

УДК: 656.025.2

В.О. Вдовиченко*Харківський національний автомобільно-дорожній університет***ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ПРІОРИТЕТНОГО РУХУ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ З ПОЗИЦІЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСУ ПРИБУТТЯ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИЙ ТЕРМІНАЛ**

Запропоновано розглядати процедуру впровадження пріоритетного руху міського громадського транспорту з позицій оцінки його впливу на умови скорочення флуктуації прибуття транспортних засобів у транспортно-пересадочний термінал. Представлена форма оцінки доцільності впровадження пріоритетного руху міського громадського пасажирського транспорту дозволила обґрунтувати загальну структуру процесу визначення умов її реалізації та забезпечила можливість формування передумов підвищення системної ефективності в умовах його інтеграції до загального транспортного середовища міста.

Ключові слова: міський громадський пасажирський транспорт, транспортно-пересадочний термінал, пріоритет руху, флуктуація прибуття.

В.А. Вдовиченко**ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИОРИТЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА С ПОЗИЦИЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫЙ ТЕРМИНАЛ**

Предложено рассматривать процедуру внедрения приоритетного движения городского общественного транспорта с позиций оценки его влияния на условия сокращения флуктуации прибытия транспортных средств в транспортно-пересадочный терминал. Представленная форма оценки целесообразности внедрения приоритетного движения городского общественного пассажирского транспорта позволила обосновать общую структуру процесса определения условий ее реализации и обеспечила возможность формирования предпосылок повышения системной эффективности в условиях его интеграции в общий транспортной среды города.

Ключевые слова: городской общественный пассажирский транспорт, транспортно-пересадочный терминал, приоритет движения, флуктуация прибытия.

V. Vdovychenko**AN ESTIMATION OF EXPEDIENCY OF PRIORITY MOTION OF URBAN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT FROM POSITIONS OF STABILIZING OF ARRIVAL TIME TO THE TRANSPORT-TRANSPLANTATION TERMINAL**

It is suggested to examine procedure of introduction of priority motion of urban public transport from positions of estimation of its influence on the terms of reduction of fluctuation of arrival of transport vehicles to the transport-transplantation terminal. The presented form of estimation of expediency of introduction of priority motion of urban public passenger transport allowed to ground the general structure of process of determination of terms of its realization and provided possibility of forming of prerequisites of increase of system efficiency in the conditions of its integration to a general transport environment of the city.

Keywords: urban public passenger transport, transport-transplantation terminal, the priority of motion, fluctuation.

Постановка проблеми. Міський громадський пасажирський транспорт (МГПТ) представляє собою складну функціональну організаційну структуру в якій значна роль у забезпеченні стабілізації технологічних процесів належить вузловим елементам. Сьогодні транспортно-пересадочні термінали (ТПТ) стають основоположними каркасними структурним елементом МГПТ на основі якого формується його загальний технологічний процес. Ритмічність та надійність роботи ТПТ у значній мірі визначає функціональний стан суб'єктів МГПТ та оказує безпосередній вплив на тривалість непродуктивних простоїв, ресурсну ефективність та рівень негативних наслідків його роботи пов'язаних з транспортною та екологічною небезпекою. Проведений технологічний аудит ТПТ м. Харкова показав, що основною причиною дестабілізації їх роботи є наявність значного рівня флуктуації прибуття транспортних засобів яка викликана складними умовами руху по відповідним ділянкам вулично-дорожньої мережі маршрутів. Створення умов скорочення розподілу часу прибуття можливо реалізувати шляхом виділення окремих смуг руху для МГПТ. Виділення окремих смуг руху для МГПТ оказує негативні наслідки на умови рух немаршрутного транспорту (НМТ) та вимагає проведення попередньої оцінки доцільності прийняття такого рішення. Облік впливу організації пріоритетності МГПТ на умови руху НМТ реалізується шляхом формування області допустимих рішень виходячи з умов багаторівневої системної оцінки ефективності МГПТ [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід відмітити, що задача оцінки доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ давно представляє для фахівців відповідний науково-прикладний інтерес. На основі аналізу робіт [2-9] виділена структурна єдність підходів щодо обґрунтування виділення пріоритетних полос руху МГПТ, яка дозволила розподілити їх за наступними ознаками:

- за рівнем допустимої інтенсивності руху НМТ [2-3];
- за швидкістю руху транспортних засобів [4-5];
- за оцінкою стану транспортних потоків [6-7];
- в межах єдиної інтелектуальної системи керування рухом [8-9].

Визначення доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ за умов забезпечення відповідності рівня завантаження смуг руху НМТ реалізовано у роботах [2-3] шляхом виділення гранично допустимих меж інтенсивності руху для відповідних смуг. В якості критерію прийняття рішення виступає максимально допустима інтенсивність руху НМТ яка визначається виходячи з умов її рівномірного розподілу між доступними смугами руху та загальної інтенсивності руху МГПТ по ділянках мережі. Встановлено, що допустимою є межа інтенсивності руху НМТ яка складає не більше 400 авт/год. При цьому нижня межа встановлюється для МГПТ та складає не менше 40 авт/год. Використання такого підходу дозволяє реалізувати обґрунтування доцільності виділення смуг для МГПТ у спрощеному вигляді лише на основі оцінки архітектурно-планувальної структури вулично-дорожньої мережі та характеристик транспортних потоків. Така форма обґрунтування набула поширення при обмеженості інформаційного простору але не дозволяє врахувати інші аспекти розгляду цієї задачі які виходять за межі вулично-дорожньої компоненти функціонування МГПТ. Для визначення доцільності впровадження пріоритетного руху на ділянках МГПТ у роботі [4] представлені емпіричні моделі зміни швидкості руху транспортних засобів які дозволяють визначити умови забезпечення сталості режимів руху всіх типів транспорту. Отримані в результаті модельного експерименту данні про допустимий діапазон швидкісного режиму руху дозволяють сформулювати уявлення про доцільність виділення смуг МГПТ але вони не враховують умов простою транспортних засобів на зупиночних пунктах. Розгляд доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ через оцінку стану транспортних потоків реалізовано у роботах [6-7]. Пошук області допустимих рішень на основі представленого алгоритму передбачає покрокове виділення можливих зон їх впровадження. Комплексність розгляду цього процесу дозволяє реалізувати багатокритеріальність прийняття рішення однак у представлених правилах відбору не передбачена оцінка цього рішення відносно умов формування стабілізації процесу прибуття в ТПТ. В межах створення інтелектуальних систем управління транспортом які сьогодні набувають все більшого поширення також розглядаються питання впровадження пріоритетного руху МГПТ. У роботах [8-9] процедуру організації пріоритетного МГПТ руху розглядають з позицій динамічності процесів через облік часових параметрів реалізації переміщення транспортних засобів вулично-дорожньою мережею (ВДМ) міста. Такий підхід має значні переваги які полягають у використанні екстенсивних форм вирішення задач стабілізації руху МГПТ. Однак існуючі алгоритми за своєю суттю у значній мірі дублюють попередні підходи та не мають спрямованості на забезпечення стабілізації прибуття транспортних засобів у ТПТ.

Постановка завдань. На основі виділеної проблемної області та проведеного огляду існуючих підходів до організації пріоритетного руху МГПТ можна зробити висновок про те, що існує потреба в розробці методів оцінки доцільності з позицій стабілізації роботи ТПТ та скорочення в них флуктуаційних процесів.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка методу визначення області допустимих рішень щодо впровадження пріоритетного руху МГПТ з позицій оцінки його впливу на стабілізацію параметрів взаємодії в ТПТ. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

– сформувати структуру алгоритму визначення доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ;

– формалізувати моделі оцінки впливу пріоритетного руху на часові параметри взаємодії в ТПТ.

Викладення основного матеріалу. Використання методології системного підходу при вирішенні задачі підвищення ефективності МГПТ передбачає впровадження механізмів стабілізації технологічних процесів як основного інструмента забезпечення його сервісно-ресурсної сталості. В умовах змішаного транспортного потоку на формування флуктуації руху маршрутних транспортних засобів значний вплив оказує рівень завантаження рухом ВДМ. Одним

з джерел підвищення ефективності взаємодії в ТПТ є забезпечення безперешкодних умов руху по ділянках маршрутів МГПТ шляхом виділення окремих смуг руху. Визначення форм розподілу ресурсних можливостей міської транспортної мережі (МТМ) має своєю метою створення відповідних умов для скорочення флюктуаційних процесів прибуття транспортних засобів у ТПТ шляхом відокремлення полос ВДМ для пріоритетного використання МГПТ. У роботах [4-5] обґрунтований вплив рівня завантаження ВДМ на швидкість руху транспортного потоку який дозволив використати встановлені закономірності для опису причино-наслідкових процесів формування флюктуації прибуття транспортних засобів МГПТ у ТПТ. Така форма представлення характеру причино-наслідкових зв'язків дозволяє виділити конкретні вимоги до результатів впровадження пріоритетного руху МГПТ з позицій стабілізації часу прибуття транспортних засобів у ТПТ та об означити структурну послідовність локальних рішень які повинні бути для цього виконані. Логічна структура рішень дозволила визначити їх послідовність відносно оцінки доцільності впровадження пріоритету МГПТ (рис. 1).

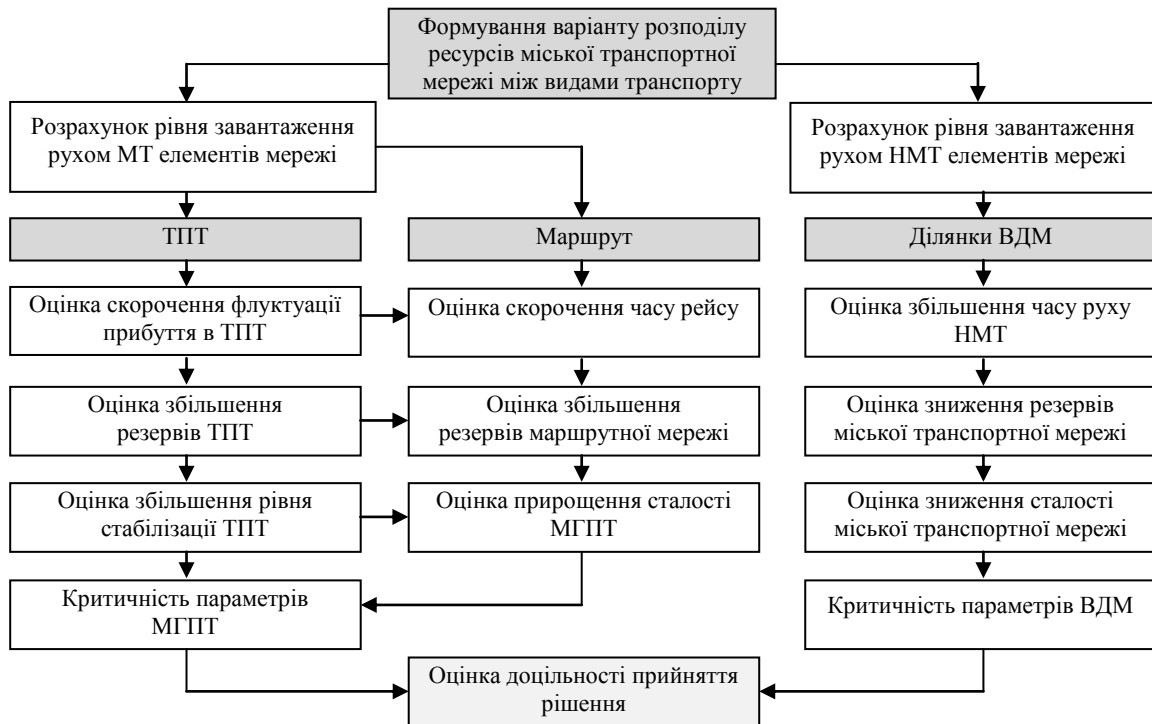


Рис. 1. Етапи оцінки доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ

В основу визначення рівня скорочення часу флюктуації покладена закономірність яка відображає накопиченого в момент часу (τ) сумарного відхилення часу прибуття транспортного засобу в ТПТ. Питома вага зменшення діапазону флюктуації прибуття в ТПТ визначається умовами можливості прийняття рішення про впровадження пріоритетного руху МГПТ. Для окремого маршруту питома вага скорочення діапазону флюктуації прибуття в ТПТ визначається за формулою:

$$SgFl(\tau_{ar}) = \int_{\tau_{sv}}^{\tau_{ar}} \frac{Ca_l(\tau) \cdot Ffl_l(\tau)}{Ca_l(\tau) \cdot Ffl_l(\tau) + Ca_{in}(\tau) \cdot Ffl_{in}(\tau)} \cdot d\tau, \quad (1)$$

де $Ca_l(\tau)$ - параметр, що відображає наявність механізмів управління чинниками флюктуації які не залежать від рівня завантаження рухом; $Ca_{in}(\tau)$ - параметр, що відображає наявність механізмів управління чинниками флюктуації які залежать від рівня завантаження рухом; $Ffl_l(\tau)$ - функція виникнення флюктуації від чинників які не залежать від рівня завантаження рухом; $Ffl_{in}(\tau)$ - функція виникнення флюктуації від чинників рівня завантаження рухом.

Для визначення рівня зміни флюктуації прибуття транспортних засобів у ТПТ при впровадженні пріоритетного руху МГПТ необхідно на основі інформованого пошуку визначити потенційну можливість його скорочення виходячи з оцінки можливих вільних та фактичних умов руху по кожній ділянці траси маршруту на ділянках перед ТПТ. У разі можливості прийняття рішення про виділення пріоритетного руху МГПТ параметр Ca_{in} в залежності від ділянки

маршруту в момент часу (τ) приймає значення 0 (при впровадженні пріоритетного руху) та 1 при відсутності такого рішення. Прийняття рішення про доцільність впровадження пріоритетного руху по кожній ділянці ВДМ маршруту приймається окремо і вимагає попередньої оцінки ступені критичності умов руху НМТ відносно меж зони забезпечення ресурсної сталості МТМ. Умовою відповідності вимогам критичності є забезпечення їх фактичного значення в межах мінімально допустимого рівня їх резервів. Зміна рівня завантаження та обсяг фактичних резервів ресурсів МТМ визначається за структурними компонентами сервісно-ресурсної моделі функціонування МГПТ на основі перерозподілу наявної інтенсивності руху всіх типів транспорту між відповідними смугами. Оцінка доцільності впровадження пріоритетного руху на елементах ВДМ визначається через визначення показника зміни рівня резервів ресурсів кожної ділянки МТМ:

$$\Delta RR_u(t) = \min(0, RR_u^{al}(\tau_i) - RR_u^f(\tau_i)), i = (\overline{0}, t), \quad (2)$$

де $RR_u^{al}(\tau_i)$ - критичний рівень резервів пропускної можливості u - ої ділянки ВДМ у момент часу (τ); $RR_u^f(\tau_i)$ - фактичний рівень резервів пропускної можливості u - ої ділянки ВДМ у момент часу (τ).

За рахунок створення умов вільного руху МГПТ на виділених ділянках ВДМ відбувається скорочення діапазону можливого прибуття транспортних засобів у ТПТ. Діапазон прибуття в умовах обмежених ресурсних можливостях ТПТ є визначальним чинником у формуванні черги транспортних засобів та їх непродуктивного простою. Відповідно до виділених у роботі [10] умов формування черги можливі різні варіанти стану функціонування ТПТ які визначають його потенціал відносно сервісно-ресурсних умов сталості технологічних процесів. Зміна стану ТПТ яка є складовою частиною оцінки ефективності МГПТ визначається на основі обліку зміни загального часу його роботи в умовах стабілізації тривалості його технологічних операцій:

$$\Delta S_{TH}(t) = \frac{\sum_{i=1}^t S_{TH_{cf}}^{bs}(\tau_i)}{t} - \frac{\sum_{i=1}^t S_{TH_{cf}}^{ps}(\tau_i)}{t}, \quad (3)$$

де $S_{TH_{cf}}^{bs}(\tau_i)$ - базовий стан ТПТ у момент часу (τ); $S_{TH_{cf}}^{ps}(\tau_i)$ - очікуваний стан ТПТ у момент часу (τ).

Для визначення тривалості часу стабілізації роботи ТПТ використовується блок *TransportHub* сервісно-ресурсної моделі МГПТ. У межах цього блоку моделюються відповідні сукупності альтернативних рішень функціонування всіх рівнів представлення МГПТ в межах загальної міської системи. У ході проведеного пілотного імітаційного експерименту на ТПТ «вул. Г.Широнинців – вул. Валентинівська» м. Харкова для варіанту впровадження пріоритетного руху по всім ділянкам маршрутів отримані результати які відображають розподіл часу флуктуації прибуття транспортних засобів (рис. 2.).

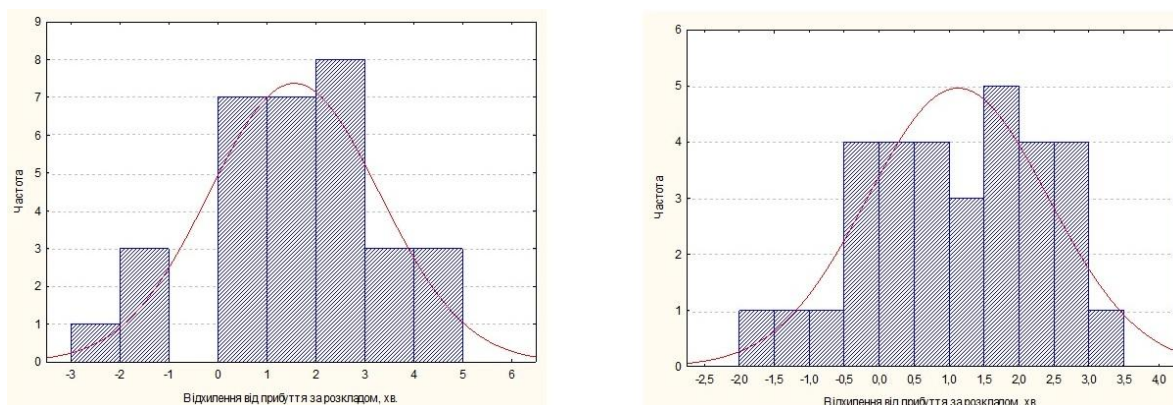


Рис. 2. Розподіл часу прибуття транспортних засобів у ТПТ

Загальний вигляд умов прийняття рішення про впровадження пріоритетного руху МГПТ на елементах ВДМ визначається виходячи з приналежності отриманих показників області допустимих значень:

$$KRU = \left\{ \Delta RR_u(t) \mid \Delta RR_u(t) \in K_{RRu} \right\}, t = (\overline{1, T}), \quad (4)$$

$$KRTH = \left\{ \Delta S_{TH}(t) \mid \Delta S_{TH}(t) \in K_{TH} \right\}, t = (\overline{1, T}), \quad (5)$$

Межі множини KRU визначаються діапазоном допустимих значень K_{RRu} який знаходиться в межах $\{-1, 0\}$, а множини $KRTH$ визначаються діапазоном допустимих значень K_{TH} який знаходиться в межах $\{-1, 0\}$. Рішення про доцільність впровадження технологічних заходів щодо виділення пріоритетної смуги руху для МГПТ приймається за умов входження отриманих показників $\Delta RR_u(t)$ та $\Delta S_{TH}(t)$ до простору допустимих значень, яке визначається об'єднанням підмножин, які відображають відповідні області допустимих рішень:

$$KRP = KRU \cap KRTH, \quad (6)$$

Рівень допустимих резервів пропускної здатності МТМ визначається прийнятим я якості норми рівнем обслуговування який прийнятий в якості нормативного для відповідних частин міста.

Висновки. Встановлено, що забезпечити приріст стабілізації технологічного процесу роботи ТПТ можливо шляхом впровадження пріоритетного руху МГПТ на ділянках ВДМ маршрутів. На основі виділеного контуру причинно-наслідкових зв'язків виділена структурна послідовності оцінки доцільності впровадження пріоритетного руху МГПТ яка в умовах впровадження принципів формування сталого розвитку міського середовища дозволяє забезпечити реалізацію методології системності та багаторівневості оцінки прийняття управлінських рішень.

Представлені моделі оцінки впливу пріоритетного руху на параметри взаємодії в ТПТ дозволяють забезпечити логічну обгрунтовану реалізацію процедури інформованого пошуку варіанту впровадження пріоритетного руху МГПТ шляхом виділення області допустимих рішень з позиції забезпечення їх відповідності граничним умовам ресурсної критичності елементів МТМ та суб'єктів пасажирської транспортної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Vdovychenko V. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency [Text] / V. Vdovychenko, Y. Nagorny // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – №3/3. – P. 44-51.
2. Мирончук А. А. Граничные условия организации приоритетного движения автобусов с использованием метода разнесенных стоп-линий [Текст] / А. А. Мирончук // Инженерный вестник Дона. – 2012. – №22. – с. 4-1.
3. Смирнов С. И. Совершенствование организации приоритетного движения средств маршрутного пассажирского транспорта в городах: дис. канд. техн. наук: 05.22.10 [Текст] / С. И. Смирнов: – М.: МАДИ, 1984. – 193 с.
4. Зырянов В.В., Мирончук А.А. Приоритетное движение общественного транспорта: развитие методов организации [Текст] / В. В.Зырянов, А. А. Мирончук // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. - 2012.- №3-4(40-41). - С. 22-25.
5. Жиркова А. А. Обоснование введения выделенных полос для маршрутного пассажирского транспорта [Текст] / А. А. Жиркова, К. А. Басов, В. Ю. Ивлев, П. А. Титова // Евразийский союз ученых. – 2016. – №1-2. – С. 52-55.
6. Вікович І. А. Розробка основного критерію впровадження спецсмуг на перегонах вулиць для громадського транспорту [Текст] / І. А. Вікович, Р. М. Зубачик // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/4. – С. 28-34.
7. Дмитриченко М. Ф. Розробка алгоритму дій щодо впровадження спеціальних смуг на перегонах вулиць для громадського транспорту [Текст] / М. Ф. Дмитриченко, І. А. Вікович, Р. М. Зубачик // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – №24(2). – С. 15-22.
8. Balke K. Development and evaluation of intelligent bus priority concept [Text] / K. Balke, C. Dudek, T. Urbanik // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2000. – №1727. – С. 12-19.
9. Eichler M. Bus lanes with intermittent priority: Strategy formulae and an evaluation [Text] / M. Eichler, C. Daganzo // Transportation Research Part B: Methodological. – 2006. – №40/9 – С. 731-744.
10. Vdovychenko V. Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport [Text] // Технологічний аудит та резерви виробництва, 2017 - №4/2(36) – с. 37-43.

Рецензенти:

Нагорний Євген Васильович, завідувач кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, д.т.н., професор

Альошинський Євген Семенович, професор кафедри транспортних систем і логістики Українського державного університету залізничного транспорту, д.т.н., професор

Стаття надійшла до редакції 08.11.2017