

В.О. Вдовиченко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

РОЗПОДІЛ МАРШРУТІВ МІЖ ЗУПИНОЧНИМИ ПУНКТАМИ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО ТЕРМІНАЛУ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

У статті запропоновано розглядати процедуру розподілу маршрутів між зупиночними пунктами на основі принципу самоорганізації який передбачає пошук рівноважного стану завантаження шляхів проходження суб'єктами транспортно-пересадочного терміналу. Представлені моделі визначення раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів ґрунтовані на описі рангової оцінки ступеня відповідності суб'єктів взаємодії умовам забезпечення їх рівноважного ресурсного стану.

Ключові слова: транспортно-пересадочний термінал, міський громадський пасажирський транспорт, розподіл маршрутів, зупиночний пункт.

Постановка проблеми

Розвиток міських транспортних систем передбачає створення сукупності транспортно-пересадочних терміналів (ТПТ) які стають своєрідним каркасом маршрутної мережі міського громадського транспорту (МГПТ) та повинні забезпечити ефективну взаємодію учасників транспортного процесу. Сучасний ТПТ представляє собою інтегрований техніко-технологічний інфраструктурний об'єкт МГПТ в якому реалізується сукупність операцій пов'язаних з обслуговуванням транспортних засобів та пасажирів. Ступінь ефективності організації цих операцій у значній мірі впливає на сервісно-ресурсну ефективність роботи МГПТ та визначає можливість повноцінної реалізації та розвитку його потенціалу.

Функціонування ТПТ представляє собою динамічний процес у ході якого відбуваються сукупність операцій пов'язаних з маневруванням та простом транспортних засобів. Основним територіальним елементом ТПТ в якому виконуються операції пов'язані з посадкою-висадкою пасажирів є зупиночні пункти. Пропускна здатність ТПТ, час простою транспортних засобів, ймовірність виникнення черги на обслуговування, тривалість очікування, пересадки визначається фактичним станом та рівнем організації технологічного процесу роботи зупиночних пунктів. Обмеженість територіального простору сучасних міст призводить до ситуації при якій вичерпані можливості екстенсивного розвитку ТПТ шляхом створення нових зупиночних пунктів та кількісного збільшення джерел їх ресурсного забезпечення. Виходячи з цього, особливої уваги в сьогоденні приймає задача пошуку механізмів ефективного планування техніко-технологічної взаємодії

суб'єктів МГПТ в межах наявних ресурсних можливостей ТПТ. Розподіл маршрутів за зупиночними пунктами є базовим етапом організації взаємодії у ТПТ, він оказує безпосередній вплив на умови формування розкладів руху маршрутів МГПТ та визначає передумови виникнення дестабілізуючих ситуацій під час обслуговування в ТПТ. Складність вирішення цієї задачі обумовлюється впливом чинників дестабілізації, нерівномірністю прибуття транспортних засобів, випадковим характером формування часових параметрів знаходження у ТПТ та вимагає використання гнучких адаптованих механізмів щодо її вирішення. Основою для вирішення такої задачі є використання моделювання функціональних процесів роботи ТПТ. Головною метою створення такої моделі є формування на основі виділених параметрів функціонування суб'єктів раціонального розподілу маршрутів МГПТ між зупиночними пунктами в ТПТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження взаємодії МГПТ в межах ТПТ сьогодні набуває все більшої актуальності та представляє для вчених-транспортників не лише наукову але й практичну потребу яка викликана сучасними потребами розвитку транспортних систем міст. Аналіз наявних публікацій за тематикою дослідження [1-8] дозволяє виділити загальні ознаки групування існуючих підходів щодо організації взаємодії МГПТ, які в залежності від цільового характеру та способу їх реалізації розподіляються наступним чином:

– за оцінкою рівня відповідності інтенсивності руху та пропускної здатності зупиночних пунктів [1-3];

– на основі визначення часу обслуговування та періодів можливої пересадки пасажирів [4];

– на основі оцінки планувальних рішень ТПТ [5-6];

– за обліком стахостичності прибуття транспортних засобів у ТПТ [7-8].

Розподіл розташування зупиночних пунктів пунктами розглядається в ряді робіт присвячених дослідженням архітектурно-планувальних особливостей організації ТПТ [5-6]. У роботі [5] пропонується розглядати задачу розосередження зупиночних пунктів на території ТПТ виходячи з мінімізації часу пересадок пасажирів на основі обліку їх розташування відносно основних об'єктів тяжіння пасажиропотоків. Такий підхід обмежується лише оцінкою загального часу який витрачається пасажиром на пішохідні переміщення територіальним простором ТПТ, не враховує умови руху та простою транспортних засобів у ТПТ. Такі особливості представленого підходу в умовах обмеження ресурсних можливостей розвитку міських пасажирських транспортних систем роблять його недостатньо обґрунтованим.

У роботі [1] авторами описані характеристичні залежності впливу потоку вхідних маршрутів на рівень виникнення черги та ефективність взаємодії суб'єктів МГПТ в межах окремого зупиночного пункту. Встановлено, що існує чіткий зв'язок між загальною інтенсивністю руху на маршрутах які входять у зупиночний пункт та середнім часом очікування в черзі. Проведені аналітичні дослідження показали, що умовою відсутності черги на вході у зупиночний пункт є забезпечення відповідного рівня резервів їх пропускної здатності в межах 30-40% від загальної інтенсивності вхідного потоку. Запропонований підхід підтверджує необхідність формування раціонального розподілу маршрутів за зупиночними пунктами однак в ньому не представлені відповідні механізми реалізації цієї процедури.

Запропоновані у роботі [4] схема процесу імітації функціонування зупиночного пункту сумісної ділянки руху автобусів різних маршрутів та алгоритм імітаційної моделі визначення часу очікування пасажиром автобусів відображають процедуру формування ефективності роботи зупиночних пунктів та можуть бути використані для пошуку параметричних областей її збільшення. Однак цей підхід також не дозволяє у повній мірі використовувати його для вирішення поставленої задачі розподілу маршрутів за зупиночними пунктами ТПТ в наслідок відсутності в ньому відповідних структурних блоків розподілу вхідного маршрутного потоку та його цільовій обмеженості на вирішенні локальних задач в межах відокремлених елементів пасажирської транспортної інфраструктури.

Враховуючи виявлені недоліки існуючих досліджень процесів взаємодії МГПТ в об'єктах пасажирської транспортної інфраструктури виникає необхідність у розробці нових підходів до формування розподілу маршрутів за зупиночними пунктами ТПТ.

Формулювання мети статті

Метою дослідження є розробка алгоритму визначення раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів за зупиночними пунктами ТПТ. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- на основі принципу самоорганізації систем сформулювати послідовність реалізації процесу розподілу маршрутів між зупиночними пунктами;
- реалізувати аналітичний опис структурних компонент алгоритму розподілу маршрутів.

Виклад основного матеріалу

Основою для створення будь-якої функціональної моделі є виділення часових параметрів роботи та визначення структурного контуру внутрішніх зв'язків її елементів. Основним структурним елементом ТПТ є обслуговуюча зона на якій розташовані зупиночні пункти $SPt(r)_n$ відповідного типу транспорту. На вхідну межу ТПТ $SPt(r)_{en}$ прибувають транспортні засоби сукупності маршрутів $Rtt(r)_{nn}$ які розподіляються між зупиночними пунктами зони обслуговування ТПТ. Кожне прибуття транспортного засобу в ТПТ представляється у вигляді окремого суб'єкта технологічного процесу та характеризується вектором параметрів його поточного стану $Pvn_{Rtt(r)}$, який описує обсяг пасажирообміну, технічні особливості транспортних засобів та рівень використання їх місткості. У залежності від розподілу суб'єктів між зупиночними пунктами ТПТ в них формуються відповідні сукупності потреб та можливостей їх обслуговування які відображаються векторами потоку замовлень $\lambda_{SPt(r)}$ та технологічної пропозиції $\mu_{SPt(r)}$. Організація внутрішньої взаємодії до складу якої входить розподіл маршрутів за зупиночними пунктами визначає вихідний стан суб'єктів МГПТ на виході з ТПТ $SPt(r)_{ex}$ який відображається відповідним параметричним вектором $Pvx_{Rtt(r)}$. Групування вимог на обслуговування суб'єктів за зупиночними пунктами ТПТ реалізується на основі розподілу між ними сукупності вхідних маршрутів за попередньо встановленим закріпленням яке визначається умовами доцільності відповідної розподільчої комбінації. Обмеженням пошуку ефективної розподільчої комбінації є умови забезпечення балансу відповідних сервісно-ресурсних

потоків. За існуючими правилами перетворення потоків у системі масового обслуговування при їх об'єднанні або розподілі утворюється новий потік в якому зберігаються всі параметри вхідних потоків. За визначених умов загальний потік замовлення на обслуговування суб'єктів у ТПТ λ_{TH} визначається сукупністю потоків маршрутів $\lambda_{Rtt(r)_i}, i = \overline{(1, m)}$, які в залежності від розподілу маршрутів між зупиночними пунктами ТПТ формують відповідне значення в них:

$$\lambda_{SPt(r)} = \sum_{i=1}^{N_{SPt(r)}^{Rtt(r)}} \lambda_{Rtt(r)_i}, \quad (1)$$

де $N_{SPt(r)}^{Rtt(r)}$ - кількість маршрутів, що обслуговуються у зупиночному пункті.

Розподіл загального потоку λ_{TH} на підпотоки $\lambda_{SPt(r)}$ повинно виконуватися таким чином щоб у кожен момент часу виконувалися вимоги відповідності пропускної здатності ТПТ:

$$\sum_{i=1}^{Rtt(r)} S_{Rtt(r)_i} = N_{SPt(r)}, \quad (2)$$

де $N_{SPt(r)}$ - кількість зупиночних пунктів у ТПТ.

Функціонування ТПТ передбачає зміну станів всіх суб'єктів процесу в часі. Виходячи з рівня завантаження, загальна добова тривалість роботи ТПТ розподіляється на відповідні періоди t для яких характерні типові умови параметрів їх роботи (інтенсивність руху, рівень завантаження, пасажирообмін та ін.). Серед періодів найбільш напруженим є період ранкової години «пік» для якої характерні максимально складні умови роботи. Це дає можливість обґрунтувати вибір його в якості базового періоду для визначення раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів між зупиночними пунктами. Обраний період t складається з сукупності моментів часу τ , тривалість якого визначається мінімально допустимим діапазоном вимірювання технологічних операцій та прийнятим масштабом.

Виділив основні елементи моделі функціонування ТПТ процес переміщення та розподілу транспортних засобів можливо представити у вигляді орієнтованого графа (рис. 1).

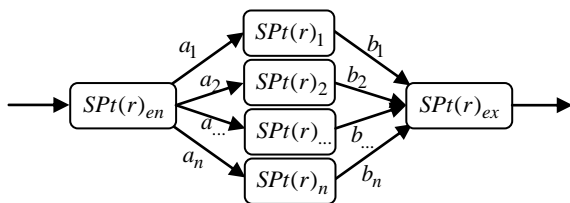


Рис. 1. Граф проходження через ТПТ

В якості вершин графа виступають зупиночні пункти, вхідні та вихідні межі ТПТ. Вершини сполучають ребра a_i які відображають сукупність операцій з подачі транспортних засобів у зупиночний пункт під обслуговування та ребра b_i які відображають операції пов'язані з посадкою-висадкою пасажирів та звільненням ТПТ. Загальна тривалість знаходження транспортного засобу в ТПТ визначається сумарною довжиною обраного шляху проходження яка описується у вигляді її умовної вартості:

$$C_{SPt(r)_i} = a_i + b_i, \quad (3)$$

За такої форми представлення переміщення через ТПТ процедура розподілу маршрутів зводиться до пошуку розподільчої комбінації закріплення маршрутів при якій буде забезпечена мінімальна вартість шляху проходження для усіх суб'єктів протягом відповідного періоду часу. Основою формування такого розподілу є принцип рівноваги який реалізується на формах самоорганізації складних систем та передбачає вибір раціонального варіанту проходження ТПТ шляхом оцінки можливих альтернатив кожним окремим суб'єктом потоку замовлень. Процедура самоорганізації передбачає упорядкування обслуговування суб'єктів у ТПТ за рахунок внутрішніх чинників без спеціального зовнішнього впливу шляхом забезпечення вільного вибору рішення. В основі формування алгоритму розподілу суб'єктів за зупиночними пунктами на основі принципу самоорганізації лежить припущення про те, що кожен водій транспортного засобу має вільний вибір шляху проходження ТПТ та прагне мінімізувати його умовну вартість. Така процедура вибору відбувається на вхідній межі ТПТ $SPt(r)_{en}$ де водієм на основі оцінки вартості дуги a_i приймається рішення про вибір відповідного зупиночного пункту. Основним чинником який визначає флуктуацію вартості дуги a_i є непродуктивні простой транспортних засобів пов'язані з виникненням черги на обслуговування. Виходячи з цього вибір зупиночного пункту для обслуговування буде безпосередньо залежати від його функціонального стану в момент прибуття відповідного суб'єкта з потоку замовлень. Враховуючи флуктуаційний характер формування непродуктивних простоїв ключовим припущенням про вартість шляху проходження дуги a_i є те, що вона визначається функцією сумарного потоку яка не убуває. Іншими словами чим більше транспортних засобів рухається по відповідній дузі, тим більше ймовірність виникнення ситуацій черги, що робить цей процес нестабільним та більш тривалим. Такі умови є вирішальними у зростанні вартості відповідного шляху проходження ТПТ. При цьому припущенні можна сказати, що у будь-якому ТПТ в умовах самоорганізації можливе забезпечення рівнова-

жного стану розподілу шляхів проходження. Цей стан є єдиним в тому сенсі, що умова рівноваги однозначно визначає потоки на всіх дугах. Іншими словами існує єдине завантаження зупиночних пунктів, яке задовольняє умовам рівноваги. Рівноважний розподіл за зупиночними пунктами визначається на основі вирішення оптимізаційної задачі:

$$\sum_{i=1}^{SPt(r)} \int_0^{SPt(r)} C_{SPt(r)i}(\tau) d\tau \rightarrow \min, \quad (4)$$

Рівноважний розподіл без обліку вимог щодо попереднього закріплення маршрутів за зупиночними пунктами не може бути використаний в якості однозначного критерію вибору шляху проходження. За таких умов задача розподілу маршрутів між зупиночними пунктами ТПТ може бути вирішена шляхом створення алгоритму в якому поєднуються принципи рівноваги та обліку інформативних ознак маршрутів. В основу такого алгоритму покладений метод Франка-Вульфа який відноситься до категорії градієнтних методів і передбачає процедуру пошуку оптимального плану через перебір рішень. Модифікація цього методу для вирішення поставленої задачі полягає у впровадженні процедури ранжування маршрутів відносно їх ресурсної критичності. Загальний контур запропонованої послідовності розподілу маршрутів наведений на рисунку 2.

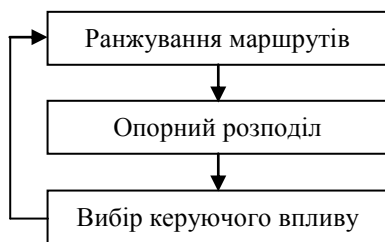


Рис. 2. Контур розподілу маршрутів

За такої постановки задача пошуку раціонального розподілу між зупиночними пунктами може бути зведена до визначення для кожного маршруту оптимального набору керуючих впливів $\overline{C_{Rt(r)}}(t)$ які визначають реалізацію процедури вибору їх суб'єктами відповідного шляху проходження ТПТ:

$$\overline{C_{Rt(r)}}(t) = (C_{Rt(r)1}^{STt(r)}(t), \dots, C_{Rt(r)n}^{STt(r)}(t)), \quad (5)$$

де $C_{Rt(r)1}^{STt(r)}(t)$ - керуючий вплив щодо вибору зупиночного пункту ТПТ.

Процедура опорного розподілу маршрутів є складовою частиною загального алгоритму та на основі оцінки рівня критичності виникнення непродуктивних простоїв передбачає реалізацію покрокового відбору сукупності маршрутів для кожного зупиночного пункту. Базовим параметром, який визначає ступінь критичності по відношенню до

рівня виникнення черги в ТПТ є резервні можливості його пропускної здатності [9]. Для виділення умов формування резервів пропускної здатності представимо цю процедуру в якості ймовірнісного процесу. Будимо вважати час прибуття $Tat_{Rt(r)}$ транспортних засобів випадковою величиною. Час обслуговування для кожного маршруту $Ts_{Rt(r)}$ приймається виходячи з тривалості смуги простою з урахуванням його флуктуаційних процесів. Формування потоку замовлень на кожному зупиночному пункті відбувається в умовах можливості виникнення конфліктної ситуації при якій спостерігається одночасне знаходження транспортних засобів. Пошук раціонального розподілення маршрутів за зупиночними пунктами передбачає формування сукупності комбінаторних конфігурацій опорного розподілу $COM = Ccm_i, i = \overline{(1, c)}$. При формуванні комбінаторних конфігурацій опорного розподілу необхідно врахувати умови відповідності рівню резервних можливостей окремих зупиночних пунктів ТПТ. Середній рівень резервів по кожному зупиночному пункту ТПТ який відповідає умовам рівноважного розподілу визначається виходячи з очікуваних значень параметрів обслуговування маршрутів МПТТ:

$$\overline{RR_{SPt(r)}}(t) = t - \frac{\sum_{i=1}^{Rt(r)} M N_i(t) \cdot M Ts_i(t)}{N_{SPt(r)}}, \quad (6)$$

де $M N_i(t)$ - математичне очікування інтенсивності руху на маршруті $Rt(r)$ у періоді t ;

$M Ts_i(t)$ - математичне очікування часу обслуговування маршруту $Rt(r)$ у періоді t ;

$N_{SPt(r)}$ - загальна кількість зупиночних пунктів відповідного типу в ТПТ.

Послідовність формування опорної комбінаторної конфігурації розподілу реалізується на основі виділення рангу пріоритетів маршрутів формування їх базового варіанту. Ранжування маршрутів за пріоритетом передбачає визначення показника критичності резервів провізних можливостей маршрутів відносно допустимого їх рівня:

$$Cl_{RR_{Rt(r)}}(t) = K_{rc_{Rt(r)}}^0 - K_{rc_{Rt(r)}}(t), \quad (7)$$

де $K_{rc_{Rt(r)}}^0$ - допустима межа резервних провізних можливостей маршруту, пас/період;

$K_{rc_{Rt(r)}}$ - фактичний рівень значення резервних провізних можливостей маршруту, пас/період.

Ранжування маршрутів проводиться в зворотному порядку (від максимального до мінімального значення) на основі оцінки критичності резервів провізних маршрутів. У результаті ранжування

отримується базовий кортеж рангу маршрутів $\langle Rtt(r)_1^1, Rtt(r)_2^1, Rtt(r)_3^1, \dots, Rtt(r)_n^1 \rangle$ який відображає загальну пріоритетність обслуговування маршрутів. З базового кортежу за зупиночними пунктами розподіляються перші $N_{SlRtt(r)}$ маршрутів загальною кількістю яка дорівнює $N_{SPt(r)}$. Далі для відповідних моментів часу τ фіксуються операції обслуговування розподілених маршрутів які виступають в якості обраних та зафіксованих шляхів переміщення. Процедура повторюється за циклічним характером за умов використання в якості фіксованих параметрів для оцінки рівня завантаження шляху проходження ТПТ часу обслуговування транспортних засобів розподілених маршрутів. На кожній наступній ітерації з сукупності нерозподілених маршрутів формується їх ранжований кортеж відповідного рівня $\langle Rtt(r)_1^n, Rtt(r)_2^n, Rtt(r)_3^n, \dots, Rtt(r)_n^n \rangle$ який є базовим для оцінки прийняття можливих рішень щодо розподілу маршрутів які залишились не закріпленими. Закріплення кожної наступної групи маршрутів відбувається на основі оцінки рангу очікуваних станів зупиночних пунктів з урахуванням закріплення попередніх груп маршрутів. Критерій ранжування зупиночних пунктів відображає рівень їх ресурсних резервів які залишились після попереднього циклу розподілу:

$$RR_{SPt(r)}^m(t) = \sum_{i=1}^t \tau_i - \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{St(r)} \tau_o^p_{ij}, \quad (8)$$

де τ_o^p - планований момент часу обслуговування транспортних засобів.

На основі ранжування залишкових резервних можливостей зупиночних пунктів ТПТ створюється їх кортеж відповідного рівня $\langle SPt(r)_1^n, SPt(r)_2^n, \dots, SPt(r)_n^n \rangle$. Розподіл перших маршрутів кортежу другого рівня відбувається за умовою закріплення їх за зупиночними першими пунктами кортежу другого рівня. Після розподілу маршрутів цикл повторюється з урахуванням використаних ресурсів зупиночних пунктів на попередніх рівнях розподілу. На кожному кроці комбінаторна комбінація перевіряється на рівень відповідності рівномірності розподілу (3). Отриманий в ході такої процедури розподіл маршрутів за зупиночними пунктами приймається в якості базового. Та на його основі у подальшому формується слот-розклади руху по кожному окремому зупиночному пункту ТПТ.

Висновки

Сформовано загальну структуру розподілу маршрутів МТПТ за зупиночними пунктами ТПТ яка

ґрунтується на принципах самоорганізації поведінки суб'єктів та представляє цей процес у вигляді оптимізаційної задачі. Ефективний розподіл маршрутів між зупиночними пунктами реалізується на основі забезпечення загального рівноважного його стану шляхом обліку тривалості часу можливих шляхів проходження ТПТ в умовах оцінки рівня їх фактичного завантаження. Використання такої форми представлення процесу розподілу маршрутів між зупиночними пунктами дозволяє забезпечити пошук раціональної розподільчої комбінації закріплення маршрутів, що забезпечує мінімізацію витрат часу на обслуговування в умовах відповідності наявним ресурсним можливостям каналів обслуговування ТПТ.

Для прийняття рішення про закріплення маршрутів між зупиночними пунктами ТПТ запропонований циклічний алгоритм пошуку їх раціональної розподільчої комбінації. Запропонована послідовність оснований на реалізації процедури формування керуючого впливу через оцінку рангового порядку їх обслуговування в залежності від рівня відповідності умовам їх ресурсного забезпечення. Виділені складові моделі алгоритму описують зв'язок параметричних областей роботи маршрутів та елементів ТПТ з позицій їх впливу на формування рівноважного стану розподілу маршрутів між шляхами проходження.

Література

1. Липенков, А. В. *Определение допустимого уровня интенсивности движения городских автобусов при известной пропускной способности остановочного пункта [Текст] / А. В. Липенков, Н. А. Кузьмин // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – №3. – С. 97-102.*
2. Ларин, О. Н. *Оптимизация маршрутных сетей городов с учетом ограниченной пропускной способности остановочных пунктов [Текст] / О.Н. Ларин, А.А. Кажасев // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №10 (129) – С. 26-31.*
3. Зедгенизов, А. В. *Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта [Текст] / А. В. Зедгенизов // Вестник ИрГТУ. - 2008. - №3(35). – С. 121-123.*
4. Василенко, Т. Є. *Процес імітації функціонування зупиночного пункту сумісної ділянки руху автобусів різних маршрутів. [Текст] / Т. Є. Василенко, Д. В. Фесенко, О. Й. Дульнявка // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. – 2009. - №2(9) – С. 164-171.*
5. Азаренкова, З. В. *Планировочная организация транспортно-пересадочных узлов [Текст] / З. В. Азаренкова // Academia. Архитектура и строительство. – 2011. – №. 1. – С. 76-80.*
6. Wei, Z., Cai-Liang, J. (2005). Theoretical analysis of the interchange passengers in urban transport terminals. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 10*, 23-30.
7. Rodrigue, J. P. (1999). Globalization and the synchronization of transport terminals. *Journal of transport geography, 4*, 255-261.

8. Nesheli, M. M., Ceder, A.A. (2015). Improved reliability of public transportation using real-time transfer synchronization. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*, 60, 525-539.

9. Vdovychenko, V. (2017). Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*, (4/2(36)), 37-43.

References

1. Lypenkov, A. V., & Kuz'myn, N. A. (2015). Opredelenye dopustymogo urovnya yntensyvnoy dvyzhenyya horodskyykh avtobusov pry yzvestnoy propusknoy sposobnosti ostanovochnoho punkta. *Yntellekt. Ynnovatsyy. Ynvestytsyy*, (3), 97-102.

2. Laryn, O. N., & Kazhaev, A. A. (2011). Optimizatsiya marshrutnykh setey gorodov s uchetom ogranicheniy propusknoy sposobnosti ostanovochnykh punktov. *Vestnyk Orenburhskoho gosudarstvennoho unyversyteta*, (10(129)), 26-31.

3. Zedhenyov, A. V. (2008). Povyishenie effektivnosti funktsionirovaniya ostanovochnykh punktov gorodskogo passazhirskogo transporta. *Vestnyk Yrkut-skoho gosudarstvennoho tekhnicheskoho unyversyteta*, (3(35)), 121-123.

4. Vasylenko, T. Y., Fesenko, D. V., Dul'nyavka, O. Y. (2009). Protsey imitatsiyi funktsionuvannya zupynochnoho punktu sumisnoyi dilyanky rukhu avtobusiv riznykh marshrutiv. *Visti avtomobilno-dorozhnogo institutu*, (2(9)), 164-171.

5. Azarenkova, Z. V. (2011). Planirovochnaya organizatsiya transportno-peresadochnykh uzlov. *Academia. Arhitektura i stroitelstvo*, (1). 76-80.

6. Wei, Z., Cai-Liang, J. (2005). Theoretical analysis of the interchange passengers in urban transport terminals. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 10, 23-30.

7. Rodrigue, J. P. (1999). Globalization and the synchronization of transport terminals. *Journal of transport geography*, 4, 255-261.

8. Nesheli, M. M., Ceder, A.A. (2015). Improved reliability of public transportation using real-time transfer synchronization. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*, 60, 525-539.

9. Vdovychenko, V. (2017). Analysis of the formation of fluctuations of service time of vehicles in transport-transfer stations of urban passenger transport. *Technology audit and production reserves*, (4/2(36)), 37-43.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.О. Давидіч, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

Автор: ВДОВИЧЕНКО Володимир Олексійович
кандидат технічних наук, доцент.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

E-mail – Vval2301@gmail.com

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2746-8175>

DISTRIBUTION OF ROUTES AMONG STOPPING ITEMS OF THE TRANSPORT-TRANSPLANTATION TERMINAL OF URBAN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

V. Vdovychenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The conditions of forming distribution of routes among stopping points of the transport-transplantation terminal of urban public passenger transport from the point of view of its influence on the service and resource indicators of vehicle servicing are determined.

The object of the research is the process of passing of the vehicles of routes of urban public passenger transport through the transport-transplantation terminal.

The article proposes to consider the procedure of distribution of routes among stopping points on the basis of the principle of self-organization which involves the search for an equilibrium state of loading of the ways of passing the transport-transplantation terminal. The presented models of determining the rational distribution combination of fixing routes are based on the description of the rank evaluation of the rating of compliance of the subjects of interaction conditions for ensuring their equilibrium resource status.

Investigation of the process of formation of the equilibrium state of ways of passing from the position of assessing the resource criticality of the subjects of interaction allowed to identify the conditions for reducing their conflict.

Keywords: transport-transplantation terminal, urban public passenger transport, distribution of routes, stopping point.