

УДК 656.11:625.7
UDC 656.11:625.7

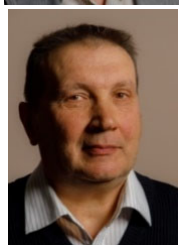
DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.2-051-061

ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТ З УРАХУВАННЯМ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

PROBLEMS OF THE URBAN TRANSPORT SYSTEM WITH REGARD TO FREIGHT TRANSPORT



Медведєв Костянтин Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри мостів, тунелі та гідротехнічних споруд Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: kvmedvediev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>



Євсейчик Юрій Борисович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелі та гідротехнічних споруд Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: jura_ntu@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-3507-4734>



Янчук Леонід Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелі та гідротехнічних споруд Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>



Паровенко Оксана Микитівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелі та гідротехнічних споруд Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: olenik.lia@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-8872-8415>.



Фаль Андрій Євгенович, кандидат технічних наук, головний інженер, ТОВ "Міжнародний проектний інститут", e-mail: andrii.fal@idi.com.ua
<https://orcid.org/0000-0003-3252-4952>

Анотація. У статті розглянуто актуальні проблеми транспортних систем міст, з особливим акцентом на вантажні перевезення, які мають суттєвий вплив на ефективність функціонування міської інфраструктури. Основними викликами, з якими стикаються міста, є затори, екологічні проблеми,

безпека руху та комфортність користування транспортом. Проблеми виникнення таких ускладнень різноманітні, їх причинами є зростання кількості приватних автомобілів, неефективне планування інфраструктури, великий обсяг вантажних перевезень, низька ефективність громадського транспорту та недостатнє впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Зростання кількості приватних автомобілів спричиняє перевантаження доріг, збільшує час знаходження в дорозі та підвищує рівень забруднення повітря. Неефективне планування міських транспортних мереж призводить до перевантаження основних транспортних артерій, що ускладнює рух транспорту та створює затори. Великий обсяг вантажних перевезень, викликаний розвитком електронної комерції, додатково навантажує міські дороги, особливо в центральних районах, що призводить до заторів та прискороного зносу дорожнього покриття. Низька ефективність громадського транспорту, незручні маршрути, нерегулярні графіки та недостатній рівень комфорту, сприяють збільшенню використання приватних автомобілів.

Вантажні перевезення є критично важливою складовою міської транспортної системи. Для вирішення цієї проблеми необхідна інтеграція транспортної інфраструктури для вантажних перевезень з існуючою транспортною системою міста. Це включає розробку спеціалізованих логістичних центрів на околицях міст, що дозволить консолідувати вантажі та здійснювати їхній подальший розподіл між меншими транспортними засобами. Збільшення кількості вантажних перевезень негативно впливає на довкілля через підвищення викидів парникових газів та забруднення повітря. Перехід на екологічно чисті види транспорту, такі як електровантажівки та гібридні вантажівки, сприятиме зменшенню цього впливу. Законодавчі та регулюючі заходи відіграють не менш важливу роль для зменшення заторів та покращення логістики. До них можна віднести запровадження платного в'їзду до центральної частини міста, обмеження годин для доставки вантажів до центру міста, введення податків на власників великих автомобілів та стимулювання використання громадського транспорту.

Ключові слова: транспортні потоки, мережа автомобільних доріг, транспортна система, спеціалізована транспортна інфраструктура, вантажні перевезення.

Вступ. Сучасні міста стикаються з численними проблемами транспортної інфраструктури, які суттєво впливають на якість життя мешканців. Транспортна система міст є складною мережею, яка має забезпечувати ефективне пересування людей і товарів. Основними викликами є затори, екологічні проблеми, безпека руху та комфортність користування транспортом. Однією з важливих складових міської транспортної системи є вантажні перевезення, які, з одного боку, забезпечують необхідні поставки товарів, а з іншого - створюють додаткове навантаження на інфраструктуру.

Розуміння проблем транспортних систем у містах вимагає комплексного підходу до їхнього аналізу [1]. Перш за все, слід урахувувати зростання кількості приватних автомобілів, яка збільшується з кожним роком. Це призводить до перевантаження доріг, заторів та підвищення рівня забруднення повітря, ускладнює життя містян і створює значні екологічні виклики.

Неефективне планування інфраструктури є ще однією вагомою проблемою. У багатьох містах дорожня інфраструктура не відповідає потребам та вимогам сьогодення. Відсутність об'їзних шляхів та недостатня кількість смуг руху сприяють утворенню заторів. Крім того, застарілість інфраструктури та її невідповідність сучасним транспортним технологіям значно ускладнює ситуацію.

Вантажні перевезення відіграють ключову роль у функціонуванні міської економіки. З розвитком електронної комерції кількість вантажних транспортних засобів на дорогах міст значно зросла [2,3]. Це особливо помітно у густонаселених районах, де відсутність спеціалізованих

інфраструктур для вантажного транспорту ускладнює рух [4]. Вантажівки, які часто зупиняються для завантаження або розвантаження товарів, блокують смуги руху, створюючи затори.

Ще одним важливим аспектом транспортних систем міст є екологічні проблеми [5]. Збільшення кількості транспортних засобів, особливо вантажних, сприяє підвищенню рівня забруднення повітря. Викиди парникових газів та інших шкідливих речовин негативно впливають на довкілля та здоров'я мешканців міст. Це викликає необхідність переходу на екологічно чисті види транспорту, такі як електровантажівки та гібридні транспортні засоби, що допоможе значно зменшити негативний вплив на довкілля.

Безпека руху в містах також залишається нагальною проблемою. Високий рівень аварійності на дорогах, зокрема за участю вантажних транспортних засобів, створює серйозні ризики для життя і здоров'я мешканців. Низька ефективність громадського транспорту, через незручні маршрути, нерегулярні графіки та недостатній рівень комфорту, змушує людей використовувати приватні автомобілі, що посилює проблему заторів та аварійності.

Недостатнє впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS) обмежує можливості для покращення ефективності міських транспортних мереж [6]. ITS мають великий потенціал для оптимізації маршрутів, зниження часу простою на дорогах та покращення безпеки руху, але їхнє впровадження зазвичай стикається з фінансовими та організаційними перешкодами.

Цю статтю присвячено аналізу основних проблем транспортних систем у містах з акцентом на вантажні перевезення, дослідженню причин виникнення цих проблем та пошуку шляхів їх вирішення. Спираючись на досвід успішних практик різних міст світу, таких як Гамбург, Лондон та Токіо, в статті пропонується застосування комплексного підходу до оптимізації міських транспортних систем, що включає інтеграцію вантажних перевезень, розвиток екологічно чистих транспортних засобів, впровадження інтелектуальних транспортних систем та застосування ефективних законодавчих заходів [7].

Виклад основного матеріалу. Проблеми транспортних систем міст є одними з найбільш важливих викликів для інженерної спільноти. Серед найактуальніших проблем та напрямків, які потребують вирішення, можна виділити затори та перевантаження доріг, екологічні виклики, безпеку руху, комфорт користування громадським транспортом, інтеграцію нових технологій, а також фінансування та інвестиції в транспортну інфраструктуру [8].

Основними причинами цих проблем є:

- зростання кількості приватних автомобілів та неефективне планування транспортної інфраструктури;

- велика кількість автомобілів на вулицях, низька ефективність використання палива та його високе споживання;

- недотримання правил дорожнього руху, погане технічне обслуговування доріг та висока швидкість руху;

- нерівномірний розподіл транспортних ресурсів, недостатня кількість маршрутів та незручні графіки громадського транспорту;

- швидкий розвиток технологій, що вимагає модернізації існуючої інфраструктури;

- обмеженість бюджетів та висока вартість будівництва та обслуговування інфраструктури.

До можливих шляхів вирішення цих проблем слід віднести покращення громадського транспорту за рахунок розвитку та модернізації його мережі (автобуси, метро, трамваї тощо), впровадження швидкісних автобусних коридорів, стимулювання використання громадського

транспорту через зниження або впровадження безкоштовного проїзду для певних категорій населення. Розумне планування міського простору сприятиме зниженню кількості заторів, для чого необхідно створити зони з обмеженим рухом для приватних автомобілів, побудувати багаторівневі паркінги та створити паркувальні майданчики на околицях міста з можливістю подальшої пересадки на громадський транспорт. Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS) також є одним з головних чинників зниження рівня заторів. Такі системи засновані на моніторингу та управлінні трафіком у режимі реального часу. Вони використовують адаптивні світлофори для регулювання руху в залежності від навантаження на дороги, а також застосовують спеціалізовані додатки для навігації, що допомагають водіям уникати заторів.

Оптимізація вантажних перевезень важливий фактор для зменшення навантаження на дороги в години пік, для цього необхідно встановлення визначених годин для доставки вантажів, використання логістичних хабів на околицях міста для консолідації вантажів та їхнього подальшого розподілу серед менших транспортних засобів, а також впровадження електронних систем управління логістикою для оптимізації маршрутів і часу доставки.

У наведеній нижче блок-схемі показано основні проблеми транспортної системи міст з урахуванням вантажних перевезень, їхню систематизацію з конкретними задачами до кожної проблеми та шляхи їх вирішення, що надасть більшої наглядності для можливості врахування переваг та недоліків кожного рішення та забезпечення оптимального функціонування транспортної системи (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Основні проблеми транспортної системи міст з урахуванням вантажних перевезень і шляхи їх вирішення

Figure 1 – The main problems of the urban transport system with regard to freight transportation and ways to solve them

Розвиток альтернативних видів транспорту – один із шляхів вирішення проблем заторів у містах. До них слід віднести створення та розвиток велосипедної інфраструктури (велодоріжки, велопарковки), підтримку каршерінгу та інших спільних транспортних послуг, а також впровадження електроскутерів та інших легких електротранспортних засобів.

Значну роль у зменшенні навантаження на вулиці міст відіграють регулювання і законодавчі заходи, а саме: запровадження платного в'їзду до центральної частини міста, введення податків на власників другого автомобіля або великих автомобілів, заохочення використання екологічно чистих транспортних засобів через податкові пільги або субсидії.

Затори на дорогах є однією з найгостріших проблем сучасних міст. Зростання кількості приватних автомобілів і обсягу вантажних перевезень погіршує ситуацію. Основні аспекти цієї проблеми включають зростання кількості приватних автомобілів, спричинене урбанізацією міст та збільшенням їхнього населення. Економічне зростання та розвиток промисловості призводять до підвищення доходів населення, що дозволяє більшості придбати власні автомобілі. Недостатньо розвинена мережа громадського транспорту також сприяє виникненню заторів.

Збільшення вантажних перевезень через розвиток електронної комерції, яка вимагає швидкої доставки товарів, а також погано сплановані логістичні маршрути та відсутність спеціалізованої інфраструктури для вантажного транспорту значно впливають на утворення заторів. Це призводить до економічних втрат, затримок у доставці вантажів та підвищення витрат на паливо. Також зростає негативний вплив на довкілля через значні викиди парникових газів і забруднення повітря. Не можна не згадати й соціальні наслідки, до яких відносяться стрес та втрачений час для водіїв і пасажирів.

До можливих шляхів вирішення цих проблем належать покращення громадського транспорту через розвиток та модернізацію мережі (автобуси, метро, трамваї), впровадження швидкісних автобусних коридорів та стимулювання використання громадського транспорту за рахунок зниження вартості проїзду або впровадження безкоштовного проїзду для певних категорій населення. Розумне планування міського простору, до якого входить створення зон з обмеженим рухом для приватних автомобілів, будівництво багаторівневих паркінгів та паркувальних майданчиків на околицях міста з можливістю пересадки на громадський транспорт, сприятиме зниженню кількості заторів.

Використання великого обсягу даних для аналізування та прогнозування транспортних потоків дозволяє ідентифікувати шаблони руху та виявляти потенційні проблеми їх виникнення. Дані можуть надходити з різних джерел, включаючи мобільні додатки та соціальні мережі. Використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування заторів дозволить вжити заходів для їхнього запобігання. Це може бути зміна сигналів світлофорів, інформування водіїв про альтернативні маршрути тощо.

Вантажні перевезення в містах. Впровадження спеціалізованої транспортної інфраструктури для вантажних перевезень у містах є важливим кроком для зменшення заторів, покращення логістики та зниження екологічного навантаження. Давайте розглянемо доцільність, особливості, проблеми та можливі рішення цього підходу.

Так, одним серед можливих варіантів вирішення проблеми є виділення окремих смуг або маршрутів для вантажівок, що може зменшити навантаження на основні дороги, які використовуються для руху легкових автомобілів. Окремі смуги або коридори для вантажівок дозволяють уникнути змішування з основним потоком транспорту. Також, як варіант, можна встановити певні години для доставки вантажів до центру міста, щоб уникнути пікових навантажень. Крім того відокремлення руху вантажного та пасажирського транспорту значно сприятиме підвищенню безпеки на дорогах.

Спеціалізовані логістичні центри та хаби зможуть оптимізувати розподіл товарів у містах, зменшити час доставки та знизити витрати на логістику. Вони можуть бути розташовані на околицях міста або в стратегічних точках для консолідації вантажів і подальшого розподілу меншими транспортними засобами.

Розвиток інфраструктури передбачає значні витрати на будівництво нових логістичних центрів і виділених смуг. Як рішення може бути запропоновано залучення приватних інвестицій через державно-приватне партнерство або використання існуючих інфраструктурних об'єктів з їхньою модернізацією.

Розвиток транспортної інфраструктури міста може зіткнутися з опором з боку громадськості та бізнесу. Жителі міста та підприємства можуть бути проти змін через незручності, які можливо виникнуть в наслідок проведення робіт або побоювання щодо підвищення витрат. Для розв'язання цієї проблеми слід проводити громадські консультації, освітні кампанії щодо пояснення переваг впровадження нової інфраструктури та передбачити надання компенсацій або пільг.

Інтеграція транспортної інфраструктури для вантажних перевезень з існуючою транспортною системою також є складовою частиною вирішення проблеми, але можливе виникнення певних складнощів з інтеграцією нових елементів до існуючої транспортної системи міста. Тому слід проводити комплексне планування та моделювання транспортних потоків з поступовим впровадженням змін з моніторингом і коригуванням процесу.

Незважаючи на оптимізацію транспортної інфраструктури, яка враховує наявність вантажних перевезень, великоваговий транспорт все ще може мати значний вплив на екологію міста. Отже перехід на екологічно чисті види транспорту (електровантажівки, гібридні вантажівки), стимулювання використання таких транспортних засобів через субсидії та податкові пільги, сприятиме зменшенню забруднення довкілля.

Слід звернути увагу на необхідність координації між різними службами та приватними операторами, для чого необхідно впроваджувати централізовані системи управління логістикою, використовувати цифрові платформи для обміну даними між учасниками логістичного процесу.

Впровадження спеціалізованої транспортної інфраструктури для вантажних перевезень може значно покращити ситуацію на дорогах міст, зменшити затори та підвищити ефективність логістики. Однак це вимагає ретельного планування, значних інвестицій та співпраці між різними стейкхолдерами.

Моделювання та оптимізація транспортних потоків. Моделювання та оптимізація транспортних потоків у містах з урахуванням вантажних перевезень є критично важливими для забезпечення ефективності транспортної системи, зниження заторів та покращення загальної якості життя в міських районах.

Моделювання транспортних потоків включає створення математичних моделей, що відображають реальні умови руху транспортних засобів. Головна мета моделювання полягає у розумінні та передбаченні поведінки транспортної системи за різних умов, а також оцінюванні впливів різних факторів на транспортні потоки.

До основних типів моделей транспортних потоків можна віднести:

- макроскопічні моделі, які розглядають транспортні потоки введеному вигляді, з використанням середніх швидкостей та щільності потоку транспорту. Вони застосовуються для аналізу загального стану мережі доріг та виявлення вузьких місць;

- мікроскопічні моделі, які розглядають індивідуальну поведінку транспортних засобів і водіїв. Вони дозволяють моделювати взаємодію між транспортними засобами, включаючи розгін, гальмування та зміну смуги руху;

- мезоскопічні моделі, які поєднують елементи макроскопічних та мікроскопічних моделей, і дозволяють більш детально моделювати потоки на середньому рівні деталізації. Вони корисні для моделювання великих міських мереж.

Моделювання транспортних потоків складається зі збору даних про інтенсивність руху, швидкість, типи транспортних засобів, маршрути руху та інших параметрів, які збираються за допомогою датчиків, відеокамер, GPS-пристроїв тощо. Наступним етапом є калібрування моделей, коли модель налаштовується на основі зібраних даних для того, щоб відобразити реальні умови руху, та включає налаштування параметрів моделі для досягнення максимальної точності. На етапі аналізування та валідування модель перевіряють на відповідність реальним даним та за необхідності коригують. Це дозволяє переконатися, що модель адекватно відображає реальні умови. Прогнозування та симуляція моделі використовується для прогнозування транспортних потоків за різних сценаріїв, таких як зміни дорожньої інфраструктури, застосування нових транспортних засобів або впровадження змін у політиці управління рухом.

Розглянемо одну з можливих моделей для транспортного потоку, яка зводиться до квазілінійного рівняння першого порядку [9]. Припустимо, що рух автомобілів відбувається в одному напрямі по дорозі без з'їздів і виїздів. Позначимо щільність автомобілів (кількість автомобілів на одиницю довжини дороги) у точці x як $u(x, t)$, а потік автомобілів (кількість автомобілів, що проходять через точку x за одиницю часу) у точці x як $f(x, t)$. Тоді зміна кількості автомобілів за одиницю часу $N(x_1, x_2, t)$ на ділянці дороги від x_1 до x_2 дорівнює:

$$N(x_1, x_2, t) = \frac{d}{dt} \int_{x_1}^{x_2} u(x, t) dx . \quad (1)$$

З іншого боку, враховуючи фізичний зміст $f(x, t)$, можна записати $N(x_1, x_2, t)$ у вигляді:

$$N(x_1, x_2, t) = f(x_1, t) - f(x_2, t) \quad (2)$$

Прирівняємо праві частини рівнянь (1) і (2):

$$f(x_1, t) - f(x_2, t) = - \int_{x_1}^{x_2} \frac{dt}{dx} dx \quad (3)$$

Якщо функції $u(t, x)$ і $f(t, x)$ диференційовані, то має місце співвідношення:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x} = 0 . \quad (4)$$

З огляду на те, що f є функцією від щільності потоку u (тобто $f = f(u)$), рівняння (4) набуває вигляду:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + g(u) \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

де $g(u) = \frac{\partial f}{\partial u}$.

Рівняння (5) відноситься до квазілінійних рівнянь першого порядку [10].

Вигляд функції $f(u)$ обирають залежно від моделі транспортного потоку, яка відповідає характеру руху автомобілів на заданій ділянці дороги. Наприклад, при виникненні перешкод (світлофор, аварія тощо) функцію $f(u)$ можна прийняти у вигляді:

$$f(u) = Au(1-u). \quad (6)$$

При збільшенні швидкостей автомобілей на заданій ділянці для функції $f(u)$ може бути використано:

лінійну залежність:

$$f(u) = k_1 u, \quad (7)$$

або квадратичну залежність:

$$f(u) = k_2 u^2. \quad (8)$$

Коефіцієнти пропорційності A , k_1 та k_2 у моделях (6) – (8) обираються на основі експериментальних досліджень.

Таким чином задача визначення щільності транспортного потоку $u(x, t)$ зводиться до:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + g(u) \frac{\partial u}{\partial x} &= 0, \quad t > 0, \quad x \in [x_1, x_2]; \\ u(x, 0) &= u_0(x); \\ u(x_1, t) &= u_1(t), \end{aligned} \quad (9)$$

де $u_0(x)$ і $u_1(t)$ – задані функції;

$u_0(x)$ - початкова щільність розподілу автомобілів;

$u_1(t)$ - щільність розподілу автомобілів на початку дороги $x = x_1$.

З точки зору математичної фізики система (9) є задачею Коші (задача з початковими умовами) для відповідного диференційного рівняння. Числове вирішення задач подібного роду не становить особливої складності для реалізації у програмному комплексі Mathcad.

Висновки. Проблеми транспортних систем у містах є складними та багатограними, основними з яких є затори, екологічні проблеми, безпека руху, комфортність користування громадським транспортом, інтеграція нових технологій, а також питання фінансування та інвестицій у транспортну інфраструктуру. Причинами виникнення цих проблем є зростання кількості приватних автомобілів, неефективне планування транспортної інфраструктури, велика кількість автомобілів на вулицях, низька ефективність використання палива, недотримання правил дорожнього руху, нерівномірний розподіл транспортних ресурсів, швидкий розвиток технологій, обмеженість бюджетів та висока вартість будівництва і обслуговування інфраструктури.

Вантажні перевезення також мають суттєвий вплив на транспортні потоки в міських районах. Вантажні автомобілі, через їхні великі розміри та меншу маневровість, часто спричиняють зниження швидкості руху та підвищують ризик виникнення заторів. Відсутність спеціалізованої інфраструктури для вантажних транспортних засобів та погано сплановані логістичні маршрути погіршують ситуацію.

Для вирішення цих проблем необхідні комплексні заходи, що включають розвиток громадського транспорту, впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS), покращення управління трафіком, перехід на екологічно чисті транспортні засоби, розвиток велоінфраструктури, підтримку екологічного громадського транспорту, впровадження автоматизованих систем контролю швидкості, покращення інфраструктури для пішоходів і велосипедистів, оптимізацію маршрутів і графіків руху, розвиток інтегрованих транспортних мереж, впровадження технологій "розумного міста", використання великого обсягу даних для управління транспортними потоками, розвиток систем автономного транспорту, залучення приватних інвестицій та розроблення нових моделей фінансування.

Регулювання і законодавчі заходи також відіграють важливу роль у зниженні навантаження на міські дороги. Це може бути запровадження платного в'їзду до центральної частини міста, введення податків на власників другого автомобіля або великих автомобілів, заохочення використання екологічно чистих транспортних засобів через податкові пільги або субсидії.

Отже, вирішення проблем транспортних систем у містах потребує комплексного підходу, що включає технічні, організаційні, економічні та екологічні заходи. Впровадження інноваційних технологій, розвиток екологічно чистих видів транспорту, оптимізація логістики та вдосконалення управління рухом є ключовими кроками до створення ефективних та стійких транспортних систем у міських умовах.

Перелік посилань

1. Chow, J.Y.J. (2018). *Informed Urban Transport Systems: Classic and Emerging Mobility Methods toward Smart Cities*.
2. Rodrigue, J-P (2024) *The Geography of Transport Systems, Sixth Edition*, New York: Routledge.. Routledge, <https://transportgeography.org/>.
3. Mahmassani, H.S. (2016). *Transportation and Traffic Theory 2009: Golden Jubilee***. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-0820-9>
4. Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y. (2003). Review of road traffic control strategies. **Proceedings of the IEEE**, 91(12), 2043-2067.
5. Woudsma, C. (2001). Understanding the movement of goods, not people: Issues, evidence and potential. **Urban Studies**, 38(13), 2439-2455.
6. Бойко В.В. «Інформаційна технологія організації логістичних систем автоматизованого управління та безпеки руху міського пасажирського транспорту» дис. канд. техн. наук., фак-т інф. техн. і сист., Черк. держ. тех. ун-т, Черкаси, 2021.
7. Л.С. Абрамова, «Теоретичні основи формування розподілених систем управління дорожнім рухом у містах.» дис. д-ра. техн. наук, м-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, Харків, 2020.
8. L.M.K. Bento, "Intelligent traffic management algorithms for environmental impacts reduction at city centers aided GNSS positioning." Ph. D. thesis, Dept. Elect. and Comp. Eng., Coimbra Univ., Coimbra, Portugal, 2016.

9. Smirnov, V.I. A Course of Higher Mathematics. Volume II: Advanced Calculus. Pergamon Press, 1964. P. 630

PROBLEMS OF THE URBAN TRANSPORT SYSTEM WITH REGARD TO FREIGHT TRANSPORT

Kostiantyn Medvediev, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Professor, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978, <https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>.

Yurii Yevseichyk, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978, <https://orcid.org/0000-0002-3507-4734>

Leonid Yanchuk, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, +380442807978, <https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>.

Oksana Parovenko, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: olenik.lia@gmail.com, +380442807978, <https://orcid.org/0000-0001-8872-8415>.

Andriy Fal, Candidate of Engineering Sciences, Limited liability company international design institute, Chief Engineer e-mail: andrii.fal@idi.com.ua, +380443840417, <https://orcid.org/0000-0003-3252-4952>

Summary. The problems of transport systems in cities are complex and multifaceted, the main ones being congestion, environmental problems, traffic safety, comfort of using public transport, integration of new technologies, as well as issues of financing and investment in transport infrastructure. The reasons for these problems include the growing number of private cars, inefficient planning of transport infrastructure, a large number of cars on the streets, low fuel efficiency, non-compliance with traffic rules, uneven distribution of transport resources, rapid development of technology, limited budgets and high costs of infrastructure construction and maintenance.

Freight transport also has a significant impact on traffic flows in urban areas. Due to their large size and lower manoeuvrability, trucks often cause slower traffic speeds and increase the risk of congestion. The lack of specialised infrastructure for trucks and poorly planned logistics routes exacerbate the situation.

To address these issues, comprehensive measures are needed, including the development of public transport, the introduction of intelligent transport systems (ITS), improved traffic management, the transition to environmentally friendly vehicles, the development of cycling infrastructure, support for environmentally friendly public transport, the introduction of automated speed control systems, improved pedestrian and cycling infrastructure, optimised routes and timetables, the development of integrated transport networks, and the introduction of smart city technologies.

Regulation and legislative measures also play an important role in reducing the load on urban roads. This may include the introduction of tolls to enter the city centre, taxes on owners of second cars or large vehicles, and the promotion of environmentally friendly vehicles through tax breaks or subsidies.

Thus, solving the problems of transport systems in cities requires a comprehensive approach that includes technical, organisational, economic and environmental measures. The introduction of innovative technologies, development of environmentally friendly modes of transport, optimisation of logistics and

improvement of traffic management are key steps towards creating efficient and sustainable transport systems in urban areas.

Keywords: traffic flows, road network, transport system, specialized transport infrastructure, freight transportation.

References

1. Chow, J.Y.J. (2021). *Informed Urban Transport Systems: Classic and Emerging Mobility Methods toward Smart Cities*** . Elsevier.
2. Rodrigue, J-P., Comtois, C., & Slack, B. (2020). *The Geography of Transport Systems* (5th ed.). Routledge.
3. Mahmassani, H.S. (2016). *Transportation and Traffic Theory 2009: Golden Jubilee*** . Springer.
4. Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y. (2003). Review of road traffic control strategies. **Proceedings of the IEEE**, 91(12), 2043-2067.
5. Woudsma, C. (2001). Understanding the movement of goods, not people: Issues, evidence and potential. **Urban Studies**, 38(13), 2439-2455.
6. Boiko V.V. «Informatsiina tekhnolohiia orhanizatsii lohistychnykh system avtomatyzovanooho upravlinnia ta bezpeky rukhu miskoho pasazhyrskoho transportu» dys. kand. tekhn. nauk., fak-t inf. tekhn. i syst., Cherk. derzh. tekhn. un-t, Cherkasy, 2021.
7. L.S. Abramova, «Teoretychni osnovy formuvannia rozpodilynykh system upravlinnia dorozhnim rukhom u mistakh.» dys. d-ra. tekhn. nauk, m-vo osvity i nauky Ukrainy, Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-t, Kharkiv, 2020.
8. L. M. K. Bento, “Intelligent traffic management algorithms for environmental impacts reduction at city centers aided GNSS positioning.” Ph. D. thesis, Dept. Elect. and Comp. Eng., Coimbra Univ., Coimbra, Portugal, 2016.
9. Smirnov, V.I. *A Course of Higher Mathematics. Volume II: Advanced Calculus*. Pergamon Press, 1964. P. 630

Дата надходження до редакції 03.06.2024.