

Птиця Г.Г., Птиця Н.В.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна***ВПЛИВ ІНФРАСТРУКТУРИ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В МІСТАХ**

У статті розглядаються підходи до оцінки ефективності функціонування елементів вулично-дорожньої мережі міста з урахуванням економічних, безпекових та екологічних критеріїв. Основна увага приділяється аналізу різних показників, що використовуються для оцінки роботи вулично-дорожньої мережі, таких як пропускна здатність, середня та сумарна затримка транспортних засобів, інтенсивність руху, щільність та ємність дорожньої мережі. Досліджуються чинники, що впливають на виникнення заторів і на рівень їх кореляції із пропускною здатністю окремих ділянок. Акцентовано увагу на необхідності врахування цих показників при плануванні транспортної інфраструктури. Розглянуті заходи, спрямовані на підвищення безпеки та ефективності дорожнього руху. Проаналізовані питання стійкості вулично-дорожньої мережі міста та здатності мережі зберігати функціональність у разі зміни обставин. Дана оцінка умовам функціонування ділянок вулично-дорожньої мережі міста з врахуванням впливу зупинкових пунктів громадського транспорту досліджуваного району та встановлено взаємозв'язок параметрів облаштування та обслуговування зупинкового пункту та показників ефективності дорожнього руху. Отримані результати дають змогу сформулювати рекомендації щодо застосування різних організаційних та планувальних рішень для оптимізації управління транспортними потоками, що дозволить підвищити ефективність функціонування вулично-дорожньої мережі міста в умовах зростання транспортного навантаження.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, інтенсивність руху, громадський транспорт, зупинковий пункт, пропускна здатність, технічні засоби регулювання, транспортний потік.

ВСТУП

Дорожній рух, через сукупність причин, особливо в останні три десятиліття, супроводжується значними соціальними, економічними та екологічними наслідками. Щорічно в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) гинуть сотні тисяч людей, десятки тисяч отримують травми. У години пік швидкість руху знижується до 5-10 км/год, що дискредитує саму ідею використання автомобілів для економії часу доставки вантажів і пасажирів. Важливо усвідомлювати необхідність втручання в роботу транспортної системи з урахуванням потреб суспільства і збереження природного середовища, щоб розробляти і впроваджувати ефективні заходи для мінімізації негативних наслідків.

Міський пасажирський транспорт є одним із головних факторів, що створюють ефективне та безпечне функціонування міста, що забезпечують соціальну взаємодію суспільства, тим самим поєднуючи різні частини міста, створюючи єдину систему. Зупинкові пункти – є одним з елементів інфраструктури міського пасажирського транспорту громадського транспорту, в якому здійснюється пересадка пасажирів між різними видами міського пасажирського та зовнішнього транспорту або між різними лініями одного виду транспорту, а також попутне обслуговування пасажирів об'єктами соціальної інфраструктури. Саме тут відбувається «перетворення» статусу учасників дорожнього руху зі змінами умов пересування та відповідних вимог до безпеки та витраченого часу на пересування.

Основними проблемами, пов'язаними з розташуванням та облаштуванням зупинкових пунктів є достатньо висока небезпека на певних типах зупинок, пов'язані з цим людські і матеріальні втрати. Також слід відмітити, що, в момент коли громадський транспорт зупиняється в зоні зупинки для посадки та висадки пасажирів, за наявності або відсутності заїзної кишені, швидкість руху транспортних засобів по тій самій та іншій (за наявності) смузі значно знижується. У деяких випадках учасникам дорожнього руху, які прямують за громадським транспортом, доводиться вдаватися до екстреного гальмування та маневрування. У такій ситуації може виникнути потреба обгону, який є одним із небезпечних маневрів, що виконуються водієм.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Стрімке зростання кількості автомобілів і обсягів перевезень призводить до збільшення інтенсивності руху, що, зокрема у містах із історичною забудовою, спричиняє виникнення транспортних проблем і збільшення кількості ДТП. В такій ситуації підвищення ролі громадського транспорту є одним з ключових рішень для покращення функціонування транспортної системи. Однак ефективне функціонування системи громадського транспорту вимагає відповідного розвитку інфраструктури та створення умов для безперебійного руху як громадського транспорту, так і

загального транспортного потоку. Транспортна система міста має забезпечувати безперебійне, безпечне своєчасне переміщення людей та вантажів. За існуючими нормативами граничні витрати часу пересування на роботу в одну сторону залежать від величини міста і у великих містах для 90 % пасажирів не повинні перевищувати 40 хв.

Особливої уваги заслуговує організація зупинок громадського транспорту, що суттєво впливає на умови руху на цих ділянках, адже саме тут виникають найбільш критичні маневрування. Ці зони також вимагають забезпечення безпеки для пішоходів. Безпека зупинок є одним із головних пріоритетів, оскільки на цих об'єктах відбуваються взаємодії між транспортом та пасажирими-пішоходами, які є найбільш вразливими учасниками руху. Водночас функціонування зупинок не повинно значно впливати на пропускну здатність ділянок вулично-дорожньої мережі (ВДМ).

Для конкретного визначення місця зупинки необхідно підходити в контексті типу вулиці, відповідно, зв'язку, з погляду її характеру та навантаження. Розташування простору зупинки природно має ґрунтуватися на широтному розташуванні вуличного простору, в якому знаходиться зупинка. У межах спокійних вулиць, відповідно, біля великих вулиць з тихим рухом, має бути запропонований такий порядок місця зупинки, який підкреслюватиме пішохідні зв'язки та значно заспокоює рух транспортного потоку. У межах місця розміщення зупинки необхідно наголосити на безпеці пішоходів, які прибувають на зупинку та проїзду транспортних засобів громадського транспорту та при використанні елементів управління руху.

Зупинки громадського транспорту на вулицях і дорогах населених пунктів облаштовуються та розміщуються у відповідності з ДБН Б.2.2-12, ДБН В.2.3-18, ДБН В.2.5-56, ДБН В.2.3-5. Зупиночні пункти міського громадського транспорту можна класифікувати за декількома критеріями: виду транспортних засобів, часу використання, розташуванню на маршруті тощо.

Найпоширенішою формою пунктів зупинки є лінійна автобусна зупинка вздовж вулиці. У цьому випадку посадкові зони або можуть бути надані в смугі руху (тобто на лінії), тому наступні автобуси не можуть підійти до лінії посадки/висадки пасажирів; або вони можуть бути виїжджаючими зі смуги руху, так що наступні автобуси можуть пройти.

Розташування зупинок має насамперед враховувати потреби користувачів (пасажирів). Слід також враховувати завдання громадського транспорту, розвитку населеного пункту та транспортного керування. Зупинки повинні розташовуватися:

- у місцях, де до автобусних маршрутів стікаються найбільш сприятливі пішохідні шляхи;
- у важливих місцях призначення або точках тяжіння;
- у місцях перетину з іншими маршрутами громадського транспорту;
- на відповідній відстані до наступної зупинки (зазвичай 300–400 м);
- у місцях розміщення «перехоплюючих» парковок.

Розташування автобусної зупинки здійснює суттєвий вплив на пропускну здатність відповідної вулиці. У випадку, коли пасажирським транспортним засобам дозволяється здійснювати праві повороти з крайньої правої смуги, зупинки, розташовані у віддалені від перехрестя, менш впливають на його пропускну здатність. В цьому випадку на перегоні вулиці рух призупиняється чи сповільнюється, а в наближенні до перехрестя не зупиняється. Цей підхід забезпечує підтримку ефективного використання вузла ВДМ при збереженні обслуговування мережею громадського пасажирського транспорту.

До основних критеріїв та умов вибору розташування зупинкового пункту можна віднести: гарантію безпеки руху основного потоку пасажирів, що користуються даним маршрутом; створення мінімальних перешкод для напрямків/потоків, що переважають; скорочення відстані пішохідного підходу до основних об'єктів тяжіння; в місцях розташування зупинок повинно бути забезпечено відстань видимості для вчасної зупинки автомобіля на певній категорії вулиці.

Як правило, для оцінки проектних рішень ВДМ використовують такі показники, як щільність мережі та орієнтовні значення пропускну здатності смуг руху для вулиць різних категорій. У дослідженнях [1-6] запропоновані різні критерії для оцінки ефективності транспортних систем. Як основні критерії розглядаються економічні показники, показники безпеки дорожнього руху, екологічна безпека та стійкість функціонування ВДМ. Різноманіття завдань і ситуацій, що виникають під час проектування ВДМ, обумовлює необхідність використання широкого спектру кількісних показників, детально представлених у роботі [3, 4, 6].

Тривалість середньої затримки зазвичай використовується як критерій оптимізації управління на локальних ділянках, таких як окремі перехрестя або зупинки громадського транспорту. Середня затримка тісно пов'язана з інтенсивністю руху, світлофорними циклами та довжиною черги. Точність

розрахунку середньої затримки є ключовою, оскільки вона визначає довжину черг і загальну затримку. Загальна затримка, яка враховує всі транспортні засоби за певний період, застосовується для оцінки економічної ефективності роботи ВДМ міста чи району, тоді як середня затримка більше відображає якість обслуговування для кожного окремого транспортного засобу.

Щодо ВДМ міста загалом, ситуація неоднозначна, існує багато різних концепцій і підходів. У містобудівній практиці часто використовується показник щільності ВДМ у поєднанні з нормативними вимогами до вулиць різних категорій. При цьому передбачається, що дотримання цих вимог забезпечить достатню пропускну здатність. Також в проектуванні застосовують показник смності ВДМ – максимальну кількість транспортних засобів, які можуть одночасно перебувати на визначеній території.

Стійкість ВДМ визначається її здатністю зберігати пропускну здатність навіть при частковому або повному виключенні окремих елементів із транспортного процесу [6]. Загалом, показники рівня обслуговування розраховуються з використанням елементів теорії масового обслуговування і вимагають складних обчислень. Тому частіше використовують варіанти коефіцієнта обслуговування

$$k = N / P, \quad (1)$$

де N – інтенсивність надходження вимог; P – інтенсивність обслуговування вимог.

Даний показник відповідає вимогам, що критерій повинен бути зрозумілим для широкої аудиторії, повинен встановлюватися як в результаті обстежень, так і розрахунків. Показник отримав назву «рівень обслуговування» і визначається як «якісна характеристика, яка відображає такі сукупні фактори, як швидкість руху, час поїздки, свободу маневрування, безпеку та зручність керування автомобілем» [1]. Цитовані визначення майже в незмінному вигляді містяться у виданнях посібника з оцінки пропускну здатності Highway Capacity Manual (HCM). Даний показник в країнах Європейського регіону та в США є основним критерієм оцінки якості ОДР та був включений до нормативних документів. Нині можна говорити про систему показників рівня обслуговування. У виданні HCM [3] запропоновано показники LOS для більшості елементів ВДМ. Природно, що для кожного виду руху (транспорт, пішоходи тощо) та кожного типу елементів ВДМ (перегони, перехрестя, тротуари, пішохідні переходи тощо) використовуються свій певний показник та відповідний метод його визначення. Таким чином, умови руху транспортних засобів, пішоходів та інших користувачів можна оцінювати на різних елементах ВДМ одним критерієм – показником рівня обслуговування (або рівня зручності).

В роботі [7] підкреслено, що якщо розглядати ВДМ як систему масового обслуговування, то в проектах ОДР оцінку мережі і її окремих елементів можна звести до двох наступних показників: пропускну здатність – максимальна кількість заявок, які може обслужити мережу; рівень обслуговування – якість обслуговування заявок.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даної роботи є визначення підходу до забезпечення ефективності дорожнього руху на ділянках ВДМ середніх та великих міст з наявними зупинками громадського транспорту за рахунок обґрунтованого застосування організаційних та планувальних рішень зупинки громадського транспорту на перегоні вулиць.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для виявлення необхідних умов по застосуванню різних підходів до організації зупиночних пунктів, що спроможні здійснювати найменший вплив на показники ефективності функціонування ділянок ВДМ, проведено дослідження умов облаштування та умов руху. Експеримент мав пасивний характер. Обробка експериментальних даних здійснена лише після закінчення експерименту.

Метою експериментальних досліджень було натурне визначення пропускну здатності зупинкових пунктів. Виходячи з мети досліджень, визначено такі основні завдання:

1. Натурне визначення параметрів, що входять до розрахункових формул з визначення пропускну здатності зупинки (інтенсивність руху автобусів; інтенсивність руху транспортного потоку на сусідній смузі за наявності заїзної кишені, на зупинці або на смузі в якій рухається автобус за умови відсутності заїзної кишені; кількість пасажирів, що вийшли та ввійшли) – фіксація часу прибуття автобуса на зупинку, часу відкриття та закриття дверей, а також час відходу автобуса зі зупинки; фіксація параметрів світлофорного регулювання);

2. Фіксація основних параметрів зупинкового пункту (наявність/відсутність заїзної кишені; ширина заїзної кишені; довжина зупинки; ширина проїзної частини);

3. Обробка результатів експерименту.

Перший етап включає наступні операції:

- визначення меж зупинкового пункту;
- вимірювання довжини зупинкового пункту;
- вимірювання ширини заїзної кишені (за її наявності);

Другий етап передбачає наступне:

- вимірювання ширини проїзної частини;
- визначення наявності світлофорного регулювання;
- фіксація параметрів світлофорного регулювання (цикл роботи світлофора, час роботи дозволяючого та забороняючого сигналів світлофора).

Третій етап включає в себе фіксацію параметрів, що входять до розрахункових формул з визначення пропускної здатності зупинки:

- час під'їзду автобусу до зупинкового пункту;
- час відкриття дверей;
- кількість пасажирів, що вийшли і ввійшли;
- час закриття дверей;
- час відходу автобусу зі зупинкового пункту;

– розрахунок інтенсивності руху громадського транспорту за період спостереження, а також інтенсивності руху інших ТЗ на сусідній смузі (за наявності заїзної кишені) або безпосередньо на тій, по якій рухається громадський транспорт (за відсутності заїзної кишені).

На етапі обробки результатів спостережень проведено розрахунок за формулами визначення пропускної здатності зупинного пункту методом, запропонованим в НСМ [3]. Пропускна здатність зупиночного пункту згідно цієї методики визначається як:

$$B_s = N_{eb} \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600 \cdot \frac{g}{C}}{t_c + \frac{g}{C} \cdot t_d + Z_a \cdot c_v \cdot t_d}, \quad (2)$$

де B_s – пропускна здатність зупинкового пункту, од/год.; B_{bb} – пропускна здатність одного машино-місця, од/год.; g – час циклу світлофора, с; C – час роботи дозволяючого сигналу світлофора, с; t_c – час, що витрачається на відхід з зупинкового пункту, с; Z_a – коефіцієнт, який враховує можливість відмови автобусу в обслуговуванні; t_d – час обслуговування пасажирів, с; c_v – коефіцієнт варіації часу t_d .

Умови залежності (2) забезпечують максимальну пропускну здатність одного машино-місця та передбачають достатню площу та геометрію зупиночного пункту.

Час обслуговування пасажирів – час з моменту повної зупинки транспортного засобу на зупинці до моменту початку руху. На час обслуговування здійснюють вплив різні фактори: місткість транспортного засобу, обсяги пасажирообміну (пасажирів, що виходять - P_a та виходять), час посадки (t_b) та висадки (t_a) одного пасажирів, технічні характеристики рухомого складу (t_{oc}), спосіб сплати за проїзд, середньостатистичне повернення населення району що розглядається тощо.

Значення часу обслуговування пасажирів (час посадки/висадки пасажирів) визначено за залежністю:

$$t_d = t_a \cdot P_a + t_b \cdot P_b + t_{oc}, \quad (3)$$

Для врахування особливостей рухомого складу громадського транспорту, що є переважним для перевезення пасажирів в обраному районі, проведено додаткові спостереження за втратами часу. Однак, для врахування особливостей рухомого складу громадського транспорту, що є переважним для перевезення пасажирів в обраному районі, необхідно провести додаткові спостереження за втратами часу.

Враховуючи випадкову природу часу простою автобусів на зупинці та змінність рухомого складу в даній методиці введено коефіцієнт c_v , який розраховується як відношення

середньоквадратичного відхилення часу простою автобусів до його математичного очікування. У відповідному джерелі [3] рекомендовано використовувати значення $c_v = 60\%$.

Ймовірність відмови в заявці на обслуговування Z_a – це вірогідність прибуття на місце зупинки, яке зайняте іншим транспортним засобом (ймовірність створення черги). Коефіцієнт Z_a відповідно характеризує ймовірність того, що обслуговування пасажирів може перевищити середнє значення t_d .

$$Z_a = \frac{t_i - t_d}{\sigma}, \quad (4)$$

де t_i, t_d – час посадки/висадки, с; σ – середньоквадратичне відхилення часу посадки/висадки, с.

За умови нормального розподілу часу обслуговування пасажирів, коефіцієнт Z_a розглядається як стандартна нормальна змінна. Значення величини встановлені в таблиці 1. У величину часу звільнення зупинки закладається затримка, пов'язана з інтенсивністю транспортного потоку на сусідній смузі руху, тому що висока інтенсивність руху транспортних засобів індивідуального користування створює додаткові перешкоди при вибуванні автобусів з зони зупинки.

Таблиця 1 – Ймовірність відмови та формування затримки автобусів при звільненні зупинкового пункту

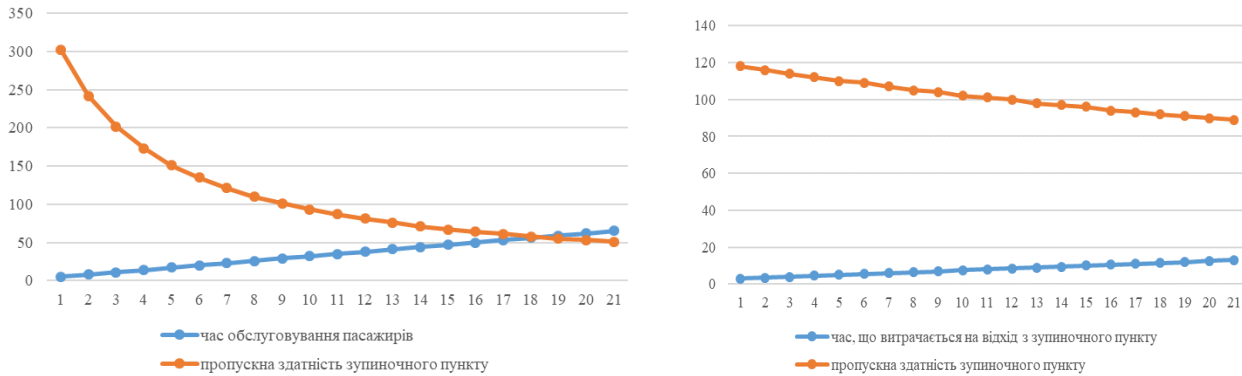
Значення відмови в обслуговуванні		Затримка при звільненні	
Інтенсивність на суміжній смузі, авт/год	Середня затримка, с	Ймовірність створення черги, %	Z_a
100	0	1,0	2,330
200	1	2,5	1,960
300	2	5,0	1,645
400	3	7,5	1,440
500	4	10,0	1,280
600	5	15,0	1,040
700	7	20,0	0,840
800	9	25,0	0,675
900	11	30,0	0,525
1000	14	50,0	0,000

Розташовані в безпосередній близькості від зупинки регульовані перетини (світлофорні об'єкти) впливають на пропускну здатність. При високій інтенсивності руху відбувається накопичення транспортних засобів при сигналі світлофора, що забороняє рух. В результаті на зупинку автобуси приходять групами, що потребує додаткового місця для їх обслуговування та створює додаткові затримки транспорту. Тому ще одним, важливим параметром моделі НСМ, є коефіцієнт зниження пропускну здатності залежно кількості місць на зупинці. Наявність кількох місць на зупинці спричиняє взаємні перешкоди між автобусами, збільшення часу посадки/висадки через додаткові переміщення пасажирів, які не знають на якому з місць зупиниться автобус. В результаті зі зростанням кількості місць, пропускну здатність зростає непропорційно до їх числа [3].

В результаті проведеного дослідження визначено вихідні умови облаштування ділянок ВДМ міста із зупинками та визначено значення складових та підсумкового показника. Аналіз отриманих даних та відповідних значень часу, що витрачається на обслуговування пасажирів, яке наведено в керівництві НСМ, встановлено, що відомі часові оцінки не може бути застосовано для обраних умов руху та умов функціонування типового зупинкового пункту. Тому було проведено додаткове обстеження умов обслуговування пасажирів на зупинці та умов і траєкторій руху автобусів. Обстеження проведено в робочі дні в піковий час ранкового та вечірнього періоду. В результаті отримано діапазон значень $t_d = 5 \div 60$; $t_c = 3 \div 12$.

Для визначення пропускну здатності типової зупинки, які досліджуються, використаємо отримані діапазони: $Z_a = 1,645$; $B_{s1} = 1,0 \cdot \frac{3600}{7 + 0 + 1,645 \cdot 0,6 \cdot 5} = 302$.

Розрахунки проведено для різних умов функціонування при різних можливих випадках попиту та поведінки. Результати відображено на рисунках 1 та 2. При цьому, для встановлення впливу зміни окремого показника на результуючий фактор, інші встановлені не змінними.



- а) від зміни часу обслуговування пасажирів; б) від зміни часу, що витрачається на відхід від зупинкового пункту;

Рисунок 1 – Зміна пропускної здатності зупинки

Для обробки результатів та застосування їх на практиці проведено порівняння отриманої пропускної здатності з інтенсивністю руху громадського транспорту. Відповідно до цього порівняння можна встановити умову оцінки та подальшого прийняття рішення для ефективного функціонування ділянки ВДМ та функціонування системи в цілому. Якщо пропускна здатність нижче ніж інтенсивність руху громадського транспорту, то необхідно вжити заходів щодо поліпшення дорожньої ситуації. З отриманих результатів можна дійти висновку, що пропускна здатність розглянутого зупинкового пункту відповідає реальному рівню завантаження ВДМ.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведені натурні спостереження за умовами руху та умовами облаштування зупинок громадського транспорту дозволили сформулювати необхідний обсяг вихідної інформації для визначення показників ефективності функціонування обраних об'єктів. Оцінку ефективності дорожнього руху здійснено шляхом моделювання параметру рівня обслуговування при збільшенні інтенсивності як загального транспортного потоку, так і інтенсивності транспортних засобів громадського транспорту. Оцінка ефективності дорожнього руху повинна надати можливість встановлення меж допустимих умов функціонування об'єкту дослідження та можливість пропонувати необхідні заходи щодо удосконалення (за необхідності) організації дорожнього руху на ділянках ВДМ міста. Одним з показників, що використовується на практиці є рівень комфортності руху, який визначається на основі значень коефіцієнту завантаження дороги рухом [8] або коефіцієнту обслуговування (LOS), який широко використовується в світовій практиці.

На основі отриманих значень часу, що витрачається на обслуговування транспортних засобів громадського транспорту на зупинці та відповідних значень інтенсивності руху встановлено зміни коефіцієнту обслуговування. При цьому відповідний розрахунок коефіцієнту рівня обслуговування запропоновано здійснити шляхом визначення відношення часу, що витрачається на обслуговування відповідної інтенсивності транспортних засобів в місці розташування зупинок громадського транспорту (включає інтенсивність автобусів та загальний транспортний потік), t_i , с. до загального часу періоду оцінювання (прийнято 1 година), t_{max} , с. Таке співвідношення має аналогічний підхід до відношення інтенсивності до пропускної здатності, однак спроможне врахувати додаткові витрати часу на перегоні, що пов'язані з обслуговуванням транспортних засобів на зупинках громадського транспорту, які реалізовані без додаткового облаштування заїзними кишенями. Тобто, даний підхід враховує умови руху на обраному об'єкті: перегін вулиці з однією смугою руху в кожному напрямку, що додатково має облаштовану на проїзній частині зупинку громадського транспорту.

Розрахунок проведено з урахуванням діапазону зміни досліджуваних випадкових величин часу обслуговування на зупинці. Результати наведено на рис. 2. Наведемо приклад розрахунку для ділянки вулиці Кармельюка (м. Чернівці) в зоні розташування однойменної зупинки:

- інтенсивність транспортного потоку – 340 авт./год;
- інтенсивність автобусів – 10 авт./год;

- час на здійснення операцій на зупинці враховує основні етапи та змінюється в діапазоні (час обслуговування пасажирів 5 - 60 с, час, що витрачається на відхід із зупиночного пункту 3 - 12 с);
 - час який витрачається на проїзд транспортних засобів перерізу перегону без зупинки, прийнято 3 с, як інтервал часу руху транспортних засобів в потоці зі встановленими швидкостями.
- Тоді, $LOS = 1100/3600 = 0,31$.

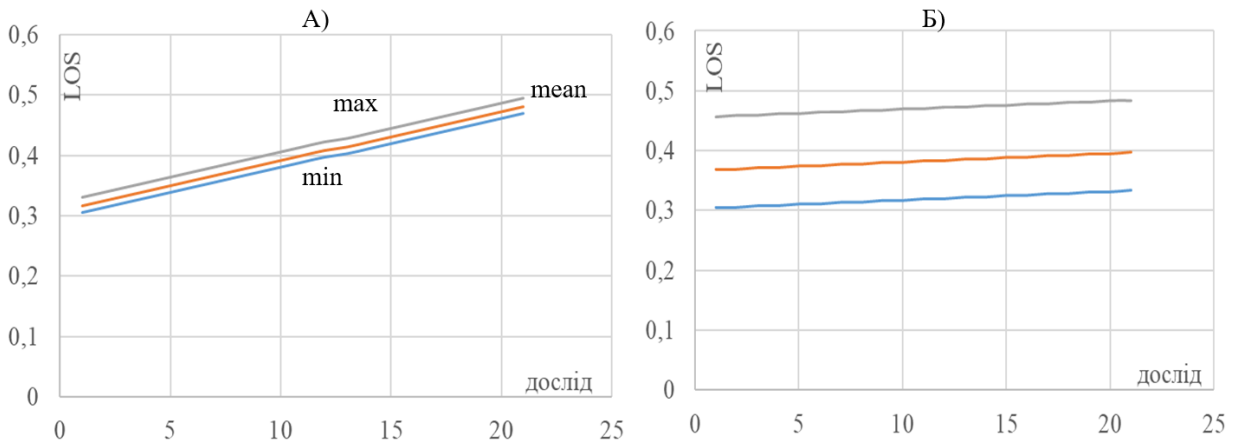


Рисунок 2 – Рівень обслуговування (LOS) відповідно до існуючих умов функціонування досліджуваних ділянок ВДМ м. Чернівці

На рисунку 2 А) відображено зміну рівня обслуговування при зміні часу обслуговування пасажирів на зупинці. На рисунку 2 Б) відображено зміну рівня обслуговування при зміні часу, що витрачається на відхід від зупиночного пункту. З даних графіків видно, що рівень обслуговування ділянки вулиці задовільний (не перевищує значення 0,5 – рівень «В») при будь яких умовах зайнятості зупинок, які реально склалися на обраних об'єктах дослідження.

Для розробки рекомендацій та встановлення критичних умов функціонування типової ділянки проведено моделювання параметру рівня обслуговування при збільшенні інтенсивності як загального транспортного потоку, так і інтенсивності транспортних засобів громадського транспорту. В результаті (рис. 3) встановлено апроксимуючу функцію значення коефіцієнта обслуговування від зміни інтенсивності руху транспорту. Отримані розрахункові значення дозволяють визначати критичні зони стану потоку на типових ділянках, у яких рух буде мати задовільні або незадовільні характеристики. Також це дозволяє сформулювати рекомендацію щодо критичних інтенсивностей руху при яких стан потоку буде стрімко наближатись до заторового. Однак, слід відмітити, що отримані показники враховують тільки розглянуті умови організації руху транспорту на перегоні вулиці, без врахування облаштування паркувального простору вздовж бортового каменя та без врахування планування інфраструктури активної індивідуальної мобільності населення [9], що для великих населених пунктів відмічається, як динамічний напрямок розвитку з великим потенціалом забезпечення ефективності роботи транспортної системи міста.

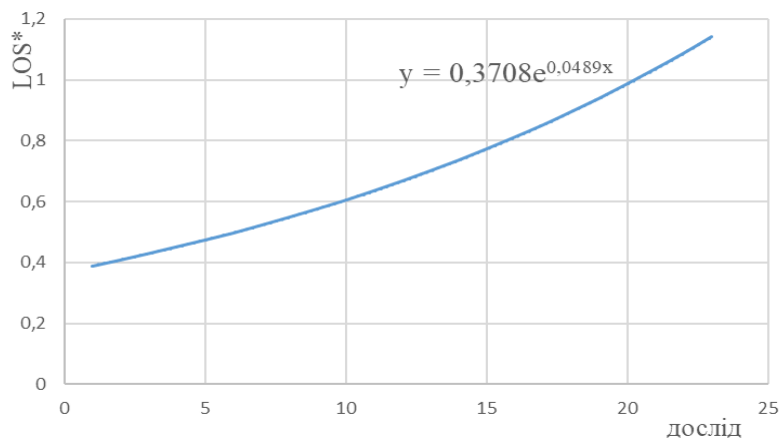


Рисунок 3 – Зміна значення коефіцієнта обслуговування від зміни інтенсивності руху транспорту на ділянці ВДМ

ВИСНОВКИ

Ефективне управління транспортними потоками в умовах міських зупинок громадського транспорту потребує комплексного підходу. На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- зростання інтенсивності руху в містах із історичною забудовою призводить до збільшення кількості ДТП, що потребує розвитку громадського транспорту та поліпшення інфраструктури;
- функціонування зупинок громадського транспорту має забезпечувати безпеку пасажирів і мінімізувати негативний вплив на загальну пропускну здатність ВДМ;
- основними критеріями для оцінки ефективності рішень з ОДР є економічні, екологічні та показники безпеки;
- підвищення ефективності роботи зупинок громадського транспорту є ключовим фактором покращення якості транспортного обслуговування та забезпечення стійкості ВДМ у цілому;
- в результаті моделювання параметру рівня обслуговування при збільшенні інтенсивності як загального транспортного потоку, так і інтенсивності транспортних засобів громадського транспорту встановлено апроксимуючу функцію значення коефіцієнта обслуговування від зміни інтенсивності руху транспорту;
- отримані розрахункові значення дозволяють визначати критичні зони стану потоку на типових ділянках, у яких рух буде мати задовільні або незадовільні характеристики. Запропонований підхід дозволяє сформулювати рекомендацію щодо критичних інтенсивностей руху при яких стан потоку буде стрімко наблизитись до заторового: при інтенсивності автобусів в потоці більше 12 од. та загальній інтенсивності більше 500 авт/год рівень комфортності досягне рівня «Г-а».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Rune Elvik, Anne Borger Mysen, Truls Vaa. Trafikksikkerhetshåndbok: oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak / Rune Elvik, Anne Borger Mysen, Truls Vaa // Transportøkonomisk Institutt TØI. 1997. 704 p.
2. Janette Sadik-Khan Streetfight: Handbook for an Urban Revolution / Janette Sadik-Khan, Seth Solomonow // Penquin Books. 2017. 368 p.
3. HCM 2010. Highway Capacity Manual / Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies // 2010. 1475 p.
4. Абрамова Л.С. Аудит безпеки дорожнього руху: підручник / Л.С. Абрамова, І.С. Наглюк, В.В. Ширін, С.В. Капінус, Г.Г. Птиця // Харків: ХНАДУ, 2016. 260 с.
5. Бакуліч, О.О. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єрєсов та ін. // Київ: Знання України, 2011. 467 с.
6. Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2022. <https://doi.org/10.17226/26432>.
7. Нагребельна Н.П. Удосконалення управління дорожнім рухом на магістральній вулично-дорожній мережі міст. Дис. на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)». 2021. 192 с.
8. Абрамова Л.С. Практикум з проведення аудиту безпеки дорожнього руху / Л.С. Абрамова, І.С. Наглюк, В.В. Ширін, Г.Г. Птиця, С.В. Капінус, О.С. Левченко, Т.В. Харченко. Навч. посібник. Х.: ХНАДУ, 2019. 140 с.
9. Птиця Г.Г., Абрамова Л.С., Птиця Н.В. До питання розвитку велоінфраструктури і планування мобільності у містах. Науково-виробничий журнал «Автошляховик України», Випуск 3'2024. Київ. 2024. № 3. С. 19-28.

PREFERENCES

1. Rune Elvik, Anne Borger Mysen, Truls Vaa (1997) Trafikksikkerhetshåndbok: oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak. Transportøkonomisk Institutt TØI. 704 p.
2. Janette Sadik-Khan, Seth Solomonow (2017) Streetfight: Handbook for an Urban Revolution. Penquin Books. 368 p.
3. HCM 2010 (2010) Highway Capacity Manual. Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies. 1475 p.
4. Abramova L.S., Nahliuk I.S., Shyrin V.V., Kapinus S.V., Ptytsia H.H. (2016) Audyt bezpeky dorozhnoho rukhu: pidruchnyk. Kharkiv: KhNADU 260.

5. Bakulich, O.O., Dziuba O.P., Yeresov V.I. ta in. (2011) Orhanizatsiia ta rehuliuвання dorozhnoho rukhu: pidruchnyk. Kyiv: Znannia Ukrainy 467.
6. Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. (2022) Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. <https://doi.org/10.17226/26432>.
7. Nahrebelna N.P. (2012) Udoskonalennia upravlinnia dorozhnim rukhom na mahistralnii vulychno-dorozhnii merezhi mist. Candidate's thesis, 192.
8. Abramova L.S., Nahliuk I.S., Shyrin V.V., Ptytsia H.H., Kapinus S.V. ta in. (2019) Praktykum z provedennia audytu bezpeky dorozhnoho rukhu. Navch. posibnyk. Kh.: KhNADU. 140.
9. Ptytsia H.H., Abramova L.S., Ptytsia N.V. (2024) Do pytannia rozvytku veloinfrastruktury i planuvannia mobilnosti u mistakh. Naukovo-vyrobnychy zhurnal Avtoshliakhovyk Ukrainy. Kyiv. 3. 19-28.

Ptytsia H.H., Ptytsia N.V. The influence of the infrastructure of the route network of public transport on the efficiency of road traffic in cities

The article examines approaches to evaluating the performance of elements within a city's street-road network, considering economic, safety, and environmental criteria. The main focus is on analyzing various indicators used to assess the street-road network's operation, such as capacity, average and total vehicle delay, traffic intensity, network density, and capacity. Factors influencing congestion and their correlation with the capacity of individual sections are explored. Emphasis is placed on the necessity of considering these indicators when planning transport infrastructure. Measures aimed at improving both safety and efficiency of traffic are reviewed. The resilience of the city's street-road network and its ability to maintain functionality under changing circumstances are analyzed. An assessment is made of the operating conditions of road network sections, taking into account the impact of public transport stops in the studied area, and the correlation between the design and servicing parameters of the stop points with traffic efficiency indicators is established.

Changes in the service coefficient spent on servicing public transport vehicles at a stop have been determined. This approach takes into account the traffic conditions at the selected location: a street segment with one lane in each direction, additionally featuring a public transport stop located on the roadway. Recommendations have been developed, and critical operating conditions for a typical road section within the city's street-road network have been established. A simulation of the level of service parameter was conducted, considering increases in both overall traffic flow and the intensity of public transport vehicles. The findings will provide recommendations for applying various criteria and indicators to optimize traffic flow management, thereby enhancing the efficiency of the street-road network amid increasing traffic demands.

Key words: street-road network, traffic intensity, public transport, stop point, capacity, traffic control devices, traffic flow.

ПТИЦЯ Геннадій Григорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри організації і безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5061-0144>

ПТИЦЯ Наталія Василівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна, e-mail: nataliya.ptitsa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-4559-7651>

PTYTSIA Hennadii, Ph. D. of Engineering, Associate Professor at the Department of Traffic Management and Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5061-0144>

PTYTSIA Natalia, Ph. D. of Engineering, Associate Professor at the Transport Systems and Logistics Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: nataliya.ptitsa@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-4559-7651>

DOI 10.36910/automash.v2i23.1541