

К. Є. Вакуленко¹, О. І. Лежнева², Н. А. Соколова¹

¹Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВИДІЛЕНОЇ СМУГИ РУХУ ДЛЯ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ

© Вакуленко К. Є., Лежнева О. І., Соколова Н. А., 2019

Розглянуто доцільність та можливість виділення окремої смуги руху для автобусних маршрутів міського пасажирського транспорту та впровадження комбінованого режиму руху, з метою підвищення попиту на транспортні послуги з урахуванням інтересів транспортних підприємств та потреб пасажирів, надійності й безпеки транспортного обслуговування.

Ключові слова: безпека руху, міський пасажирський транспорт, виділена смуга руху, комбінований режим руху на міських автобусних маршрутах.

K. Vakulenko, N. Sokolova, O. Lezhneva

THE EXPEDIENCY OF USING THE DEDICATED LANE FOR URBAN BUS ROUTES

The expediency and possibility of allocating a priority lane for the urban public transport routes and the introduction of city transit service of movement on bus routes, in order to increase transport demand, due to involving interests of transport companies and the requests of passengers in terms of quality, reliability and safety are considered.

Key words: traffic safety, urban public transport, priority traffic lane, city transit service.

Формулювання проблеми. Сучасний розвиток суспільства у всіх сферах життя зумовлює збільшення соціально-побутових і виробничих потреб, а рухливість населення неухильно зростає, що призводить до її перерозподілу з міського пасажирського транспорту (МПТ) на особистий. Однак в умовах підвищення рівня автомобілізації управління безпеки дорожнього руху в Україні фіксують значну кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), причому збільшення не тільки їх кількості, але й їх тяжкості. Більшість ДТП з маршрутними транспортними засобами відбувається за участю автобусів, що рухаються міськими маршрутами.

Одним з виходів з ситуації, що склалася, є розвиток системи МПТ і застосування таких методів організації міських пасажирських перевезень та методів організації дорожнього руху, що сприятимуть створенню безпечних та комфортних умов для всіх учасників дорожнього руху, зменшенню транспортної втомлюваності пасажирів, рівня екологічного забруднення довкілля і, як наслідок, позитивно впливатимуть на економічні та соціальні аспекти життєдіяльності людини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні наукові дослідження та практичний досвід дають змогу намітити шляхи зменшення та можливої подальшої ліквідації небажаних наслідків автомобілізації. Для оцінювання аварійності під час проектування та експлуатації маршрутів МПТ і подальшого розроблення заходів з підвищення безпеки руху пропонується використовувати такі методи та показники: топографічний аналіз; підсумковий коефіцієнт аварійності; коефіцієнт відносно аварійності (для ділянки і для перехрестя); коефіцієнт важкості ДТП; показник безпеки для конкретного місця на транспортній мережі, який запропонував Ф. Рейнгольд; методику оцінки числового показника конфліктності, яку запропонував Є. М. Лобанов [3, 4].

Проаналізувавши методи удосконалення процесу перевезень пасажирів на міському пасажирському транспорті [1–7], ми визначили, що одним з них щодо удосконалення міських пасажирських перевезень є зміна маршрутної системи через впровадження експресних, швидкісних та комбінованих маршрутів. Аналізом методів вибору режимів руху транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту [1, 5–7] встановлено, що жоден з них не враховує інтереси як пасажирів, так і транспортного підприємства. Управління якістю транспортного обслуговування через вибір режиму руху на автобусних маршрутах міста з виділеною смугою руху на зразок системи BRT [3, 8, 9] з урахуванням інтересів транспортних підприємств та потреб якісного обслуговування пасажирів, надійності й безпеки дасть змогу підвищити попит на послуги МПТ.

Формулювання мети. Дослідження показників безпеки руху та їх впливу на ймовірність виникнення ДТП під час запровадження виділеної (спеціалізованої) смуги руху для маршрутів МПТ з урахуванням організації комбінованого режиму руху на автобусних маршрутах міста.

Виклад основного матеріалу.

Одним з головних завдань щодо забезпечення безпеки руху на маршрутах МПТ є безпека пасажирів, яку потрібно розглядати у декількох аспектах: безпечний підхід до зупинки; безпечна посадка/висадка на зупинці; безпека у салоні транспортного засобу під час здійснення поїздки за маршрутом.

Аналіз статистичних даних ДТП у м. Харкові за 2016–2017 рр. за участю транспортних засобів МПТ виявив, що найпоширенішим видом ДТП є зіткнення як з транспортними засобами МПТ, так і з іншими учасниками руху (легковими, вантажними автомобілями). На всіх видах МПТ питома частка автобусів найбільша (табл. 1).

Таблиця 1

Питома частка ДТП (зіткнення) на видах наземного МПТ

Вид наземного МПТ	2016 рік	2017 рік
Тролейбус	88,02 %	86,56 %
Трамвай	91,25 %	92,62 %
Автобус	82,13 %	82,63 %

Для оцінки можливості впровадження швидкісного режиму руху чи систем подібних BRT за рахунок виділення смуги руху для маршрутів МПТ розглянуто маршрутну систему м. Харкова з урахуванням таких чинників: 1 – кількість та ширина смуг руху на вулицях, по яких пролягають маршрути; 2 – умови дорожнього руху; 3 – інтенсивність транспортних потоків; 4 – призначення маршруту; 5 – історично сформована забудова та її щільність.

З розглянутих маршрутів міста для подальшого розгляду щодо впровадження виділеної (спеціалізованої) смуги руху для маршрутів МПТ вибрано маршрутну мережу Слобідського району. На підставі аналізу статистичних даних визначено найбільш аварійні місця на транспортній мережі цього району – доволі багато їх на трасі автобусному маршруті № 226е.

Для аварійних місць на маршруті (перехрестя та ділянки) розраховано зміну коефіцієнта аварійності (K_a) за різних умов та побудовано характеристичні графіки. Для окремих ділянок маршруту визначено пропускну здатність (P) та коефіцієнти завантаження смуги руху (K_s) до впровадження і після впровадження виділеної (спеціалізованої) смуги для МПТ.

На пропускну здатність ділянки або смуги руху транспортної мережі впливає багато різноманітних чинників: кількість смуг, ширина смуги руху, тип дорожнього покриття, склад транспортного потоку, поздовжні ухили, наявність та тип перетинів та інші [10–12]. Як показує аналіз складу транспортних потоків, на крайніх смугах рухаються легкові автомобілі (70–85 %), транспортні засоби МПТ (15–5 %) і вантажні автомобілі середньої вантажності (5–20 %), а на інших смугах – легкові (80–95 %) та вантажні автомобілі (5–20 %). Тому під час визначення пропускну здатності та коефіцієнта завантаження рухом на маршруті № 226е для крайніх смуг також враховано частку транспортних засобів МПТ.

На смугах руху визначено ймовірність виникнення ДТП до впровадження і після впровадження виділеної (спеціалізованої) смуги руху з використанням формули [13]:

$$P_{\text{ДТП}} = 0,2272 \cdot K_3 \cdot e^{-0,2272 \cdot K_3}, \quad (1)$$

де $P_{\text{ДТП}}$ – ймовірність виникнення ДТП; K_3 – коефіцієнт завантаження дороги (смуги руху) рухом.

Оскільки по виділеній смузі передбачається рух автобусів і тролейбусів, то пропускну здатність приймаємо від 70 до 90 тролейбусів/год [14] або 280 авт./год (у зведених одиницях).

На основі розрахунків побудовано номограми для крайніх смуг руху (з МПТ) до впровадження виділеної смуги, на виділеній смузі руху, а також для інших смуг, що дають змогу визначити ймовірність виникнення ДТП на розглянутій ділянці та коефіцієнт завантаження рухом з урахуванням різних параметрів. Наприклад, на ділянці пр. Л. Ландау з інтенсивністю 480 авт./год та шириною смуги руху 4 м (більше ніж 3,75 м) отримано значення коефіцієнта завантаження смуги рухом 0,74 та відповідне значення ймовірності виникнення ДТП – 0,14 (рис. 1).

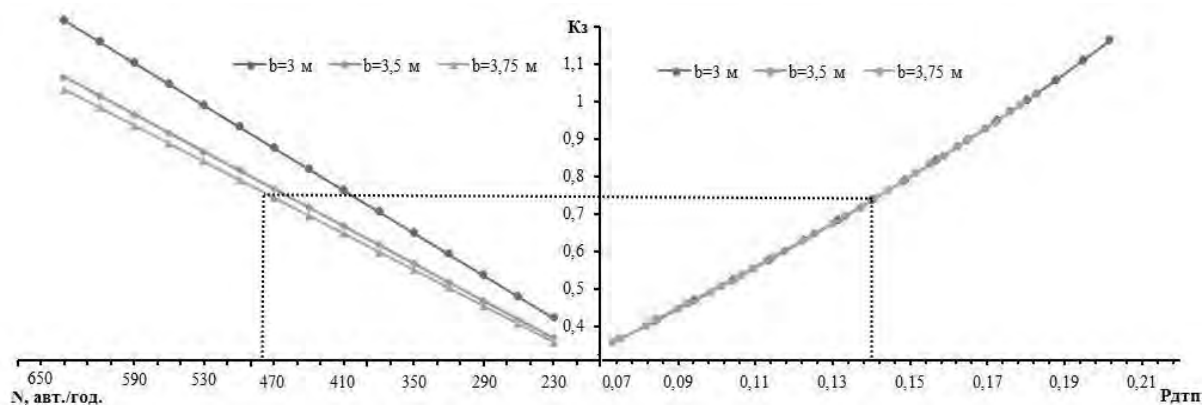


Рис. 1. Номограма для визначення ймовірності виникнення ДТП на смузі руху (з МПТ) до впровадження окремої смуги для МПТ для різних ширин смуг руху

Розрахунки свідчать про зменшення ймовірності виникнення ДТП та підвищення рівня безпеки у разі виділення для руху МПТ окремої (спеціалізованої) смуги (табл. 2), але на ділянці маршруту по пр. Героїв Сталінграда (до пр. Григоренка) після впровадження виділеної смуги на іншій смузі спостерігається значне підвищення коефіцієнта завантаження (1,07), що призведе до виникнення заторових ситуацій.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів завантаження рухом та ймовірність виникнення ДТП на ділянках автобусного маршруту № 226е

Ділянка маршруту	Ширина смуги, м	До впровадження виділеної смуги				Після впровадження виділеної смуги			
		смуга руху з МПТ		смуга руху без МПТ		виділена смуга руху для МПТ		смуга руху без МПТ	
		Кз	Рдтп	Кз	Рдтп	Кз	Рдтп	Кз	Рдтп
Пр. Л. Ландау	4	0,74	0,14	0,776	0,148	0,5	0,101	0,85	0,16
Пр. Героїв Сталінграда (до пр. Григоренка)	4,5	0,86	0,16	-	-	0,321	0,068	-	-
	3,5	-	-	0,76	0,14	-	-	1,07	0,19
Пр. Героїв Сталінграда (після пр. Григоренка)	4,5	0,49	0,10	-	-	0,214	0,046	-	-
	3,5	-	-	0,42	0,086	-	-	0,73	0,14

На розглянутих ділянках маршруту запропоновано розширити проїзну частину на 3 м з кожної сторони (планувальні характеристики цієї ділянки транспортної мережі дають змогу це зробити), щоб організувати три смуги руху в кожному напрямку завширшки 4 м, 3,5 м і 3,5 м.

Впровадження такого заходу дасть змогу виділити окрему смугу руху для МПТ і знизити коефіцієнт завантаження смуги рухом та ймовірність виникнення ДТП на двох інших смугах на 49,35 % і 43,15 %, відповідно.

Для вибору режиму руху автобусів у міському сполученні пропонується така цільова функція, що враховує інтереси як пасажирів, так і транспортного підприємства, за рахунок обліку витрат на їх експлуатацію і вартісної оцінки наслідків транспортного процесу [3, 6]:

У повному розгорнутому вигляді цільову функцію можна записати так:

$$Z = \frac{\tau \cdot N^{(n)} (E_{ET}^{variable} \cdot V_e^{(n)} + E_{TE}^{permanent}) + (RI_{pas1}^{(n)} \cdot Q_1^{(n)} + RI_{pas2}^{(n)} \cdot Q_2^{(n)})}{Q_{total}^{(n)}} + \frac{\tau \cdot N^{(ex)} (E_{ET}^{variable} \cdot V_e^{(ex)} + E_{TE}^{permanent}) + (RI_{pas1}^{(ex)} \cdot Q_1^{(ex)} + RI_{pas2}^{(ex)} \cdot Q_2^{(ex)})}{Q_{total}^{(ex)}} \rightarrow \min$$

$N^{(n)} + N^{(ex)} = const$

де $N^{(n)}$ – кількість ТЗ, що працюють у звичайному режимі руху, од.; $N^{(ex)}$ – кількість ТЗ, що працюють в експресному режимі руху, од.; $E_{TE}^{variable}$ – змінні витрати транспортного підприємства, грн/км; $E_{TE}^{permanent}$ – постійні витрати транспортного підприємства, грн/год; A – кількість ТЗ на маршруті, од.; t – тривалість розрахункового періоду, год; $V_e^{(n)}$, $V_e^{(ex)}$ – експлуатаційна швидкість на маршруті за звичайного та експлуатаційного режимів руху відповідно, км/год; $RI_{pas1}^{(n)}$, $RI_{pas2}^{(n)}$, $RI_{pas1}^{(ex)}$, $RI_{pas2}^{(ex)}$ – зниження доходу пасажирів внаслідок транспортного пересування за звичайного та експресного режимів руху в прямому та зворотному напрямках відповідно, грн; $Q_1^{(n)}$, $Q_2^{(n)}$, $Q_1^{(ex)}$, $Q_2^{(ex)}$ – об'єм перевезень на маршруті в прямому та зворотному напрямках за звичайного та експресного режимів руху відповідно, пас.

Соціальну ефективність від впровадження комбінованого режиму руху на автобусних маршрутах МПТ можна визначити через оцінку зниження доходу пасажирів внаслідок транспортного пересування [1, 2] за звичайного та експресного режимів руху.

Отримані показники роботи маршруту № 226е м. Харкова під час натурних спостережень у піковий період та використання цільової функції доцільності впровадження комбінованого режиму руху на автобусних маршрутах міста (2) дали змогу встановити залежність зміни витрат підприємства на організацію транспортного процесу, зміни собівартості перевезень, залежності зміни доходів пасажирів. Залежність зміни загальних витрат за різного співвідношення транспортних засобів, що працюють в звичайному та експресному режимах руху, наведено на рис. 2.

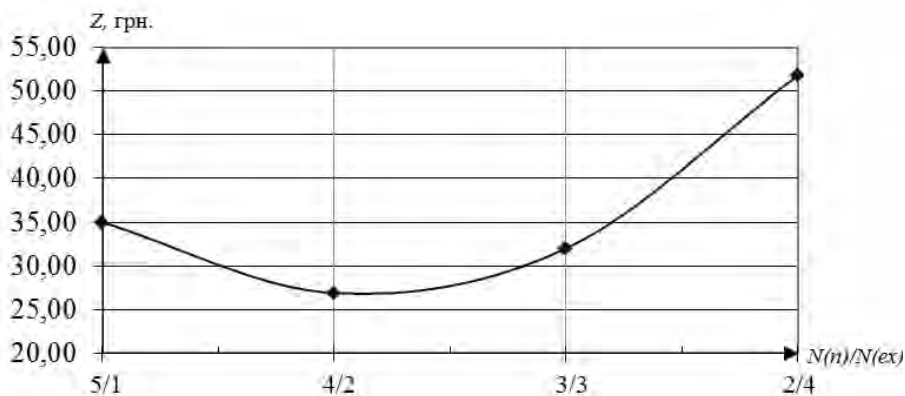


Рис. 2. Зміна загальних витрат за різних співвідношень транспортних засобів, що працюють у звичайному та експресному режимах руху

Отримані залежності вказують на те, що для організації комбінованого режиму руху на маршруті № 226е раціональним співвідношенням кількості транспортних засобів є чотири автобуси, що працюють у звичайному режимі, та два в експресному. За такого співвідношення загальні витрати мінімальні, що задовольняє як інтереси транспортного підприємства, так і пасажирів.

За методикою, наведеною у роботі [15], визначено обсяги викидів шкідливих речовин автомобільним транспортним засобом з урахуванням ймовірності перебування учасників дорожнього руху в небезпечному для руху стані за звичайного та експресного режимів руху. Зменшення кількості викидів шкідливих речовин свідчить про доцільність впровадження комбінованого режиму руху. Норма кількості викидів СО у звичайному режимі руху перевищила гранично-допустиму концентрацію (2,7 г/км) [15] і досягла норми за впровадження експресного режиму.

Висновки. Отримані результати показують, що використання виділеної (спеціалізованої) смуги руху для маршрутів МПТ впливає на зменшення ймовірності виникнення ДТП. Введення комбінованого режиму руху на автобусних маршрутах сприяє зменшенню шкідливих викидів у повітря та підвищує попит на послуги міського пасажирського транспорту за рахунок поліпшення якості обслуговування.

1. Вакуленко К. Є. *Управління міським пасажирським транспортом : навч. посіб.* / К. Є. Вакуленко, К. В. Доля ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 257 с. 2. Доля В. К. *Пасажирські перевезення: [підручник]* / В. К. Доля. – Харків: Форт, 2011. – 504 с. 3. Вакуленко К. Є., Соколова Н. А., Шилле Н. В. *Адаптація принципів міської логістики до організації пасажирських перевезень // Комунальне господарство міст: науково-технічний зб., серія “Технічні науки та архітектура” / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – 2017. – № 134. – С. 113–121.* 4. *Сучасна проблематика функціонування транспортних та логістичних систем : монографія* / [О. О. Лобашов, Ю. О. Давідіч, В. Ф. Харченко, К. Є. Вакуленко, Н. А. Соколова та ін.]; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : Лідер, 2018. – 222 с. С. 38–47. 5. Лежнева О. І. *Організація перевезень пасажирів у містах [Текст]: [навч. посіб.]* / О. І. Лежнева – Х.: Точка, 2010. – 311 с. 6. Вакуленко Е. Е., Соколова Н. А. *Организация комбинированного режима движения на маршрутах городского пассажирского транспорта // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Ф. А. Романюк [и др.]. – Минск, 2016. – С. 3–12.* 7. Лежнева О. І. *Раціональна організація руху на маршрутах міського пасажирського транспорту // Вестник ХПІ. – Харків: ХПІ, 2014. – Вип. 17. – С. 37–42.* 8. *Buses with High Level of Service. Fundamental characteristics and recommendations for decision-making and research. Results from 35 European cities [Text] // European cooperation in science and technology, 2011. – 180 p.* 9. *Bus Rapid Transit [Text] // Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit: Transportation research board – Washington, 2003. – 62 p.*; 10. Клинковитейн Г. И. *Организация дорожного движения [Текст] / Г. И. Клинковитейн, М. Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 1992. – 207 с.* 11. Лобанов Е. М. *Транспортная планировка городов [Текст] / Е. М. Лобанов – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.* 12. Бабков В. Ф. *Дорожные условия и безопасность движения [Текст]: учеб. для вузов. Ч. II / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.* 13. Доля В. К. *Визначення закономірностей зміни ймовірності виникнення ДТП [Текст] / В. К. Доля, О. М. Єрмак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вип. 59. – С. 4–6.* 14. Булавина Л. В. *Розрахунок пропускної здатності магістралей і вузлів / Л. В. Булавина. – Екатеринбург : ДНЗ ВПО УДТУ, 2009. – 44 с.* 15. Линник И. Е. *Оцінка прогнозування екологічного стану дорожнього господарства: [монографія] / И. Е. Линник. – Харків. Нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 143 с.*