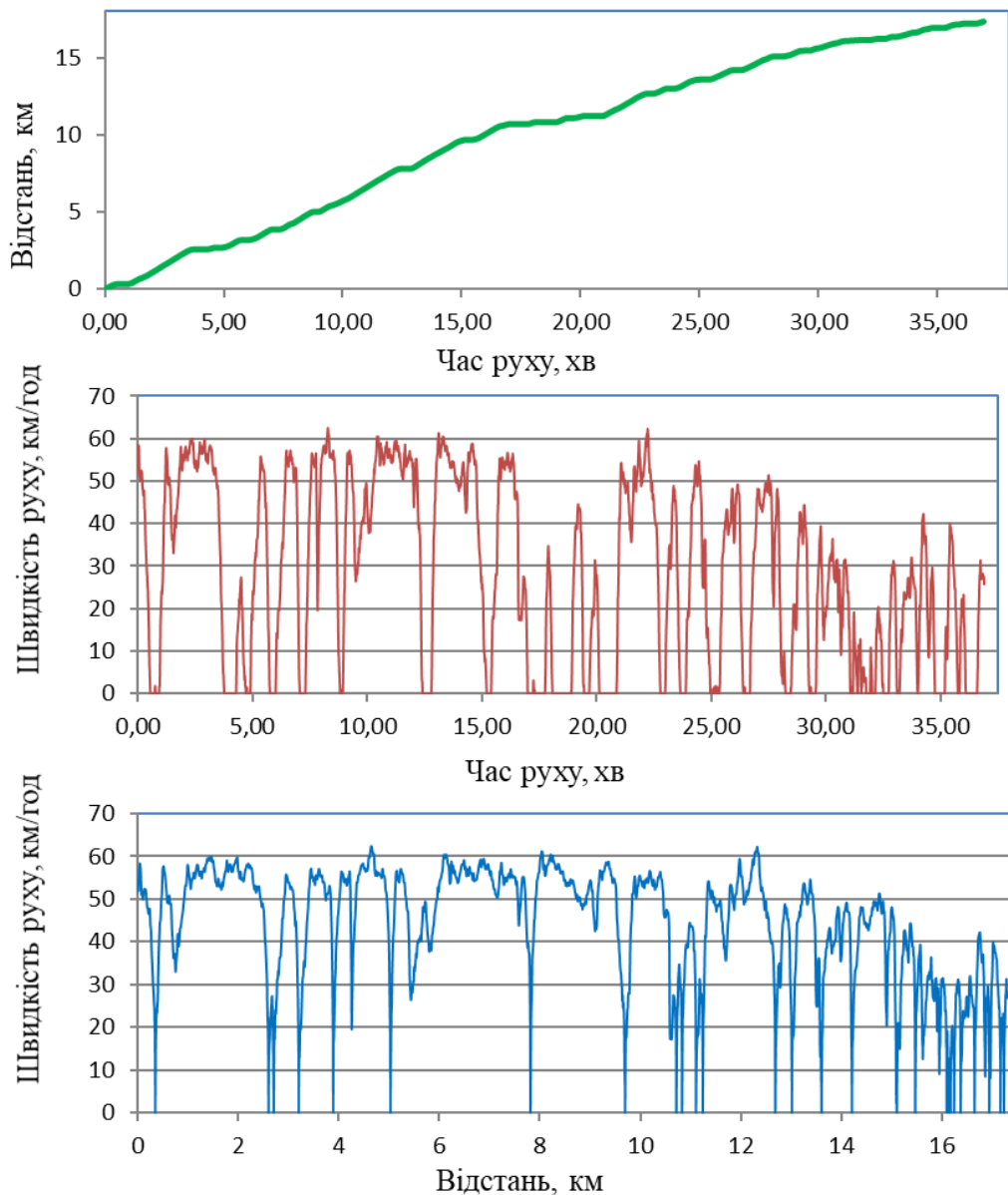


Рис. 2 – Графіки руху автомобіля експериментальним маршрутом

На наведених діаграмах можна побачити, що під час руху автомобіля спостерігаються значні коливання швидкості руху. Більш стабільним режим руху є на початку маршруту, де він пролягає цілком по магістральній вулиці міського значення, у той час як в межах центральної частині міста спостерігаються зупинки та рух у режимі «старт-стоп». Окрім більш високих середніх значень швидкості руху на початку маршруту, затримки руху тут спостерігаються у вигляді поодиноких простоїв на підходах до перехрестя. Наприкінці маршруту затримки та простої виникають частіше, які крім іншого обумовлені збільшенням ступеня завантаження дороги та виникненням заторових ситуацій.

В результаті обробки отриманих даних можна розрахувати основні показники якості режиму автомобіля руху на експериментальному маршруті.

Оскільки за умовами експерименту маршруту автомобіль рухався в

умовах реального транспортного потоку від початкового пункту до кінцевого, зупинки відбувалися лише з причин, пов'язаних з організацією дорожнього руху. Середня технічна швидкість на досліджуваному маршруті розраховувалася за формулою

$$V_T = \frac{60 \cdot L_M}{T_p}, \quad (1)$$

де: L_M - довжина ділянки, км; T_p - час руху, хв.

Середня технічна швидкість за маршрутом склала 28,2 км/год, що є досить низьким показником як для легкового автомобіля.

Темп руху автомобіля визначався за формулою

$$T = \frac{60}{V_T}, \quad (2)$$

де: V_T - технічна швидкість, км/год.

Питомий час автомобіля в русі та питомий час простою визначаються

$$T_r = \frac{60}{V_r}; \quad (3)$$

$$T_s = \frac{\sum t_s}{L_M}, \quad (4)$$

де: V_r - середня швидкість у русі (швидкість руху не менша за 5 км/год), км/год.; $\sum t_s$ - сумарна тривалість інтервалів простою, хв.; L_M - довжина маршруту, км.

Для якості процесу дорожнього руху також застосовуються відомі енергетичні критерії: шум прискорення, градієнт швидкості, градієнт енергії [2]. Ці показники дозволяють оцінити такі важливі властивості дорожнього руху як стабільність режиму руху і затримки руху, а також характеризують напруженість роботи водія в процесі керування автомобілем.

Шум прискорення розраховувався за залежністю [1]

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{T_p} \cdot \sum_{i=1}^n (j_t - \bar{j}_t)^2}, \quad (5)$$

де: j_t - прискорення, м/с²; \bar{j}_t - середнє значення прискорення, м/с²;
 T_p - час руху, с.

Градiєнт швидкостi визначався як [1]

$$G_V = \frac{\sigma_a}{V_T}, \quad (6)$$

Градiєнт енергiї визначався за формулою [1]

$$G_E = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (j_i \cdot V_i - \overline{j_i \cdot V_i})^2}, \quad (7)$$

де: $\overline{j_i \cdot V}$ - середнє значення твору прискорення та швидкостi, м²/с³.

Отриманi розрахунковi значення показникiв руху автомобiля за обраним маршрутом наведенi в таблицi 1.

Таблиця 1 – Результати розрахункiв показникiв режиму руху

Показник	Витрачений час, хв.	Технiчна швидкiсть, км/год	Темп руху, хв./км	Питомий час в русi, хв./км	Питомого часу простою, хв./км	Шум прискорення, м/с ²	Градiєнт швидкостi, с ⁻¹	Градiєнт енергiї, м/с ²
Значення	36,93	28,21	2,13	1,68	0,57	0,838	0,0297	0,747

Також було дослiджено змiни умов руху автомобiля на рiзних дiлянках маршруту при наближеннi до центральної частини мiста. Для цього експериментальний маршрут був розбитий на окреми дiлянки довжиною 1 км, для яких були окремо розрахованi значення показникiв режиму руху автомобiля. Результати розрахункiв наведенi в виглядi графiчних залежностей на рисунках 3-6. На графiках також вiдображенi лiнiйнi тренди та вiдповiднi рiвняння регресiї.

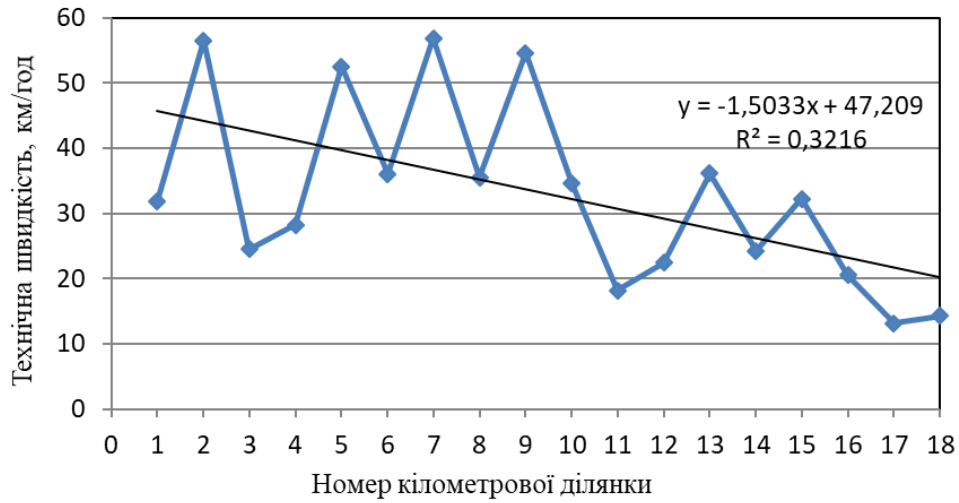


Рис. 3 - Зміни технічної швидкості по довжині маршруту

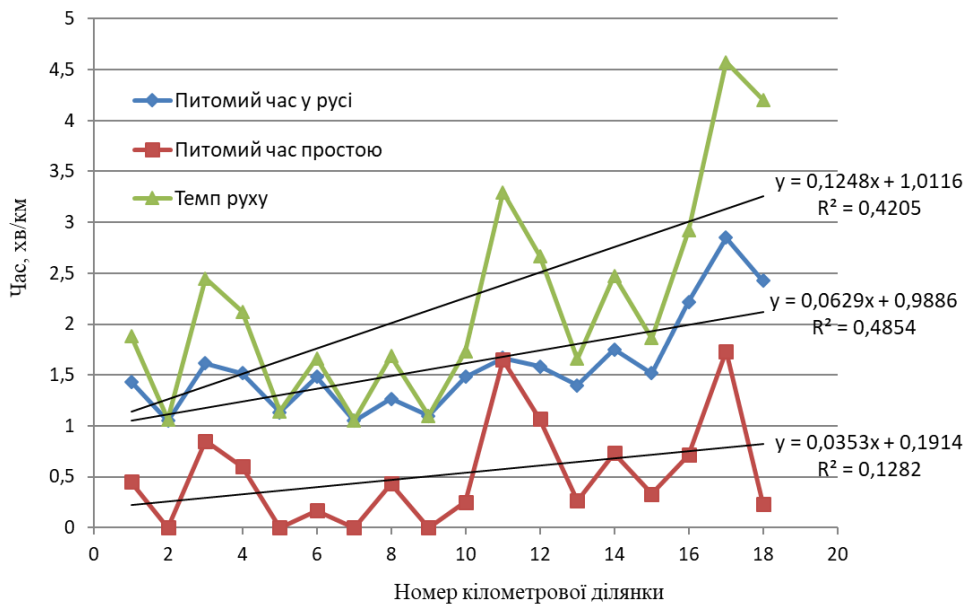


Рис. 4 - Зміна показників часу руху по відрізках маршруту

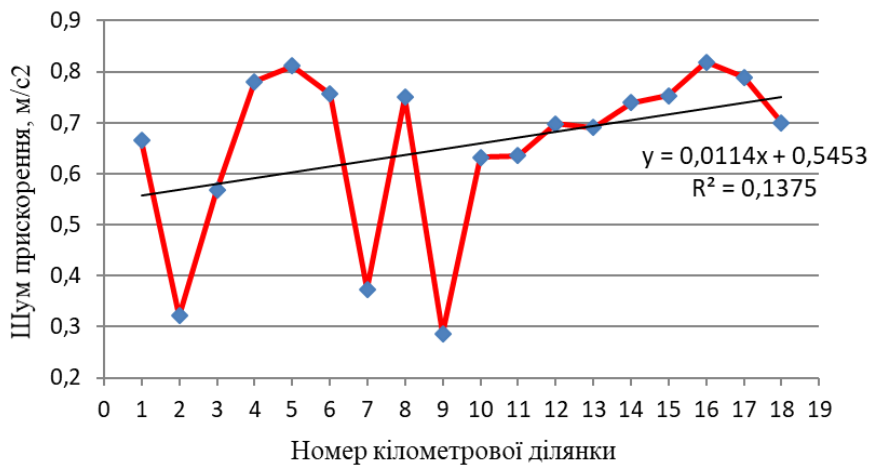


Рис. 5 - Зміна шуму прискорення по відрізках маршруту

З графіку (рис. 3) можна побачити наявність тренду до зменшення технічної швидкості при наближенні до центру міста. Це пояснюється збільшенням ступеня завантаження доріг в межах центральної ділової частини міста та як наслідок, появою додаткових затримок руху автомобіля.

Значне розкидання результатів розрахунку шуму прискорення по ділянках, особливо на першій половині маршруту, можна пояснити локальними змінами транспортних умов при проїзді перехрещень доріг.

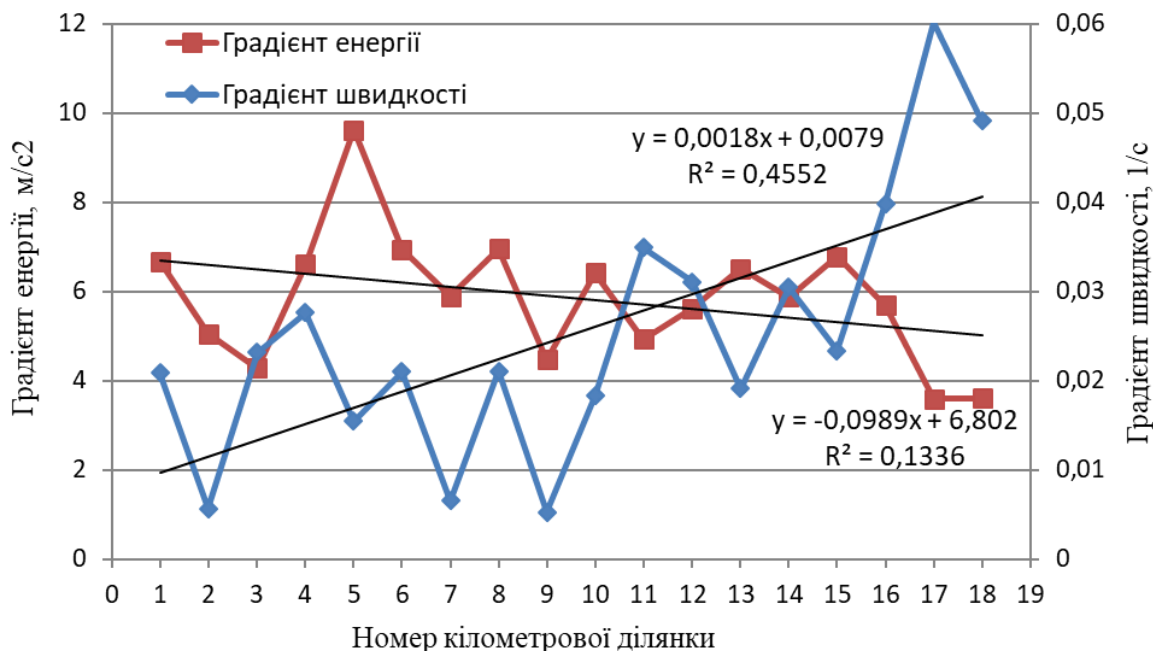


Рис. 6 - Зміна градієнту швидкості та градієнту енергії по відрізках маршруту

Як можна спостерігати з графіків, з наближенням до центральної частини міста в цілому спостерігається погіршення умов руху за енергетичними критеріями. Причиною може бути:

1. Полягання значної частини обраного маршруту по магістральній вулиці міського значення з незначним рівнем завантаження рухом, що на початку маршруту дозволило в значній мірі використовувати підвищену швидкість руху.

2. Занадто великі тривалості циклів світлофорного регулювання на перехрестях уздовж магістральної вулиці, що призводило до зростання затримок руху у випадку, коли автомобіль зупинявся на забороняючий сигнал.

Енергетичні показники, як видно з рис. 5 та 6, в цілому не набувають занадто великих змінень. Зменшення шуму прискорення та градієнту енергії на початку маршруту є очікуваним результатом за рахунок зниження величини прискорень-уповільнень. З графіку зміни градієнту швидкості можна побачити, що даний показник починає стрімко зростати після відмітки 10 км, що може вказувати на якісну зміну умов руху.

Висновки за результатами дослідження. Для об'єктивної оцінки умов руху на ВДМ крупних та найкрупніших міст може бути використана методика аналізу GPS треків руху автомобіля в транспортному потоці.

В результаті обробки отриманих даних були побудовані графіки руху автомобіля в координатах відстань-швидкість та час-швидкість. Отримані значення таких показників якості дорожнього руху, як технічна швидкість, темп руху, питомий час у русі, шум прискорення, градієнт швидкості та градієнт енергії

дозволяють оцінити стан дорожнього руху на окремих ділянках ВДМ міста.

Розрахунки для окремих кілометрових ділянок маршруту дозволили дослідити зміну показників якості дорожнього руху по довжині маршруту по мірі наближення до центру міста. При цьому спостерігається тренд до зниження технічної швидкості руху, зростання питомих витрат часу. Також можна спостерігати значну зміну показника градієнт швидкості при в'їзді в центральну частину міста.

Список використаних джерел

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев // Учеб. для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М: Транспорт, 2001 – 247 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю - М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
3. Рябушенко О.В. Вплив обмеження швидкості на показники ефективності дорожнього руху в умовах великого міста / Рябушенко О.В., Наглюк І.С. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017.– №1(10).– С. 97-101.
4. Басков В.Н. Оценка условий дорожного движения с учетом показателей транспортного потока / В.Н. Басков, Н.Г. Белобрыкина // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 35. – С. 171–175.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ПО ДАННЫМ GPS ТРЕКА

Рябушенко А.В., Наглюк И.С., Шевцов Д.Д.

Исследован режим движения легкового автомобиля в транспортном потоке в городе Харькове методом анализа GPS трека. Получены графики изменения скорости движения автомобиля во времени и по длине маршрута. Установлены значения показателей режима движения автомобиля: средняя техническая скорость, темп движения, удельный время в движении, удельный время простоя, шум ускорения, градиент скорости, градиент энергии. Исследовано изменение указанных показателей по отдельным участкам маршрута от окраины к центру города.

Abstract

THE RESEARCH OF THE DRIVING MODE OF THE VEHICLE IN THE URBAN CONDITIONS ACCORDING TO GPS TRACK

A.V. Ryabushenko, I.S. Naglyuk, D.D. Shevtsov

The article is considered the driving mode of a car in a traffic flow in the city of Kharkiv using the GPS track analysis method. The graphs of changes in the movement speed of the vehicle in time and along the route were obtained. The values of indicators of the driving mode of the car were established: average technical speed, rate of movement, specific time in motion, specific idle time, acceleration noise, speed gradient, energy gradient. The change in these indicators for individual sections of the route from the outskirts to the city center was investigated.