

УДК 711:614.8:656.1/.5

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЦЕНТРАЛЬНІЙ ЧАСТИНІ м. ДНІПРО ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО РУХУ

САНЬКОВ П. М.<sup>1</sup>, *к. т. н., доц.*,  
ТКАЧ Н. О.<sup>2\*</sup>, *к. т. н.*,  
ТЬОШИНА Л. О.<sup>3</sup>, *маг.*

<sup>1</sup> Кафедра архітектури, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (050) 149-85-41, e-mail: [petr\\_sankov@mail.ru](mailto:petr_sankov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0898-7992

<sup>2\*</sup> Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +38 (095) 234-52-97, e-mail: [tkach\\_nati@mail.ru](mailto:tkach_nati@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-2695-3980

<sup>3</sup> Факультет промислового та цивільного будівництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, 49600, Україна, тел. +(380)932076938, e-mail: [lidapa@bk.ru](mailto:lidapa@bk.ru), ORCID ID: 0000-0002-8030-0569

**Анотація. Постановка проблеми.** Дослідження транспортних проблем в центральній частині м. Дніпро, пов'язаних з організацією руху по його магістралях. **Методика.** Використання системного підходу до аналітичних досліджень літературних джерел, сучасних розробок фахівців містобудівної екології та безпеки життєдіяльності на предмет організації безпечних умов праці та відпочинку громадян. Методом натурних спостережень здійснено виміри та проведено теоретичні розрахунки основних параметрів руху на магістралях центральної частини міста для розроблення рекомендацій щодо їх оптимізації. **Результати.** Запропоновано методіку організації безпечних умов перебування, праці та відпочинку громадян в центральній частині м. Дніпро за допомогою організації транспортної системи з урахуванням закордонного та вітчизняного досвіду. Запропоновано як один із найважливіших напрямків у розвитку транспортної інфраструктури центральної частини міста сучасний спосіб організації пасажирських перевезень з уточненням маршрутів та категорій транспортних засобів для перевезення пасажирів. Зроблено аналіз та запропоновано рекомендації щодо ліквідації проблем виникнення «пробок» на автотранспортних магістралях у центральній частині м. Дніпро. **Наукова новизна.** Вперше, на основі натурних досліджень та теоретичних розрахунків розроблено три кільцеві маршрути громадського транспорту для підвищення пропускної здатності транспортної мережі центральної частини міста. Науково обґрунтовано необхідну кількість місць для паркування легкового транспорту в центральній частині м. Дніпро. **Практична значимість:** створення безпечних умов життєдіяльності на території центральної частини міста; зменшення об'ємів забруднення центральної частини міста за складовими, спрямоване на захист населення і забудови від шкідливої дії і наслідків забруднення.

*Ключові слова:* транспортний рух; безпечні умови; паркування; маршрут; екологічна безпека

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ г. ДНЕПР ПУТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ДВИЖЕНИЯ

САНЬКОВ П. Н.<sup>1</sup>, *к. т. н., доц.*,  
ТКАЧ Н. А.<sup>2\*</sup>, *к. т. н.*,  
ТЕШИНА Л. О.<sup>3</sup>, *маг.*

<sup>1</sup> Кафедра архитектуры, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, г. Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (050) 149-85-41, e-mail: [petr\\_sankov@mail.ru](mailto:petr_sankov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0898-7992

<sup>2\*</sup> Кафедра экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, г. Днепр, 49600, Украина, тел. +38 (095) 234-52-97, e-mail: [tkach\\_nati@mail.ru](mailto:tkach_nati@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-2695-3980

<sup>3</sup> Факультет промышленного и гражданского строительства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, г. Днепр, 49600, Украина, тел. +(380)932076938, e-mail: [lidapa@bk.ru](mailto:lidapa@bk.ru), ORCID ID: 0000-0002-8030-0569

**Аннотация. Постановка проблемы.** Исследование транспортных проблем в центральной части г. Днепр, связанных с организацией движения по его магистралям. **Методика.** Использование системного подхода при аналитических исследованиях литературных источников, современных разработок специалистов градостроительной экологии и

безпеки життєдіяльності на предмет організації безпечних умов праці та відпочинку громадян. Методом натурних спостережень здійснені заміри та проведені теоретичні розрахунки основних параметрів руху на магістралях центральної частини міста для розробки рекомендацій по їх оптимізації. **Результати.** В роботі запропоновано методика організації безпечних умов перебування, праці та відпочинку громадян в центральній частині м. Дніпро за допомогою організації транспортної системи з урахуванням зарубіжного та вітчизняного досвіду. Представлено як один з найважливіших напрямків в розвитку транспортної інфраструктури центральної частини міста сучасний спосіб організації пасажирських перевезень з уточненням маршрутів та категорій транспортних засобів для перевезення пасажирів. Проведено аналіз та запропоновано рекомендації по ліквідації проблем виникнення «пробок» на автотранспортних магістралях в центральній частині м. Дніпро. **Наукова новизна.** Вперше на основі натурних досліджень та теоретичних розрахунків розроблено три кільцеві маршрути громадського транспорту для підвищення пропускної спроможності транспортної мережі центральної частини міста. Науково обґрунтовано необхідну кількість місць для паркування легкового транспорту в центральній частині міста. **Практична значимість:** створення безпечних умов життєдіяльності на території центральної частини м. Дніпро; зменшення обсягів забруднення центральної частини міста по складовим, спрямоване на захист населення та споруд від шкідливого впливу та наслідків забруднення.

*Ключові слова:* транспортне рух; безпечні умови; паркування; маршрут; екологічна безпека

## OPTIMIZATION OF ECOLOGICAL SAFETY IN THE CENTRAL PART OF THE CITY DNEPR BY ORGANIZING TRAFFIC

SANKOV P.N.<sup>1</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. of Pprof.*

TKACH N.A.<sup>2\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*

TYOSHINA L.O., *master*

<sup>1</sup> Department of Architecture, State Higher Education Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (050) 149-85-41, e-mail: [petr\\_sankov@mail.ru](mailto:petr_sankov@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0898-7992

<sup>2\*</sup> Department of Ecology and Environment Protection, State Higher Education Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (095) 234-52-97, e-mail: [tkach\\_nati@mail.ru](mailto:tkach_nati@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-2695-3980

<sup>3</sup> Faculty of Industrial and Civil Engineering, State Higher Education Establishment "Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +(380)932076938, e-mail: [lidapa@bk.ru](mailto:lidapa@bk.ru), ORCID ID: 0000-0002-8030-0569

**Abstract. Objective.** The study of traffic problems in the central part of Dnipro city related to the organization of traffic on its highways. **Methods.** Using a systematic approach in analytical studies of literary sources, modern development of specialists of urban planning, ecology and life for the purpose of organization safe working conditions and rest of the citizens. By the method of field observations carried out measurements and performed the theoretical calculations of the basic parameters of traffic on downtown highways to develop recommendations for optimization. **Results.** In this work proposed technique of organization of safe living conditions, work and rest of the citizens in the central part of the Dnipro city through the organization of the transport system taking into account the foreign and domestic experience. Proposed as one of the most important areas in the development of transport infrastructure of the city center is a modern way of organization of passenger transportation on routes and clarifying the categories of motor vehicle for passenger transport. Conducted the analysis and proposed recommendations to eliminate the problems of a "traffic jams" on the highway in the central part of the Dnipro city. **Scientific novelty.** For the first time, based on field studies and theoretical calculations have been developed three circular routes of public transport to increase the capacity of the downtown transport network. It is scientifically proved the required number of parking places for passenger cars in central part of Dnipro city. **Practical significance** is the creation of safe living conditions in the territory of the city center of Dnipro city; reducing the volume of pollution in the central part of the town of components aimed at protecting the population and buildings from harmful effects and pollution.

*Keywords:* vehicle traffic; safe environment; parking; route; environmental safety

### Вступ

Відновлення пропускної здатності вулиць і доріг, зниження загазованості і шумового навантаження на приміагістральних територіях, а також організація пасажирських перевезень і пішохідного руху – основні з багатьох проблем мегаполісу. У статті зроблено спробу проаналізувати та розробити рекомендації з організації руху на магістралях у центральній частині м. Дніпро та попередження і зменшення впливу на мешканців мегаполісу шуму,

загазованості та підвищення безпеки пішохідного і транспортного руху [1–16].

**Мета статті** – дослідження транспортних проблем у центральній частині м. Дніпро, пов'язаних з організацією руху по його магістралях.

### Методика

Застосовано системний підхід до аналітичних досліджень літературних джерел, сучасних розробок фахівців містобудівної екології та безпеки життєдіяльності на предмет організації безпечних

умов праці та відпочинку громадян. Методом натурних спостережень здійснено виміри та проведено теоретичні розрахунки основних параметрів руху на магістралях центральної частини міста для розроблення рекомендацій щодо їх оптимізації.

**Результати**

У сучасних містах проводиться низка заходів, які сприяють поліпшенню організації руху, підвищенню швидкості та пропускнуєї спроможності вулиць [6; 16]. Найбільш поширений та доступний захід – це регулювання руху та контроль за ним за допомогою світлофорів, дорожніх знаків, маркування проїжджої частини вулиць та влаштування островків безпеки.

Техніка світлофорного регулювання постійно удосконалюється. Найчастіше приймаються світлофори з автоматичною зміною сигналів, яка виробляється електромеханічними та електронними пристроями, за наперед заданою програмою, яка може змінюватися протягом доби. Останнім часом упроваджуються автоматичні світлофори, зміну сигналів яких здійснює сам транспорт, натискаючи на педаль, вмонтовані в проїжджу частину, або через спеціальні датчики, в яких транспорт, їдучи, збуджує індукційні струми. Такі автоматичні світлофори сприяють скороченню затримок руху на перехрестях.

Регулювання руху за допомогою світлофорів може здійснюватися як за незалежною, так і за координованою системою. Координована система регулювання забезпечує безупинний рух транспорту за принципом “зеленої хвилі” або “зеленої вулиці”, з визначеною розрахунковою швидкістю у межах усієї магістралі або її частини. Завдяки “зеленій хвилі”

швидкість руху транспорту може сягати 45 км/год та більше.

На рисунку 1 наведено розподіл часу руху та затримок транспортних засобів упродовж пересування по магістралях міста.

Розділові смуги та островки безпеки сприяють більш чіткій організації руху транспорту, підвищенню безпеки пішоходів та дозволяють застосовувати більш короткі цикли світлофорів.

Більш ефективний захід із поліпшення організації руху та підвищення пропускнуєї здатності – це часткова або повна реконструкція вулиць.

Значно поліпшуються умови руху транспорту, якщо трамвай «знімають» із найбільш завантажених вулиць та пускають його по другорядних вулицях із невеликим рухом, а також якщо створюють одnobічний рух автомобілів. Розосередження транспортних потоків досягають також шляхом раціонального розташування великих торгових і видовищних закладів, вокзалів та інших місць масового відвідування.

Проте за постійного зростання транспортних потоків настає момент, коли навіть ретельно продумана система організації та регулювання руху виявляється малоефективною. Це зумовлено тим, що пропускна здатність площ та перехресть, які утворюють вузли перетинів на даній магістралі, згодом виявляється практично вичерпаною. Якщо навіть транспортні перешкоди і не викликають фактичної зупинки, вони знижують швидкість. Із рисунка 1 видно, що такі перешкоди становлять великий процент часу, затрачуваного транспортом на подолання відстані по центральних магістралях міста.

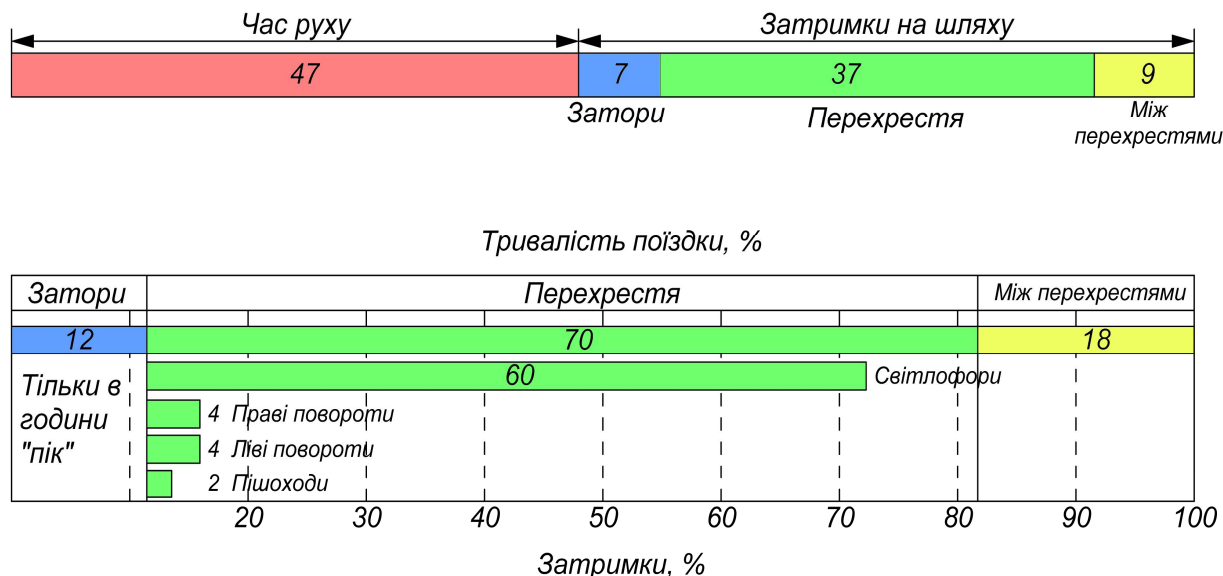


Рис. 1. Співвідношення часу руху та затримок транспортних засобів на магістралях міст / Fig. 1. Ratio of movement and time delay of vehicles on highways bridge

Досить важливою обставина, що впливає на рішення питання організації руху на вулицях, – це склад транспортних потоків та його місткість.

На рисунку 2 показано потрібні розміри проїжджої частини вулиці для перевезення 200 пасажирів різними видами міського транспорту.

Для точної оцінки та вибору необхідних рішень із збільшення пропускної здатності вузлів варто розглянути фактори, що впливають на швидкість та пропускну здатність.

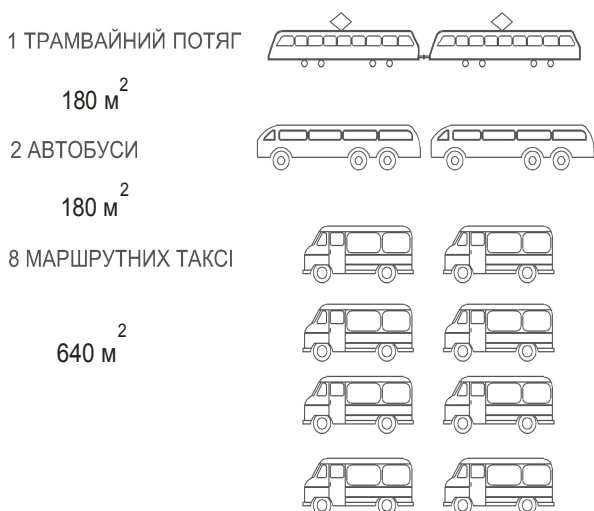


Рис. 2. Площа, яку займає на проїзній частині вулиці транспортний засіб у разі перевезення 200 пасажирів / Fig. 2. The area is on the roadway outside the vehicle when transporting 200 passengers

Пропускна здатність вулиці у загальному вигляді виражається залежністю [3; 11; 12]:

$$N = \frac{S}{L}, \quad (1)$$

де  $N$  – пропускна здатність, тобто максимальна кількість екіпажів, які проходять за одну годину через перетин вулиці;  $S$  – шлях, що проходить екіпаж за годину;  $L$  – інтервал між машинами, які їдуть одна за одною (динамічний габарит).

У різних методах розрахунку пропускної спроможності по-різному визначається значення  $L$ .

Динамічний габарит  $L$  складається з таких складових:

$$L = l_e + l_p + l_r + l_n, \quad (2)$$

де  $l_e$  – довжина автомобіля, м;  $l_p$  – шлях, що проходить за час реакції водія (м) який дорівнює:

$$l_p = t_p * V,$$

де  $t_p$  – час реакції водія, с;  $V$  – швидкість руху, м/с;  $l_r$  – гальмівний шлях, який залежить від швидкості руху, коефіцієнта поздовжнього зчеплення з дорогою ( $\varphi$ ), поздовжнього ухилу дороги ( $\pm i$ ) та стану гальмової системи машини, дорівнює:

$$\frac{V^2}{2g(\varphi \pm i)},$$

де  $g$  – прискорення сили тяжіння,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>;  $l_n$  – мінімальна відстань між машинами, що зупинилися, яка гарантує від зіткнення.

У практиці проектування вулиць найчастіше користуються формулою, запропонованою проф. А. Є. Страментовим. Пропускна здатність вулиць на ділянках між перехрестями (перегонах) за цією формулою виражається залежністю:

$$N = \frac{3600V}{l_e + t_p V + \frac{V^2}{2g(\varphi \pm i)} + l_n} \quad (3)$$

Інститут генерального плану Москви запропонував формулу підрахунку пропускної здатності:

$$N = \frac{3600V}{l_e + l_n + t_p V + \frac{(K_e - K_1)V^2}{2g(\varphi + j \pm i)}}, \quad (4)$$

де  $l_e$  – довжина автомобіля (прийнята 5 м);  $l_n$  – відстань між машинами, що зупинилися (прийнята 3 м);  $t_p$  – час реакції водія (прийнятий рівним 0,65 с);  $K_e$  – коефіцієнт експлуатаційних умов гальмування, що відображає ступінь зношування гальмових пристроїв екіпажу (прийнятий 1,7);  $K_1$  – коефіцієнт гальмування переднього екіпажу (прийнятий рівним 1);  $j$  – коефіцієнт опору гойданню (прийнятий рівним 0,02).

За прийнятих значень пропускна здатність однієї смуги руху за різних значень коефіцієнта зчеплення з дорогою ( $\varphi$ ) (сухе –  $\varphi = 0,6$ ; мокре –  $\varphi = 0,4$ ; зледеніле –  $\varphi = 0,2$ ) та швидкості руху характеризуються графіками, які наведені на рисунку 3.

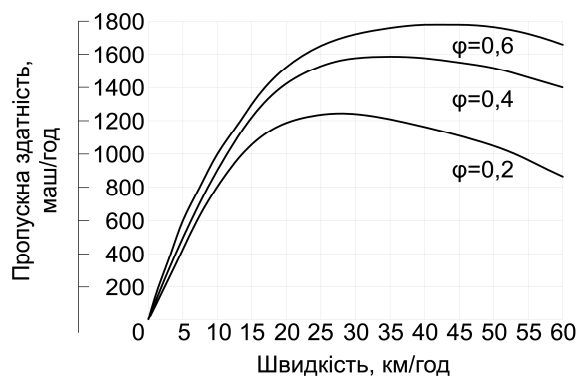


Рис. 3. Залежність пропускної здатності від швидкості та стану покриття дороги / Fig. 3. Dependence bandwidth of speed and coverage status

Із формул (3) та (4) пропускної спроможності для різноманітних швидкостей руху видно, що, починаючи з певної швидкості, пропускна спроможність вулиць зменшується. Це наочно показано на рисунку 3, на якому зображено залежність пропускної здатності від швидкості руху

та значень коефіцієнта зчеплення з дорогою ( $\phi$ ), тобто – стану покриття.

Розраховуючи пропускну здатність вулиці для різномірного транспортного потоку, необхідно змішаний потік звести до розрахункового, застосовуючи такі коефіцієнти зведення:

- легкові автомобілі.....1,0
- вантажні автомобілі :
  - легкої ваги (до 3 т).....1,5
  - середньої ваги (до 3–5 т).....1,8
  - важкої ваги (понад 5 т).....2,0
  - надважкий вантажний автомобіль.....2,5

- малий і середній автобуси.....2,0
- великий автобус і тролейбус.....2,5–3,0
- зчленовані автобуси й тролейбуси.....4,0

Пропускна здатність однієї смуги руху, підрахована за формулами, запропонованими різними авторами, коливається в значних межах.

Нижче наведено порівняльну таблицю пропускну здатності вулиць за даними окремих іноземних та вітчизняних (колишнього СРСР) авторів. Із їх даних видно, що оптимальна швидкість руху транспорту, з точки зору пропускну здатності, становить 30...40 км/год.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця пропускну здатності вулиць [6] / Comparison Chart bandwidth streets [6]

Автори	Пропускна здатність авт.-год. за швидкості, км/год						Оптимальна швидкість, км/год.	Максимальна пропускна здатність приведених автомобілів
	10	20	30	40	50	60		
Аллен	1 570	2 030	2 380	2 490	2 400	2 200	40	2 490
Догетті	1 430	1 880	2 080	1 990	1 810	1 630	32,7	2 090
Льюїс	1 220	1 780	1 830	1 780	1 590	1 390	27,5	1 840
Фішельсон	1 012	1242	125	1 220	1 165	1 090	26,8	1 270
Поляков	980	1 160	1 180	1 080	1 000	970	25	1 170
Великанов	845	1 120	1 150	1 095	1 025	940	27,3	1 152
Страментов	920	876	735	608	520	452	12,7	940
Інститут Генплану (за $\phi = 0,4$ )	960	1 410	1 560	1 560	1 490	1 410	35	1 570

На графіку (рис. 4), складеному за даними закордонних джерел, показано залежність між пропускну здатністю й швидкістю руху за різної кількості смуг руху в обох напрямках.

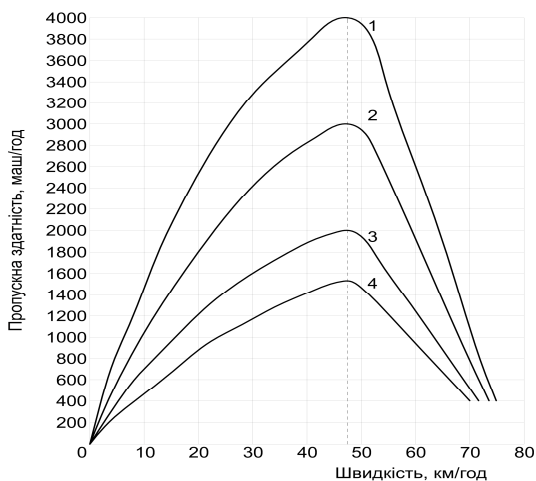


Рис. 4. Пропускна здатність проїжджих частин вулиць різної ширини : 1 – чотирисмугової проїжджої частини (по двосмуговому руху в кожному напрямку); 2 – однієї смуги трисмугової проїжджої частини із зустрічним рухом; 3 – однієї смуги двосмугової проїжджої частини; 4 – однієї смуги з чотирма рядами руху в кожному напрямку / Fig. 4. The capacity of the roadway streets of

different width : 1 – bandwidth quirksmode roadway (for dogpilecom traffic in each direction);

2 – capacity of a single lane three-lane roadway with oncoming traffic; 3 – the capacity of one lane of the two lane carriageway; 4 – capacity of one lane with four rows of traffic in each direction

При цьому пропускна здатність однієї смуги руху на перегоні складе 1 200...1 500 авт./год. Однак швидкість на перегоні не є фактичною швидкістю сполучення на магістралі. Крім факторів, урахуваних у визначенні пропускну здатності, швидкість сполучення залежить ще від цілої низки причин.

Фактична швидкість сполучення залежить головним чином від затримок транспорту на перехрестях і відстані між перехрестями.

Чим більша відстань між сусідніми перехрестями, тим вищим буде коефіцієнт використання динамічних властивостей екіпажу, тому що збільшується шлях, який проходиться на максимальній швидкості.

На магістралях Дніпра, в його центральній частині, відстань між перехрестями коливається в межах від 200 до 500 м. Якщо врахувати, що для розгону автомобіля до швидкості 45...50 км/год. необхідна відстань 80...100 м, а для повної зупинки за цієї швидкості – 40...50 м, то очевидно, що на цій швидкості екіпаж може пройти в умовах центру м. Дніпро не більше половини шляху, а інколи і того

менше. Навіть на нерегульованих перехрестях водії змушені знижувати швидкість, тому що не виключена можливість появи машин на пересічному напрямку. Особливо велике зниження швидкостей спостерігається на нерегульованих перехрестях, де кути забудови обмежують огляд і видимість.

Примикання вулиць у вузлах із правоповоротним рухом часто викликає зниження швидкостей руху транспорту на основному напрямку. Причиною цього є недостатні радіуси закруглень бортів тротуарів, що змушують водіїв перетинати одну зі смуг руху по основному напрямку. Водії знижують швидкість, наближаючись до переходів. Крім того, водії змушені рухатися з обмеженою швидкістю у разі багатосмугової руху. Водій обмежений у можливості маневрування. Під час переходу з однієї смуги руху на іншу відбуваються затримки екіпажів, які їдуть позаду.

Установлено, що кількість смуг руху більше п'яти неефективна.

Таким чином, пропускна здатність багатосмугової проїжджої частини на перегоні визначається за формулою:

$$N_m = K \cdot N, \quad (5)$$

де  $N_m$  – пропускна здатність многополосної проїжджої частини;  $N$  – розрахункова пропускна здатність однієї смуги;  $K$  – коефіцієнт, що враховує зниження пропускної здатності багатосмугової проїжджої частини.

Значення коефіцієнта  $K$  для розрахунку пропускної здатності багатосмугової проїжджої частини наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

**Значення коефіцієнта  $K$  / The coefficient  $K$**

Число смуг проїжджої частини	Коефіцієнт
Одна	1,00
Дві	1,80
Три	2,45
Чотири	2,95
П'ять	3,35

Значні витрати часу та зниження швидкостей відбуваються на площах із кільцевим рухом через складне сплетіння транспортних потоків. Істотно впливають на швидкість транспорту місця його зупинок та стоянки для екіпажів, розташовані уздовж або поперек вулиці. Під'їжджаючи до зупинки або стоянки та виїжджаючи з неї водій, маневруючи, розриває потік транспорту та затримує рух.

Практика показує, що із збільшенням інтенсивності руху швидкість транспорту різко знижується. У місті інтенсивність руху транспорту не однакова. На вулицях, розташованих ближче до центру, інтенсивність вища, а швидкість нижча, ніж на віддалених вулицях та магістралях. Різке збільшення потужності потоків міського транспорту у центрі міст детально відображено картографіями інтенсивності руху по вулицях м. Дніпро, які були

розглянуті у 2008–2009 роках у роботах бакалаврів Щурик Я., Костенка О., Александрової П. та інших.

Пропускна здатність проїжджої частини в містах, як правило, буває нижча за розрахункову, визначену за вищенаведеною формулою, і лімітується пропускною здатністю перехресть.

Для врахування цього фактора у формулу вводиться коефіцієнт  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2a} + \frac{V^2}{2b} + t_{\Delta}V}, \quad (6)$$

де  $L_n$  – відстань між перехрестями, м;  $V$  – швидкість руху, м/с;  $a$  – прискорення екіпажу, м/с<sup>2</sup>;  $b$  – уповільнення екіпажу, м/с<sup>2</sup>;  $t_{\Delta}$  – середня тривалість затримки перед світлофором, яка дорівнює:

$$t_{\Delta} = \frac{t_{\text{черв}} + 2t_{\text{ж}}}{2} \text{сек.}, \quad (7)$$

де  $t_{\text{черв}}$  – тривалість червоної фази світлофора, с;  $t_{\text{ж}}$  – тривалість жовтої фази світлофора, с.

Розглянемо приклад розрахунку пропускної спроможності на перегоні пр. Д. Яворницького від вул. Короленка до вул. К. Лібкнехта, прийнявши такі вихідні дані:

- швидкість руху –  $V = 50$  км/год. або 14 м/с;
- довжина автомобіля –  $l = 5$  м;
- час реакції водія –  $t_p = 1,5$  с;
- коефіцієнт поздовжнього зчеплення –  $\varphi = 0,4$ ;
- прискорення –  $a = 1,5$  м/с<sup>2</sup>;
- уповільнення –  $b = 2$  м/с<sup>2</sup>;
- тривалість червоної фази світлофора –  $t_{\text{черв}} = 25$  с;
- тривалість жовтої фази світлофора –  $t_{\text{ж}} = 3$  с;
- відстань між перехрестями –  $L_n = 300$  м;
- відстань між автомобілями, що зупинилися –  $l_m = 1,0$  м.

Пропускна здатність однієї смуги руху на перегоні пр. Д. Яворницького від вул. Короленка до вул. К. Лібкнехта за умови безперервного руху екіпажів у колоні складе:

$$N = \frac{3600V}{l_e + t_p V + \frac{V^2}{2g\varphi} + l_m} = \frac{3600 \cdot 14}{5 + 1,5 \cdot 14 + \frac{196}{8} + 1} = 1000 \text{ек.год.}$$

Знаходимо значення коефіцієнта  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{L_n}{L_n + \frac{V^2}{2a} + \frac{V^2}{2b} + t_{\Delta}V} = \frac{300}{300 + \frac{196}{3} + \frac{196}{4} + 15,5 \cdot 14} = 0,47$$

Пропускна здатність однієї смуги руху з урахуванням перехресть складе – 1 000 екіпажів за годину;  $N_m = N_a = 1\,000 \cdot 0,47 = 470$  ек. год, тобто знизиться більше ніж наполовину.

Таким чином, основний фактор, який знижує пропускну здатність проїжджої частини вулиць, – це наявність на вулицях перетинів в одному рівні.



Наразі дуже болючою темою екологічної безпеки в центрі м. Дніпро бачиться культура паркування, що спричинює зниження пропускної здатності.

На рисунку 5 показано приклади порушень.



Рис. 5. Паркування на пішохідних шляхах / Fig. 5. Parking on pedestrian paths

Звідси випливає, що на вулицях з інтенсивним рухом транспорту, де перехрестя не забезпечують пропуску всього транспортного потоку, необхідно влаштувати перетини в різних рівнях та організувати контроль за несанкціонованим паркуванням.

#### Наукова новизна та практична значимість

Уперше, на основі натурних досліджень та теоретичних розрахунків, розроблено три кільцеві маршрути громадського транспорту для підвищення пропускної здатності транспортної мережі центральної частини міста. Науково обгрунтовано необхідну кількість місць для паркування легкового транспорту в центральній частині м. Дніпро.

Для підвищення пропускної здатності магістралей центральної частини міста організувати: три кільцеві маршрути громадського транспорту (рис. 6); побудувати підземні пішохідні переходи та ліквідувати наземні за схемою, наведеною на рисунку 7.

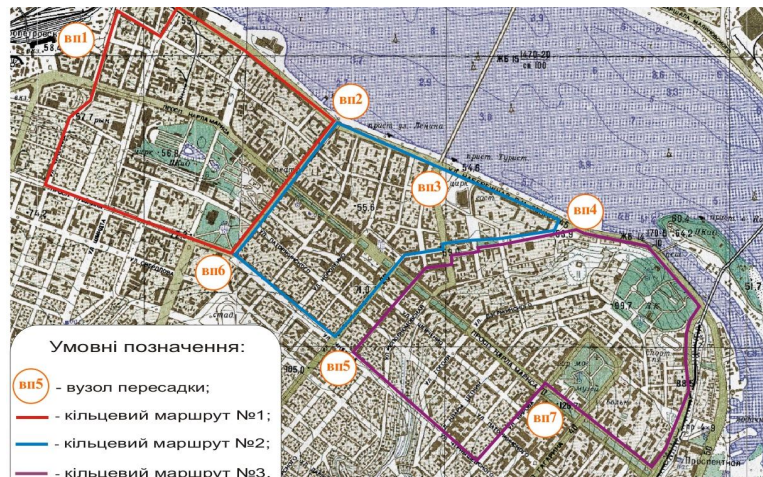


Рис. 6. Карта кільцевих пасажирських маршрутів центральної частини м. Дніпро / Fig. 6. Passenger routes Map circular central part. Dnipro

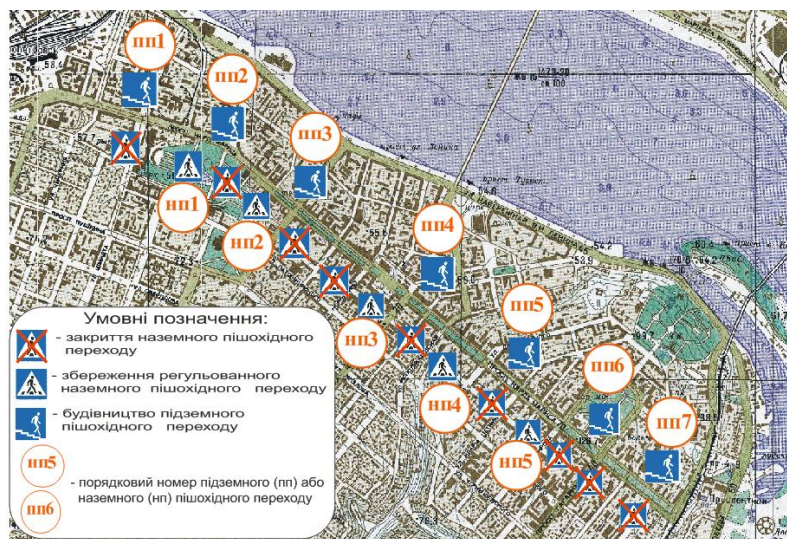


Рис. 7. Карта організації пішохідного руху по пр. Д. Яворницького / Fig. 7. Map of pedestrian Avenue Dmitry Yavornytsky

Практична значимість роботи полягає у створенні безпечних умов життєдіяльності на території центральної частини м. Дніпро та зменшенні обсягів забруднення центральної частини міста.

#### Висновки і перспективи подальших досліджень

Проведено дослідження щодо стану екологічної безпеки на основних магістралях у центральній частині м. Дніпро. Виявлено основні причини і розроблено низку пропозицій щодо поліпшення цього становища:

1. Автотранспорт зупиняють на проїзній частині магістралей і вулиць для тривалого (іноді протягом 4...8 годин) збереження, у результаті чого значно зменшується їх пропускна здатність. Більшість дворів і провулків через припарковані на них автомашини стають непроїзними для спеціальних машин (пожежних, швидкої допомоги, смітєвезів). Існуючі відкриті майданчики під паркування автотранспорту у дворах житлових будинків, біля установ, продовольчих і речових ринків і магазинів не можуть забезпечити зрослі потреби, тому автовласники ставлять автомобілі на газони й пішохідні доріжки (рис. 5).

2. Зростання автомобільного парку зумовило підвищення інтенсивності руху, перевантаження магістральних вулиць і, отже, зниження швидкості руху. Інтенсивність руху на головних магістральних вулицях м. Дніпро дуже висока, що значно знижує пропускну здатність вулиць і перехресть. А тому, що магістральні вулиці міста становлять приблизно 20...30 % загальної довжини всіх вулиць і проїздів, і на них зосереджується до 60...80 % усього автомобільного руху, вони в середньому завантажені приблизно в 10...15 разів більше, ніж інші вулиці й проїзди.

3. Виходом зі сформованої ситуації може стати дублювання основних магістральних вулиць новими вулицями. Також створення в місті мережі магістралей швидкісного руху дозволить істотно збільшити швидкості громадського транспорту й

легкових автомобілів, підвищити пропускну здатність вулиць, скоротити число дорожньо-транспортних пригод, ізолювати житлові райони й громадські центри від концентрованих потоків транспортних засобів.

4. Для зниження шкідливого впливу автомобільного транспорту, а також розвантаження основних магістральних вулиць потрібне винесення за межі міста вантажних транзитних потоків.

У м. Дніпро можна відмітити три пікові періоди утворення заторів на вулицях і перехрестях протягом робочого дня: ранковий (з 8 до 10-ї год.), денний (з 13 до 15-ї год.) і вечірній (з 17 до 19-ї год.).

5. Прогресивною тенденцією у вирішенні проблеми зберігання індивідуального автотранспорту стане спорудження багатоярусних наземних і підземних автостоянок. Якщо за одноярусного способу зберігання (в одноповерхових гаражах, боксах, на відкритих стоянках) на один автомобіль у середньому потребує 25...30 м<sup>2</sup> земельної, то за багатоярусного – не більше 15 м<sup>2</sup> (разом із проїздами, під'їздами, накопичувальними площадками й захисними зеленими насадженнями).

6. Для упорядкування місць зупинки й паркування легкового транспорту (а так само для заборони на паркування) пропонується ввести спеціальне чотириколірне маркування проїзної частини. Детально маркування буде розглянуте в подальшій роботі.

7. Створити стоянки на периферії кільцевих маршрутів громадського транспорту, біля основних вузлів мережі міського громадського транспорту, для того, щоб у центр з інших районів міста населення продовжувало діставатися громадським транспортом.

8. Для підвищення пропускної здатності магістралей центральної частини міста організувати: три кільцеві маршрути громадського транспорту; побудувати підземні пішохідні переходи та ліквідувати наземні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСП (ДержСанПіН) 173-96 [Чинний від 1996-06-19] – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1996 – 60 с. – (Санітарні норми і правила).
2. Директива 2002/49/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 25 червня 2002 року стосовно оцінки та управління процесами пов'язаними з шумом // Официальный журнал. – 2002. – С. 0001 – 0004.
3. Справочник проектировщика. Защита от шума / [Под ред. Е. Я. Юдина]. – Москва : Стройиздат, 1974. – 134 с.
4. Містобудування. Довідник проектувальника / За заг. ред. д-ра архіт. Т. Ф. Панченка. – Київ : Укрархбудінформ, 2006. – 192 с.
5. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень : ДБН 360-92\*\*. – [Чинний від 2002-03-19] – Київ : Мінрегіонбуд України, 2002. – 122 с. – (Державні будівельні норми України)
6. Самойлюк Е. П. Основы градостроительной акустики / Самойлюк Е. П. – Днепропетровск : ПГАСА, 1999. – 438 с.
7. Саньков П. М. Шум як фактор екологічної небезпеки архітектурного середовища // Новини науки Придніпров'я. – Вип. 3. – Дніпропетровськ : ПДАБА, 2011. – С. 53–59.
8. Саньков П. Н. Усовершенствование алгоритма локализации шумового загрязнения жилых территорий с целью обеспечения акустической безопасности в спальнях районах городов / П. Н. Саньков, Н. А. Ткач // Научная дискуссия: вопросы технических наук : матер. VIII междунар. заочной науч.-практ. конф. (04.04.2013). – Москва : Международный центр науки и образования, 2013. – С. 145–150.



9. Влияние техногенных факторов на экологию: монография / [Под ред. Д. В. Елисеева]. – Новосибирск : СибАК, 2014. – 164 с.
10. Саньков П. Н. Шум городских стоянок легкового автотранспорта / П. Н. Саньков, В. И. Денисенко, Б. И. Маковецкий, Н. А. Ткач // Экология, акустика и защита от шума : матер. науч.-технич. семинара (2.09–8.09.2005). – Севастополь. – С. 105–109.
11. Горбанев Р. В. Городской транспорт / Р. В. Горбанев. – Москва : Стройиздат, 1990. – 212 с.
12. Рейхов Х. Б. Автомобильное движение и планировка городов. Пути преодоления хаоса в городском движении : монография / Х. Б. Рейхов. – Москва : Стройиздат, 1964. – 80 с.
13. Гаражи и стоянки : учеб. пособ. для вузов / [В. В. Шештокас, В. П. Адомавичус, П. В. Юшкявичус]; под общ. ред. В. В. Шештокаса. – Москва : Стройиздат, 1984. – 214 с.
14. Снижение автотранспортного шума в городах : монография / [А. Я. Фоменко, А. А. Баятынский, Н. Е. Тодоренко]. – Киев : Техника, 1979. – 104 с.
15. Саньков П. Н. Разработка раздела проекта ОВОС для объекта реконструкции в городе Днепропетровске / П. Н. Саньков, Н. А. Ткач, А. В. Горб, Ю. Ю. Михеенко, А. В. Чечуро // Міжнародний науковий журнал. – 2015. – № 6. – С. 78–83.
16. Ткач Н. О. Рекомендації щодо організації екологічно безпечного розміщення місць паркування для транспортних засобів з урахуванням фактору шуму / Н. О. Ткач, П. М. Саньков, В. С. Бахарев // Екологічна безпека. – 2014. – № 2(18) – С. 35–42.

## REFERENCES

1. *Derzhavni sanitarni pravyl'a planuvannya ta zabudovy` naseleny`x punktiv` : DSP (DerzhSanPiN) 173-96* [Sanitary norms and rules 173-96. State sanitary rules of planning and building of settlements]. Kyiv, 1996, 60 p. (in Ukrainian).
2. *Direktiva 2002/49/CS Evropejs`kogo Parlamentu ta Radi vid 25 chervnya 2002 roku stosovno ocinki ta upravlinnya procesami pov'yazanimi z shumom* [Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise]. *Oficial'nyy Zhurnal* [Official Journal]. 2002, pp.0001–0004 (in Ukrainian).
3. Yudin E.Ya. *Spravochnik proektirovshchika. Zashchita ot shuma: spravochnik* [Reference book of the designer. Town planning.]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1974, 134 p. (in Russian).
4. Panchenko T.F. *Mistobuduvannia. Dovidnyk proektuvalnyka* [Town planning. Reference book of the designer]. Kyiv : Ukrarkhbudinform Publ., 2006, 192 p. (in Ukrainian).
5. *Mistobuduvannya. Planuvannya i zabudova mis`ky`x i sil`s`ky`x poselen` : DBN 360-92\*\** [State building norms Ukraine DBN 360-92\*\*. Town planning. Planning and development of urban and rural settlements]. Kyiv, 2002, 122 p. (in Ukrainian).
6. Samoylyuk Ye.P. *Osnovy gradostroitelnoy akustiki* [Fundamentals of urban planning acoustics]. Dnepropetrovsk : PSACEA, 1999, 438 p. (in Russian).
7. Sankov P.M. *Shum yak faktor ekologichnoyi nebezpeky` arhitekturnogo seredovy`shha* [Noise as factor of danger of the architectural environment]. *Novy`ny` nauky` Pry`dniprov'ya*. [Science News Dnieper]. 2011, no. 3, pp. 53–59. (in Ukrainian).
8. Sankov P.N. and Tkach N.A. *Usovershenstvovanie algoritma lokalizatsii shumovogo zagryazneniya zhilyih territoriy s tsel'yu obespecheniya akusticheskoy bezopasnosti v spalnyih rayonah gorodov* [Improvement of algorithm of localization of noise pollution of inhabited territories for the purpose of ensuring acoustic safety in dormitory areas of the cities]. *Nauchnaia diskussii: voprosy tekhnicheskikh nauk. Materialy VIII mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Scientific discussion: questions of technical science. Materials VIII of the international extramural scientific and practical conference], Moscow : Mezhdunarodnyi tsentr nauki i obrazovaniya, 2013, pp. 145–150. (in Russian).
9. Yeliseiev D.V. *Vliianiye tekhnogennykh faktorov na ekologiyu* [Influence of technogenic factors on ecology]. Novosibirsk : SibAK, 2014, 164 p. (in Russian).
10. Sankov P.N., Denysenko V.I., Makovetskii B.I. and Tkach N.A. *Shum gorodskih stoyanok legkovogo avtotransporta* [Noise of city parking of passenger vehicles]. *Ekologiya, akustika i zashchita ot shuma. Materialy nauchno-tekhnicheskogo seminar* [Ecology, acoustics and protection against noise. Materials of a scientific and technical seminar]. Sevastopol, 2005, pp. 105–109. (in Russian).
11. Gorbanev R.V. *Gorodskoy transport* [Urban transport]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1990, 212 p. (in Russian).
12. Reyhov H.B. *Avtomobilnoe dvizhenie i planirovka gorodov* [Road traffic and urban planning]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1964, 80 p. (in Russian).
13. Sheshtokas V.V., Adomavichus V.P. and Yushkiavichus P.V. *Garazhy i stoianky* [Garages and parking]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1984, 214 p. (in Russian).
14. Fomenko A.Ya., Balyatyinskiy A.A. and Todorenko N.E. *Snizhenie avtotransportnogo shuma v gorodah* [Reduced motor noise in cities]. Kyiv : Tekhnika Publ., 1979, 104 p. (in Russian).
15. San'kov P.N., Tkach N.A., Gorb A.V., Miheenko Yu. Yu. and Chechuro A.V. *Razrabotka razdela proekta OVOS dlya ob`ekta rekonstrukcii v gorode Dnepropetrovske* [Development of the EIA of the project section for the project of reconstruction in the city of Dnepropetrovsk]. *Mizhnarodnij naukoviy zhurnal* [International Journal]. 2015, no. 6, pp. 78–83. (in Russian).
16. San'kov P.N., Tkach N.A. and Baharev V.S. *Rekomendatsiyi shhodo organizatsiyi ekologichno bezpechnogo rozmishhennya mitsz` parkuvannya dlya transportny`x zasobiv z uraxuvannyam faktoru shumy* [Recommendations for the environmentally safe disposal of parking spaces for vehicles, taking into account the noise factor]. *Ekologichna bezpeka* [Ecological safety]. 2014, no. 2, pp. 35–42. (in Ukrainian).

*Стаття рекомендована до публікації д-ром. техн. наук, проф. Л. С. Савіним (Україна) та д-ром. техн. наук, проф. О. В. Сергійчуком (Україна)*

Надійшла до редакції 23.10.2016

Прийнята до друку 27.10.2016