

УДК 656.13

ДО ПИТАННЯ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

В.В. Ширін, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Проведено аналіз відомих систем та методів автоматизованого управління дорожнім рухом у містах. Сформульовано загальні вимоги, задачі й функції автоматизованих систем управління дорожнім рухом. Запропоновано додаткові керуючі та інформаційні функції автоматизованих систем управління дорожнім рухом.*

***Ключові слова:** автоматизована система управління дорожнім рухом, транспортний потік.*

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В.В. Ширин, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

***Аннотация.** Проведен анализ известных систем и методов автоматизированного управления дорожным движением в городах. Сформулированы общие требования, задачи и функции автоматизированных систем управления дорожным движением. Предложены дополнительные управляющие и информационные функции автоматизированных систем управления дорожным движением.*

***Ключевые слова:** автоматизированная система управления дорожным движением, транспортный поток.*

THE QUESTION OF DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEMS FOR TRAFFIC MANAGEMENT

V. Shirin, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkov National Automobile and Highway University

***Abstract.** The current systems and methods for automated traffic management in cities are analyzed. The management in cities is analyzed. The management levels are specified. There were formulated the general requirements, objectives and functions of the automated systems for traffic management with regard to the modern transport problems as well as proposed their additional management and information functions. A phased approach to the implementation of projects on creation of automated systems of traffic management is offered.*

***Key words:** automated system of traffic control, traffic flow, management level, functions of control systems, traffic.*

Вступ

Сучасні крупні та крупніші міста України характеризуються досить розвинутою транспортною інфраструктурою, однак їх охоплює «транспортний параліч», причиною якого є постійне зростання парку індивідуального

транспорту на вулицях і дорогах, відсутність системного підходу до вирішення задач організації руху і, як наслідок, низька якість управління транспортними та пішохідними потоками. Особливо слід відзначити той факт, що в сучасних містах-мільйонниках лише формально існують автоматизовані си-

стеми управління дорожнім рухом (АСУДР), обладнання яких є застарілим морально і фізично. Існуючі АСУДР на сьогодні не в змозі справлятися із завданнями, покладеними на сучасні системи управління.

Сьогодні особлива увага приділяється реконструкції вулично-дорожньої мережі (ВДМ), а роботи, в основному, стосуються підвищення рівня якості дорожнього полотна, тоді як організаційні аспекти реконструкції позбавлені належної уваги. Застосований на ВДМ сучасних міст комплекс технічних засобів організації дорожнього руху є малоефективним, оскільки проекти організації руху виконуються на локальних об'єктах, що тягне за собою неузгоджену роботу комплексу технічних засобів організації дорожнього руху на елементах ВДМ і, як наслідок, неефективний дорожній рух із частими зупинками на шляху прямування, незадовільні екологічні характеристики й підвищену витрату палива.

Отже, сформувалася гостра потреба у впорядкуванні схем організації руху на ВДМ крупних і крупніших міст, застосуванні ефективних методів управління транспортними потоками (адаптивне, координоване, маршрутизоване управління та ін.), а також в організації системи, яка дозволить оперативно впливати на дорожню ситуацію в режимі реального часу.

Аналіз публікацій

Останнім часом велика увага приділялася проблемі забезпечення автотранспортного комплексу міст технічними засобами регулювання дорожнього руху. Системні вирішення цієї проблеми були запропоновані як вітчизняними, так і закордонними виробничими підприємствами. Широко відомі такі автоматизовані системи управління дорожнім рухом: «Аріадна-А», «Комкон-АСУДД», «Simatic Process Control System 7», «Старт-КВІН», «СТАРТ», «Думка», «АСУДД АГАТ». Особливістю застосування цих комплексів технічних засобів управління дорожнім рухом є необхідність визначення і передачі на них керуючих параметрів, отриманих на підставі інформації про поточний стан транспортного потоку і вулично-дорожньої мережі.

Відомі дослідження методів та моделей, що застосовуються в існуючих АСУДР, як вітчизняних [1–4], так і закордонних [5–10]

вчених, фахівців. Окремі роботи присвячені розробці й удосконаленню систем автоматизованого управління як на системному [1, 2, 7], так і на локальному рівнях [4, 8, 11].

Існуючі методи управління транспортними потоками за територіальною ознакою управління можна поділити на:

- локальне управління на окремих перехрестях ВДМ;
- зональне управління на окремій магістралі міської ВДМ;
- зональне управління дорожнім рухом на ВДМ окремого району міста;
- системне управління дорожнім рухом на загальноміській ВДМ.

Методи управління транспортними потоками на локальному рівні широко відомі, і їх можна поділити за гнучкістю циклу і фазами світлофорного регулювання на:

- регулювання з попередньо встановленими жорсткими параметрами керування;
- регулювання з вибором програм управління з поточної транспортної ситуації на перехресті;
- повністю гнучке регулювання.

При зональному управлінні, як на окремих магістралях, так і на ВДМ окремого району, найбільш поширеними є алгоритми, що базуються на застосуванні заздалегідь розрахованих базових програм координації (бібліотеки базових програм). Зміна програм дозволяє з деякою затримкою реалізувати режим управління відповідно до реальних умов руху. Перехід з однієї програми на іншу здійснюється поступово шляхом скорочення або подовження окремих фаз у встановлених межах. Кількість програм може становити від одного до декількох десятків.

Системні методи керування дорожнім рухом можна поділити на дві групи:

- такі, що ґрунтуються на застосуванні базових програм координації роботи світлофорних об'єктів із вибором цих програм за заданими критеріями з різними типами корекції;
- такі, що дозволяють виробляти необхідні керуючі сигнали за інформацією, що надходить з об'єкта безпосередньо у процесі управління.

Системне управління забезпечує підвищення ефективності руху ТП в зоні, що охоплює безліч пов'язаних перехресть і здійснюється

за характеристиками макромоделей транспортних потоків.

Аналіз джерел свідчить про відсутність єдиних вимог до систем управління дорожнім рухом, різні задачі й функції систем.

Мета і постановка завдання

Метою цієї роботи є формулювання головних принципів побудови АСУДР на вулично-дорожній мережі міст, вимоги до їх функціональних можливостей і задач.

Зважаючи, що рівень завантаження окремих ділянок ВДМ перевищує межу ефективного руху (65 % використання пропускної здатності дороги), застосування відомих способів управління дорожнім рухом може супроводжуватись складнощами, тому актуальним завданням є розширення керуючих та інформаційних функцій систем управління дорожнім рухом, які дозволять більш раціонально використовувати пропускну здатність ВДМ міста в цілому.

Впровадження АСУДР на вулично-дорожній мережі міст вимагає значних капіталовкладень, що спричиняє відтермінування їх реалізації, тому доцільно розглянути можливість поетапного розвитку таких систем.

Принципи побудови, основні задачі автоматизованих систем управління дорожнім рухом на ВДМ міст

АСУДР являє собою комплекс технічних, програмних та організаційних засобів, що забезпечують автоматичний збір й обробку інформації про транспортні і пішохідні потоки, а також оптимізоване управління дорожнім рухом у рамках обмежень, що накладаються умовами руху.

АСУДР міста призначена для управління рухом транспортних та пішохідних потоків шляхом інформаційного впливу з метою досягнення раціональних режимів руху. До АСУДР міст висувається ряд основних вимог:

- АСУДР міста повинна бути сформована за модульним принципом, що виключить вплив відмови окремого об'єкта або каналу зв'язку на працездатність інших об'єктів системи;
- АСУДР міста повинна мати відкриту архітектуру системи, що дасть можливість подальшої модернізації й розширення системи,

забезпечити можливість підключення до системи інших, не передбачених на першому етапі реалізації системи, вулиць і знову споруджуваних об'єктів, відповідно до генерального плану і перспективної програми розвитку та реконструкції ВДМ міста;

- АСУДР міста повинна відповідати принципу спадкоємності, що дасть можливість об'єднати в системі існуюче обладнання (дорожні контролери, світлофори, пристрої відеоспостереження, табло виклику, пішохідні лінії зв'язку та ін.) на елементах ВДМ, що відповідає сучасним вимогам до технічних засобів організації дорожнього руху;
- АСУДР міста повинна бути забезпечена системою захисту від несанкціонованого доступу.

Першочерговими задачами, які покликана вирішувати АСУДР міста, є підвищення практичної пропускної здатності ВДМ застосуванням методів координованого і маршрутизованого управління, забезпечення пріоритетного проїзду завантажених перетинів спеціальними маршрутними транспортними засобами, забезпечення в'їзду-виїзду в окремі зони ВДМ міста під час проведення масових заходів або у спеціальних умовах.

Функції автоматизованих систем управління дорожнім рухом на ВДМ міст

До основних керуючих функцій, які повинна забезпечити АСУДР міст, слід віднести:

- ручне управління світлофорною сигналізацією через виносний пульт управління, за необхідності оперативного втручання у процес дорожнього руху – режими виклику фази, «жовтого миготіння», відключення світлофорів;
- ручне управління світлофорною сигналізацією через виносний пульт управління, за необхідності оперативного втручання у процес дорожнього руху – режим «зеленої вулиці» для надання пріоритетів у перетинанні перехресть спеціального транспорту за заданим або довільним маршрутом;
- диспетчерське управління світлофорною сигналізацією з центрального керуючого пункту, за необхідності оперативного втручання у процес дорожнього руху – режими виклику фази, «жовтого миготіння», відключення світлофорів;
- жорстке координоване управління за командами центрального керуючого пункту за задалегідь заданими програмами координа-

ції, вибір програм за запитом оператора, за часом доби;

- гнучке координоване управління за параметрами транспортних потоків, одержуваних від детекторів транспорту з урахуванням реальної транспортної ситуації;
- локальне гнучке управління за параметрами транспортних потоків, одержуваних від детекторів транспорту;
- локальне жорстке управління з резервною програмою;
- АСУДР міста також повинна забезпечувати не тільки управління сигналами світлофорів, але й управляти багатопозиційними дорожніми знаками, зображення на яких автоматично змінюється з урахуванням конкретної ситуації руху, що забезпечить можливість впровадження перспективного напрямку в галузі регулювання дорожнього руху, а саме перерозподіл транспортних потоків на ВДМ з урахуванням ступеня завантаження її елементів – перегонів і перехресть.

Інформаційні функції АСУДР є такими:

- забезпечення можливості візуального спостереження за дорожнім рухом на ділянках ВДМ;
- формування сигналів про порушення Правил дорожнього руху;
- збір інформації про обстановку на перехрестях, основних транспортних магістралях, під'їзних коліях тощо, щодо інтенсивності руху, щільності, виникнення аварійних ситуацій та інших характеристик транспортних потоків;
- відеомоніторинг автошляхів з метою фіксації та оперативного реагування на виникнення заторів;
- архівація отриманих відеоданих із можливістю подальшого їх перегляду у разі виникнення такої потреби;
- автоматична реєстрація порушень у роботі складових частин АСУДР і сповіщення робочого персоналу про їх виникнення, можливі причини та шляхи виправлення ситуації;
- фіксація протоколу роботи АСУДР для забезпечення можливості подальшого аналізу даних.

Етапи розвитку автоматизованих систем управління дорожнім рухом у містах

Впровадження нової або реконструкція існуючої АСУДР міста вимагає значних капіталовкладень, що зумовлено необхідністю

проведення великого обсягу проектних робіт, реконструкції існуючих і будівництва нових світлофорних об'єктів. Обмежене фінансування реконструкції АСУДР зумовлює необхідність виділення об'єктів управління, що підлягають включенню до АСУДР на різних етапах.

У першу чергу слід виділити транспортні магістралі (не потребують значних капіталовкладень) і визначити сукупність світлофорних об'єктів на них для забезпечення повноцінних функцій АСУДР (управління транспортними потоками за принципом «зелена хвиля», «зелена вулиця» та ін.).

Необхідність формування груп світлофорних об'єктів на основних транспортних магістралях міста зумовлена основними завданнями та вимогами, покладеними на АСУДР, а саме:

- підвищенням безпеки дорожнього руху;
- організацією координованого (за принципом «зелена хвиля») і маршрутизованого (за принципом «зелена вулиця») управління транспортними потоками;
- мінімізацією середнього часу відновлення комплексу технічних засобів АСУДР.

У разі обмеженого фінансування пропонується передбачити наступні стадії побудови нових або реконструкції існуючих АСУДР міст:

I – Створення центрального керуючого пункту із застосуванням сучасного обладнання та програмно-обчислювального комплексу, а також запровадження автоматизованого управління (підключення до центрального керуючого пункту) основних транспортних магістралей міста, виділених у першу чергу, з необхідною модернізацією і будівництвом світлофорних об'єктів;

II – Удосконалення схеми руху транспортних потоків з подальшим підключенням до центрального керуючого пункту світлофорних об'єктів у центральній частині міста;

III – Запровадження автоматизованого управління (підключення до центрального керуючого пункту) транспортних магістралей міста, виділених на наступні етапи, з необхідною модернізацією і будівництвом світлофорних об'єктів.

Для підвищення ефективності управління дорожнім рухом пропонується включити до комплексу технічних засобів організації дорожнього руху інформаційні табло і керовані

дорожні знаки. Інформаційні табло дозволяють інформувати водіїв транспортних засобів про дорожню ситуацію на шляху прямування по магістралі, і як результат, уникнути простою в заторах. Дорожні інформаційні табло слід застосовувати на основних транспортних вузлах.

Недоліком відомих способів управління на мережі є тимчасове зниження пропускної здатності ВДМ саме в період часу, коли зростає інтенсивність руху (в години «пік») і виникає транспортний затор, який погіршує умови руху на магістралях, а перерозподіл потоків призводить до перенавантаження альтернативних шляхів сполучення. Таким чином, необхідно переглянути підхід до управління в умовах високого ступеня завантаження доріг рухом і спрямувати керуючий вплив не на ліквідацію вже виникаючого транспортного затору, а на попередження його виникнення. Відомий спосіб координованого управління транспортними потоками на магістральних напрямках передбачає рекомендаційний характер впливу на швидкісний режим транспортного потоку (застосовуються дорожні знаки 5.30 згідно ДСТУ 4100:2014), що призводить до рандомності параметрів руху і значного розосередження «пачки» автомобілів, в результаті чого зменшується частка потоку, що охоплюється «зеленою хвилею», і знижується ефективність управління.

Для максимального забезпечення функцій АСУДР міст, окрім світлофорів, пропонується застосовувати керовані дорожні знаки (динамічне управління швидкістю), на які повинна виводитися інформація щодо розрахункової й необхідної в даний момент швидкості руху транспортних засобів на окремих перегонах ВДМ [11]. Керовані дорожні знаки слід застосовувати на перегонах основних магістралей у прямому і зворотному напрямках.

Параметри управління швидкісним режимом визначаються на підставі того, що час руху по всій ділянці повинен бути мінімальним, що відповідає підвищенню ефективності функціонування автомобільної дороги. При цьому довжина ділянки обмеження швидкісного режиму ($l_{\text{огр}}$) повинна бути достатньою для того, щоб водій, в'їжджаючи на нього, мав можливість знизити швидкість руху із заданим уповільненням.

На підставі різниці швидкостей (вільного руху і при обмеженні), на підставі визначення гальмівного шляху визначається довжина зони обмеження швидкісного режиму

$$l_{\text{огр}} = l_{\Delta V} = \Delta V \cdot \left(\tau_c + \frac{\tau_n}{2} \right) + \frac{\Delta V^2}{2 \cdot a_{\text{уст}}} - \frac{a_{\text{уст}} \cdot \tau_n^2}{24}, \quad (1)$$

де τ_c – час запізнення гальмівної системи АТЗ, с; τ_n – час зростання уповільнення або гальмівної сили, с; $a_{\text{уст}}$ – стале уповільнення АТЗ, м/с².

Швидкість руху автомобілів у зоні обмеження визначається на підставі взаємозв'язку основних параметрів транспортного потоку

$$V_{\text{огр}} = \frac{P_{\text{пер}}}{q}, \quad (2)$$

де $P_{\text{пер}}$ – пропускна здатність «вузького місця» на ділянці ВДМ, авт./год; q – щільність транспортного потоку на підході до «вузького місця» на ділянці ВДМ, авт./км;

Суть запропонованого способу попередження виникнення транспортних заторів шляхом управління швидкісним режимом полягає в тому, що на підставі взаємозв'язку основних параметрів транспортного потоку вплив на його швидкість дозволяє обмежити інтенсивність руху на підході до ділянки, де виникає транспортний затор.

Для виведення оперативної інформації про стан дорожньої обстановки і стан об'єктів («справний/несправний», «перевантажений/в нормальному стані») до центрального керуючого пункту слід застосовувати системи відеоспостереження. Це дозволить оператору АСУДР на основі одержаної інформації приймати оперативні рішення щодо обмеження транспортної доступності проблемних (перевантажених) ділянок ВДМ і, як результат, своєчасно ліквідувати затори. Також інформація, отримувана з допомогою підсистеми відеоспостереження, може бути застосована у процесі формування оптимальних керуючих впливів на транспортні й пішохідні потоки.

Функції підсистеми відеоспостереження можуть бути значно розширені включенням у систему блоку накопичення і зберігання

інформації. Блок накопичення і зберігання інформації дасть можливість надалі на базі архівів застосовувати методи прогнозування у процесі управління рухом. Важливою є можливість використання архівів блоку накопичення і збереження інформації в оперативній роботі спеціальних служб (міліція, державтоінспекція, служба безпеки та ін.), оскільки на відеоряді будуть зафіксовані автомобілі, що знаходяться в розшуку, порушення Правил дорожнього руху, інші правопорушення.

Висновки

Сучасний стан автоматизованих систем управління дорожнім рухом на вулично-дорожній мережі міст не дозволяє реалізувати основні задачі, які покладаються на них. Якісні й кількісні зміни параметрів дорожнього руху вимагають розвитку систем управління. На підставі проведеного аналізу літературних джерел було виявлено відсутність єдиних вимог до принципів проектування АСУДР; крім того, різні виробники формують відмінні задачі, які ставлять перед системами.

Підвищення ефективності управління дорожнім рухом може бути досягнуте шляхом застосування програмно-адаптивних методів, за умови формалізації та доведення до практичного застосування задачі визначення керуючих параметрів регулювання дорожнього руху в режимі реального часу і впровадження методів оптимізації в алгоритм визначення керуючих параметрів.

У роботі було запропоновано загальні принципи проектування АСУДР, виділено загальні функції, які вони мають забезпечувати, запропоновано розширення керуючих та інформаційних функцій систем за рахунок застосування динамічного управління та додаткових периферійних технічних засобів організації дорожнього руху, включаючи засоби відеоспостереження.

Запропоновані етапи створення (реконструкції) АСУДР дозволять забезпечити сталий розвиток систем навіть в умовах обмеженого фінансування.

Література

- Капитанов В.Т. Управление транспортными потоками в городах / В.Т. Капитанов, Е.Б. Хилажев . – М.: Транспорт. 1985. – 94 с.
- Четверухін Б.М. Визначення режимів роботи координованого управління світлофорними об'єктами на підходах до зон заспокоєного руху / Б.М. Четверухин, В.Ф. Душкин // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – 2003. – №18. – С. 53–57.
- Полищук В.П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах / Полищук В.П. – К. : КАДИ, 1983. – 95 с.
- Колесников А.Е. Моделирование и оптимизация автоматизированного управления дорожным движением для городской уличной сети: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології» / А.Е. Колесников. – Одесса, 2004. – 20 с.
- Ved P. Reducing Flight Delays through Better Traffic Management / Ved P. Sud, M. Tanino, J. Wetherly and other // Franz Edelman Award for Achievement in Operations Research and the Management Sciences. – 2009. – Vol. 39 №1. – P. 35–45.
- Thomson J. M. The Value of Traffic Management / Thomson J. M. // Journal of Transport Economics and Policy 1968. – Vol. 2, №1 – P. 3–32.
- Kurzhanskiy Alex A. Active traffic management on road networks: a macroscopic approach / Kurzhanskiy Alex A., Varaiya P. // Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. Traffic jams: dynamics and control. – 2010. – Vol. 368, №1928. – P. 4607–4626.
- Голубков А.С. Адаптивное управление дорожным движением на базе системы микроскопического моделирования транспортных потоков / А.С. Голубков, В.А. Царев // Информационно-управляющие системы. – 2010. – Вып. 5. – С. 15–19.
- Капский Д.В. Концепция развития автоматизированных систем управления дорожным движением в Республике Беларусь / Д.В. Капский, Е.Н. Кот // Научно-технический журнал «Вестник БНТУ». – 2005. – №5. – С. 63–66.
- Ширін В. В. Підвищення ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міста: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук 05.22.01

«Транспортні системи» / В.В. Ширін. – Харків, – 2012. – 22 с.

References

1. Kapitanov V.T., Khylazhev E.B. *Upravlenie transportnymi potokami v gorodakh* [The traffic management in the cities], Moscow, Transport Publ., 1985. 94 p.
2. Chetveruhin B.M., Dushnyk V.F. *Vyznachen-nya rezhymiv roboty koordynovanoho upravlinnya svitlofornymy obyektamy na pidkhodakh do zon zaspokoyenoho rukhu* [The definition of modes of coordinated control of traffic lights on the approaches to the zones of calmed traffic]. *Sbornyk nauchnyh trudov «Vestnyk Harkovskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhno-go tehnycheskogo unyversyteta»* [Proc. of the «Bulletin of the Kharkiv state automobile and road technical University»], 2003, no. 18, pp. 53-57.
3. Polyshhuk V.P. *Proektyrovanye avtomatyzirovannyh system upravlenyya dvyzhenyem na avtomobilnyh dorogah* [The design of automated traffic control systems on highways] Kiev, KADY Publ., 1983. 95 p.
4. Kolesny`kov A.E. *Modelyrovanye i optymyzacyya avtomatyzirovannogo upravlenyya dorozhnym dvyzhenyem dlya gorodskoj ulychnoj sety*. Avtoref. dis. na soyskanye uchen. stepeny kand. tehn. nauk: specz. 05.13.06 «Avtomatyzovani systemy upravlinnya ta progresyvni informacijni texnologiyi» [Modeling and optimization of automated control of traffic for an urban street network], Odessa, 2004, 20 p.
5. Ved P. Sud, Tanino M., Wetherly J., Brennan M., Lehky M., Howard K. and Oiesen R. Reducing Flight Delays through Better Traffic Management. Franz Edelman Award for Achievement in Operations Research and the Management Sciences, 2009, Vol. 39, no. 1, pp. 35-45.
6. Thomson J. M. The Value of Traffic Management.. *Journal of Transport Economics and Policy*, 1968, Vol. 2, no. 1, pp. 3-32.
7. Kurzhanskiy Alex A., Varaiya P. Active traffic management on road networks: a macroscopic approach. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. Traffic jams: dynamics and control*, 2010, Vol. 368, no. 1928, pp. 4607-4626.
8. Golubkov A.S., Tsarev V.A. *Adaptyvnoe upravlenye dorozhnym dvyzhenyem na baze systemy mykroskopycheskoho modelyrovannyya transportnykh potokov* [Adaptive traffic management based on microscopic simulation of traffic flows]. *Nauchnyy zhurnal «Ynformatsyonno-upravlyayushchye systemy»* [The scientific journal "Information and control systems"], 2010, no.5, pp.15-19. (In Russ.).
9. Kapskyj D.V., Kot E.N. *Kontseptsyya razvytyya avtomatyzirovannykh system upravlenyya dorozhnym dvyzhenyem v Respublyke Belarus'* [The concept of development of auto-lizirovania management systems road traffic in the Republic of Belarus]. *Nauchno-tehnycheskyj zhurnal «Vestnyk BNTU»* [Scientific and technical journal "Bulletin of the BNTU"], 2005, no. 5, pp. 63-66. (In Russ.).
10. Shyrin V.V. *Pidvyshhennya efektyvnosti funkcionuvannya vulychno-dorozhnoyi merezhi mista*. Avtoref. dis. na soyskanye nauch. stepeny kand. tehn. nauk: specz. 05.22.01 «Transportnye systemy» [The effective functioning of the road network of the city], Kharkov, 2012, 22 p.

Рецензент: І.С. Наглюк, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 14 вересня 2015 р.