

УДК 656.11

ВПЛИВ НАЗЕМНОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПОТІК НАСИЧЕННЯ І ЧАС РОЗОСЕРЕДЖЕННЯ ЧЕРГИ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА

С. Ю. Тімкіна, ст. викладач

Національний авіаційний університет

svetlana_timkina@ukr.net

Проведено аналіз впливу наземного громадського транспорту на потік насичення і час розосередження черг на вулично-дорожній мережі міста залежно від розташування зупиночного пункту відносно перетину. Виявлені фактори, що впливають на утворення черг та час затримок.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа міста, наземний громадський транспорт, зупиночний пункт, перетин, черга, затримка.

Analysis of the impact of public transport on the flow of saturation and a dispersal queues on the road network of the city depending on the location stops relatively intersection was conducted. Factors influencing formation of queues and time delays have been found.

Keywords: road network of the city, land public transport stops, intersections, queue, delay.

Вступ

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) міст нормується певними нормативами [1; 2]. Проте, класифікації ВДМ у цих нормативах мають недоліки, що часто не дозволяє віднести ту чи іншу магістраль до якоїсь однієї визначеної категорії, а серед класифікації автомобільних доріг зовсім відсутня така категорія як транспортні коридори, будівництво яких уже ведеться в Україні, і які потребують зовсім нових об'єктів транспортної інфраструктури і принципів їх розміщення [3].

Одним з напрямків Державної програми забезпечення безпеки руху на автомобільних шляхах, вулицях міст, інших населених пунктів і залізничних переїздах є напрямок — «забезпечення безпеки руху на пасажирському транспорті». Не виключаючи з нього проблем, пов'язаних з безпекою руху також трамваїв і тролейбусів, скажемо, що поява в останні роки на ринку транспортних послуг майже 15 тисяч перевізників, погіршує стан безпеки на вулицях і дорогах. Зростає кількість ДТП з тяжкими наслідками і саме. в першу чергу. з вини перевізників.

Постановка проблеми

На розподіл автомобілів за шириною проїзної частини і утворення рядів руху впливають такі чинники: діючі правила дорожнього руху; спосіб організації поворотного руху і частка автомобілів, що повертають; інтенсивність руху в одному напрямку; склад транспортного потоку; кількість смуг руху на підході до перетину, кількість наземного громадського транспорту в складі транспортного потоку; розміщення зупиночного пункту щодо перетину та ін.

Дослідження, що проводилися, показали: розташовані на першій смузі проїзної частини зупи-

ночні пункти впливають на розподіл транспортних засобів за смугами, причому цей вплив на трьохсмугових підходах істотніше ніж на чотирьохсмугових. Про це свідчать і такі дані: за наявності екіпажів наземного громадського транспорту на першій смузі рухаються в середньому 13,8 % усіх транспортних засобів по цій смузі (включаючи громадський транспорт). На другій і третій смугах рухаються відповідно 42,0 і 44,2 % транспортних засобів. У циклах, у яких екіпажі наземного громадського транспорту були відсутні в транспортному потоці, розподіл за смугами був такий: 18,6 % усіх транспортних засобів, що рухалися по першій смузі, 39,6 % по другій і 41,8 % по третій смузі. Різниця в зайнятості першої смуги становить близько 5 %, тобто за наявності екіпажів наземного громадського транспорту на першій смузі і розміщенні зупиночного пункту до перетину відбувається перерозподіл транспортних засобів.

У зв'язку з цим інтерес представляє аналіз потоку за складом. Легкові автомобілі рухалися по всім трьом смугам, вантажний транспорт по першій і другій смугах. За наявності громадського транспорту рухалися 8,9 % легкових автомобілів по першій смузі, а по другій і третій смугах відповідно 39,3 і 51,8 %. За відсутності екіпажів наземного громадського транспорту в потоці рухалися 15,9 % усіх легкових автомобілів по першій смузі, 37,4 % по другій і 46,7 % по третій. Невелика різниця в зайнятості другої смуги легковими автомобілями пояснюється переходом значної частини вантажного транспорту на другу смугу за наявності громадського транспорту в потоці. Так за наявності екіпажів наземного громадського транспорту на першій смузі рухалися тільки 21,7 % вантажних автомобілів по цій

смузі. За відсутності громадського транспорту в потоці ця частка збільшилася до 42 %.

При обробці даних було встановлено, що зайнятість першої смуги за наявності на ній екіпажів наземного громадського транспорту коливається в межах від 6,4 до 21,7 %. Аналіз показав, що на зайнятість першої смуги істотно впливають момент прибуття екіпажу громадського транспорту на зупиночний пункт протягом циклу і час обслуговування. Найбільша зайнятість першої смуги спостерігалася в тих випадках, коли екіпажі наземного громадського транспорту прибували на зупиночний пункт в кінці зеленої фази і після обслуговування пасажирів займали перше місце в черзі перед світлофором.

Дослідження, проведені на трьохсмуговій проїзній частині з розташованими перед перетином розосередженими зупиночними пунктами, показали, що на розподіл транспортних засобів за смугами великий вплив здійснює також частка автомобілів, що повертає та ширина першої смуги руху. Незважаючи на наявність розосереджених зупиночних пунктів на першій смузі, різниця в зайнятості першої смуги склала всього лише близько 2 %. Поясненням може служити той факт, що автомобілі які повертають, склали приблизно 35 % транспортних засобів які прямують по першій смузі. В окремих циклах частка поворотного руху досягла 70 %.

Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз схем організації міського пасажирського транспорту (МПТ) і, в першу чергу, в центрах міст України, свідчить про наявність суттєвих недоліків. За класифікацією маршрутів, запропонованою канд. техн. наук С. В. Дубовою [4], маршрути, що обслуговують центр міста, поділяються на наскрізні; такі що мають один кінцевий пункт у самому центрі і внутрішні. Усі ці маршрути можна характеризувати коефіцієнтом непрямої лінійності маршруту, що являє собою відношення відстані між кінцевими пунктами маршруту, взятої по повітряній лінії, до довжини маршруту. Цей коефіцієнт у зв'язках з головним транспортним вузлом міста чи його центром не повинен перевищувати 1,15, а у самому центрі 1,2 при середній його величині по місту 1,25.

Здавалося б, що з появою перевізників (маршрутних таксі) різних форм власності можна було виправити цей показник, створюючи альтернативні маршрути і не дублюючи вже існуючі. При цьому можна було б поліпшити транспортне обслуговування населення, скоротивши витрати часу на поїздки [5].

Основний матеріал досліджень з обґрунтування наукових результатів

Потік насичення є однією з двох складових при розрахунку пропускної здатності смуги проїзної частини на перетині:

$$N_n = \rho M_n, \quad (1)$$

де ρ — частина циклу, яку становить зелений сигнал — $\rho = G - t_c / z$; M_n — потік насичення смуги руху — $M_n = 3600 / t_c$.

Величина t_c залежить від ширини смуги, складу потоку і частки автомобілів, що повертають.

Завданням даного дослідження була оцінка впливу наземного громадського транспорту на час розосередження черги і, таким чином, на середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп-лінію».

Дослідження проводилися за шириною смуги 3,50 м.

Розглядалися тільки черги, всі транспортні засоби яких після перетину «Стоп-лінії» спрямовували в прямому напрямку. Склад потоку вивчався за допомогою коефіцієнтів зведення різних видів транспорту до легкового автомобіля. Вантажний автомобіль або екіпаж наземного громадського транспорту еквівалентний 1,7 легковим автомобілям. Коефіцієнт приведення для автопоїздів становить 2,7. Правильність вибору коефіцієнта приведення для безрейкового громадського транспорту в 1,7 підтверджується дослідженнями; проведеними транспортної та дорожньої дослідницькою лабораторією Великої Британії [6], яка пропонує для визначення еквівалента легкових автомобілів (ЕЛА) автобусів таку залежність:

$$P_A = 0,5 + 0,11 l_A, \quad (2)$$

де l_A — довжина транспортного засобу в м.

Згідно з цим рівнянням коефіцієнт приведення для автобусу з $l_A = 10,5$ м склав би 1,655, що близько до 1,7.

Математично-статистичне оброблення велось окремо для черг, у яких був відсутній наземний громадський транспорт, і для випадків, коли він перебував у черзі перед світлофором.

Завданням обробки являлося визначення залежності між кількістю транспортних засобів у черзі і часом її розосередження. Оскільки склад потоку враховується за допомогою коефіцієнтів приведення, то має місце проста лінійна залежність типу

$$y = Ax + B$$

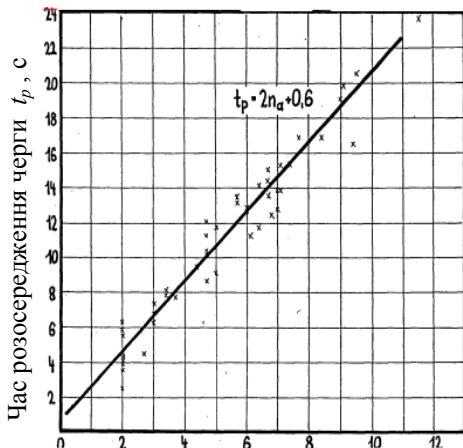
або

$$t_p = An_a + B, \quad (3)$$

де t_p — час розосередження черги; n_a — кількість транспортних засобів у черзі (приведених до легкових автомобілів).

У разі відсутності екіпажів наземного громадського транспорту в черзі рівняння приймає такий вигляд (рис. 1):

$$t_p = 2,0n_a + 0,6. \quad (4)$$



Кількість транспортних засобів у черзі (наведених до легкового автомобіля)

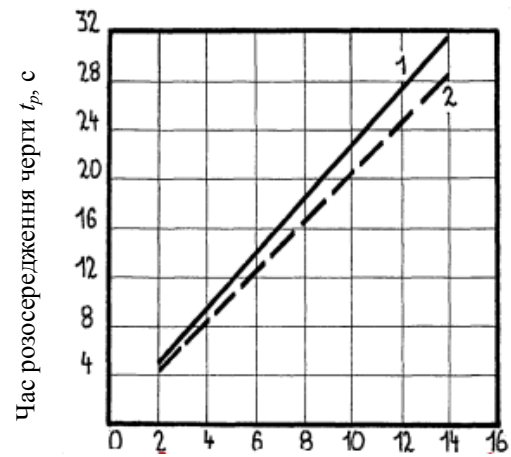
Рис. 1. Час розосередження за відсутності в черзі наземного громадського транспорту

Це означає, що середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп-лінію» становить 2,0 с. Отриманий інтервал відповідає значенням приведеним у радянських та закордонних джерелах [7; 8]. Відрізок часу між включенням зеленого сигналу світлофора і перетином «Стоп-лінії» першим автомобілем склав у середньому 0,6 с. Високий коефіцієнт кореляції ($T_k = 0,976$) показує, що між кількістю автомобілів у черзі і часом її розосередження існує тісна лінійна залежність. Він також свідчить про те, що обрані коефіцієнти приведення досить точно відображають еквіваленти в легкових автомобілях різних типів транспортних засобів.

У результаті обробки даних вимірювання часу розосередження черги за наявності в ній екіпажів наземного громадського транспорту було отримано таке рівняння (рис. 2):

$$t_p = 2,2n_a + 0,6. \quad (5)$$

Із рівняння видно, що за наявності в черзі екіпажу наземного громадського транспорту середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп-лінію» збільшується до 2,2 с.



Кількість транспортних засобів у черзі (наведених до легкового автомобіля)

Рис. 2. Час розосередження за наявності (1) і відсутності (2) у чергах екіпажів наземного громадського транспорту

Відрізок часу між включенням зеленого сигналу світлофора і перетином «Стоп-лінії» першим автомобілем має як і у випадку відсутності громадського транспорту в черзі значення 0,6 с.

Коефіцієнт кореляції становить 0,965. Під час розрахунків з іншими коефіцієнтами приведення для тролейбусів (1,9; 2,2) збереглося значення середнього інтервалу проходження автомобілів через «Стоп-лінію» в 2,2 с.

Можна зробити висновок, що наявність екіпажів наземного громадського транспорту в черзі призводить до збільшення часу її розосередження, особливо зі зростанням кількості автомобілів у черзі.

Докладний аналіз результатів вимірювання показав, що великий вплив на час розосередження черги надає місцезнаходження в ній екіпажу громадського транспорту. Максимальні значення спостерігалися в тих випадках, коли наземний громадський транспорт знаходився в середині черги.

Висновок

Пункти зупинок, особливо розташовані перед перетином, впливають на розподіл транспортних засобів по смугах.

За наявності екіпажу наземного громадського транспорту на зупиночному пункті відбувається перерозподіл транспортних засобів на сусідні смуги. На чотирьохсмугових проїзних частинах через малу зайнятість першої смуги зупиночні пункти роблять менший вплив на розподілу транспортних засобів по смугах.

Під час зайнятості зупиночного пункту зменшуються швидкості руху на сусідніх смугах.

Через зниження швидкостей відбувається перерозподіл транспортних засобів проїзною частиною, ущільнення потоку і зменшення зазорів безпеки між автомобілями.

Якщо на зупиночному пункті знаходиться екіпаж наземного громадського транспорту це виключає рух інших видів транспорту по першій смузі проїзної частини, що призводить до зменшення пропускної здатності перетину. Переулаштування транспортних засобів на другу смугу проводиться за наявності тимчасових інтервалів між автомобілями більше 4,5/6,0 с.

За наявності в черзі екіпажу наземного громадського транспорту середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп-лінію» збільшується від 2,0 до 2,2 с.

Перетин в одному рівні є джерелом додаткової затримки для громадського транспорту, особливо за необхідності розміщення зупиночного пункту до перетину.

Автомобілі, що стоять перед світлофором, перешкоджають черги автомобілів в'їзду і виїзду наземного громадського транспорту на або з зупиночного пункту. Черги призводять до збільшення затримок наземного громадського транспорту безпосередньо біля світлофора.

При проектуванні перетинів на одному рівні потрібен новий підхід. Необхідно просторове розподілення автомобільного та наземного громадського транспорту в зоні перетину. Це сприяє, з одного боку, зменшенню впливу зупиночних пунктів на режим руху автомобільного транспорту в зоні перетину, а з другого — знижує до мінімуму додаткові затримки наземного громадського транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Державні будівельні норми України: Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92**. — К. : Держбуд України, 2002. — 140 с.

2. *Державні будівельні норми України: Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. ДБН В.2.3.5-2001*. — К. : Держбуд України, 2001. — 51 с.

3. *Рейцен Є. О.* Організація і безпека міського руху: навч. посібник / Є. О. Рейцен. — К. : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2014. — 454 с.

4. *Дуброва С. В.* Метод расчета маршрутной сети городского пассажирского транспорта с учетом автоматизированного управления движением: автореф. дис. канд. техн. наук: 18.00.04 / С. В. Дуброва. — Киевский инж.-строит. институт. — К. : 1989. — 22 с.

5. *Кучеренко Н. М.* Застосування непараметричних статистичних методів до оцінки ефективності транспортних послуг / Н. М. Кучеренко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. — Вып. 36. — К. : Техника, 2002. — С. 438–441.

6. *Danas A.* Passaner car equivalents of Buses with different number of seat. *Traffic Engineering and Control*, 1981, 22, № 10, 514–521, b. : Экспресс-информация «Городской транспорт», 1982, № 12, реф. 77, 4–10.

7. *Рушевский В. П.* Организация и регулирование уличного движения с применением автоматических средств управления / В. П. Рушевский. — М. : Высшая шк., 1974. — 239 с.

8. *Schnabel W., Lohse D.* : Grundlager der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung. Transpress, VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin, 1980.

Стаття надійшла до редакції 30.08.2016