

АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ФЛУКТУАЦІЇ ЧАСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНИХ ВУЗЛАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Вдовиченко В. О.

1. Вступ

Функціонування міського громадського пасажирського транспорту (МГПТ) представляє собою складний процес, у ході якого відбувається реалізація сукупності відповідних технологічних операцій. Основною частиною функціонування МГПТ є процеси, які мають цілеспрямовану дію щодо зміни стану його сервісно-ресурсних параметрів та орієнтовані на повне та якісне забезпечення задоволення потреб населення в їх мобільності. Поряд з основними виробничими процесами, функціонування МГПТ ґрунтується на суміжних операціях, які спрямовані на забезпечення відповідних рівнів параметричних станів його технологічних середовищ. До таких операцій відносяться різні форми використання міської транспортної інфраструктури, територіального простору міст, об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури тощо. Дослідження закономірностей руху транспортних засобів по маршрутах МГПТ показали наявність характерного впливу їх на ефективність та якість пасажирських перевезень. Стан реалізації внутрішніх технологічних процесів у значній мірі визначається рівнем забезпечення стабільності часових параметрів внутрішніх та зовнішніх операцій, які відбуваються в ході взаємодії МГПТ в межах локальних об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури. В умовах вирішення задачі забезпечення ефективної взаємодії МГПТ в транспортно-пересадочних вузлах (ТПВ) важливим є для виділення спектру виробничих рішень, спрямованих на стабілізацію його функціонування. За таких умов виникає актуальна потреба в аналізі ключових структурних компонент формування флуктуації (відхилення) часових параметрів його технологічних процесів, який є основою для подальшого виділення механізмів підвищення його сервісно-ресурсної ефективності.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

За своїм призначенням технологічні процеси МГПТ можуть бути розподілені на основні, допоміжні та забезпечуючі. Основними є процеси, в ході яких відбувається переміщення пасажирів в межах територіального простору міста. Допоміжні процеси спрямовані на забезпечення безперебійності реалізації основних процесів і є невід'ємною частиною функціонування МГПТ. Основні та допоміжні процеси представляють одне ціле та реалізуються в межах середовища МГПТ з використанням його внутрішніх ресурсів у вигляді єдиного виробничого процесу. Процеси, що відносяться до забезпечуючих, передбачають створення відповідних умов для реалізації основних та допоміжних виробничих процесів. В умовах інтеграції МГПТ в загальну структуру міського середовища вони в значній мірі визначають можливості досягнення їх ефективності та ре-

зультативності. Структура процесів функціонування МГПТ дозволяє відобразити характерний взаємозв'язок та є основою для виділення технологічних та організаційних форм їх взаємодії в межах відповідних функціональних його середовищ. Важливим етапом організації роботи МГПТ є забезпечення ефективної взаємодії в межах ТПВ. Суттєвий вплив на взаємодію МГПТ оказує характер та умови формування флуктуації (відхилення) часу прибуття та простою транспортних засобів в пунктах пересадки. Наявність флуктуації обслуговування транспортних засобів призводить до зростання ймовірності виникнення конфліктних ситуацій у ТПВ та значно впливає на рівень їх стабілізації. Зменшення діапазону можливої флуктуації обслуговування (часу прибуття та простою) дозволяє скоротити тривалість планового часу обслуговування транспортних засобів та збільшити резерви виробничих ресурсів ТПВ.

Об'єктом дослідження є процес функціонування ТПВ МГПТ. Важливою характеристикою функціонування ТПВ МГПТ є часові параметри прибуття та простою транспортних засобів під посадкою-висадкою пасажирів. Флуктуація цих параметрів призводить до появи неоднорідності в часі обслуговування транспортних засобів. Така неоднорідність проявляється у формуванні випадкового характеру прибуття транспортних засобів у відповідні моменти часу τ та в подальшому призводить до необхідності розширення планового часу їх обслуговування, що призводить до зниження загальної пропускної здатності ТПВ. Схема впливу флуктуації на величину необхідного діапазону обслуговування транспортних засобів представлена на рис. 1.

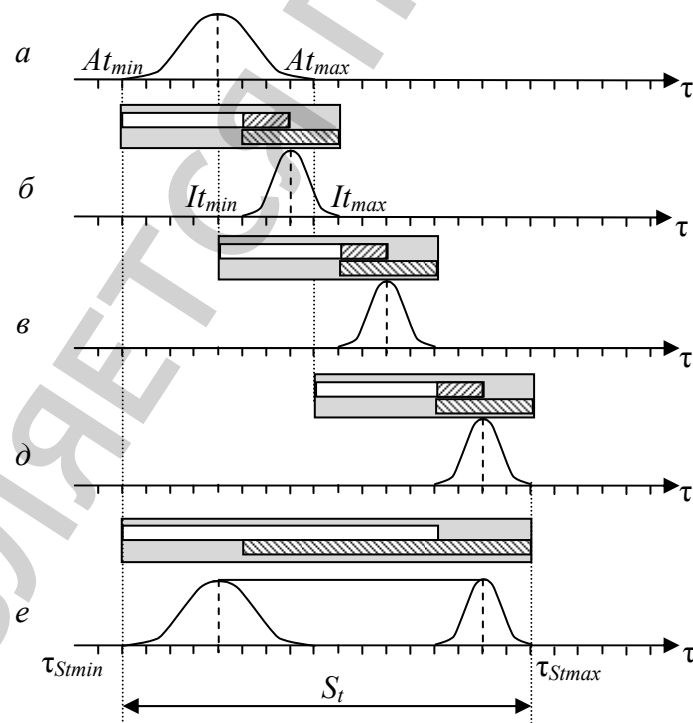


Рис. 1. Формування діапазону обслуговування:

a – прибуття; *б* – при ранньому прибутті;

в – при плановому прибутті; *д* – при пізньому прибутті; *е* – загальний ймовірний діапазон обслуговування

Скорочення флуктуації прибуття транспортних засобів та часу їх простою дозволяє забезпечити зменшення діапазону ймовірного їх знаходження в ТПВ та скоротити плановий час їх обслуговування. Для розробки виробничої програми взаємодії в ТПВ необхідно мати чітке уявлення про склад, структуру та фактичну тривалість флуктуаційних процесів, які виникають під час обслуговування транспортних засобів. Така задача вимагає створення відповідного аналітичного апарату спрямованого на опис умов формування часу обслуговування в ТПВ та проведення експериментальних досліджень щодо тривалості його фактичного відхилення.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є виділення умов та областей формування флуктуації часових параметрів знаходження транспортних засобів у ТПВ під час їх обслуговування.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

1. Виділити структуру чинників флуктуації технологічних процесів функціонування МГПТ та сформуванати причино-наслідкові зв'язки їх усунення.
2. Провести аналітичний опис складових елементів технологічного процесу обслуговування транспортних засобів з позицій оцінки їх впливу на параметричні області флуктуації простою в ТПВ.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Дослідження флуктуації часових параметрів технологічних процесів МГПТ в основному розглядалося при формуванні уявлень про якість транспортного обслуговування пасажирів та у контексті розробки автоматизованих систем управління рухом. Розподіл існуючих досліджень процесів флуктуації МГПТ за цільовою метою дозволяє обґрунтувати групування їх за двома напрямками:

- оцінка впливу флуктуації руху транспортних засобів як складової частини загального часу пересування пасажирів [1–3];
- виділення характерних зв'язків впливу територіальних параметрів маршрутів МГПТ та умов реалізації циклу технологічних операцій на ефективність їх функціонування [4–6].

Розгляд флуктуації руху з позицій оцінки якості транспортного обслуговування [1–3] передбачає проведення узагальненого аналізу тривалості наднормативного часу пересування пасажирів маршрутною мережею МГПТ. Цей розгляд в цілому не має своєю метою реалізацію процедури виділення технологічно-організаційних передумов їх виникнення. Така форма аналізу флуктуації внутрішніх процесів МГПТ недостатньо пристосована для вирішення задач виробничого характеру та не може бути адаптована для виділення причино-наслідкових зв'язків формування впливу флуктуації на стабільність функціонування суб'єктів пасажирської транспортної інфраструктури.

Дослідження процесів виникнення флуктуації руху по ділянках маршрутів, яким приділено увагу в роботах [4–6], має метою визначення внутрішніх технологічних впливів на ефективність роботи окремих елементів маршрутною мере-

жі МГПТ. У цих роботах виникнення флуктуації на ділянках маршрутів розглядається на основі аналізу умов руху по сукупності окремих перегонів. Основною задачею цих робіт є дослідження узагальнених процесів формування часу відхилення рейсу від планової тривалості без розподілення їх на окремі структурні елементи маршруту. Така форма представлення дослідження флуктуаційних процесів стосується лише маршрутної мережі та не дозволяє застосовувати існуючі залежності для аналізу технологічних операцій у межах ТПВ.

Необхідність розосередження флуктуаційних процесів по структурним елементам МГПТ ґрунтується на різноманітності причин їх формування та необхідності відокремлення дослідження технологічних операцій в межах суб'єктів пасажирської транспортної інфраструктури. Серед цих суб'єктів велику актуальність займають ТПВ. Опис складових частин формування флуктуації часових параметрів руху використовується при вирішенні задач слот-координації взаємодії МГПТ в ТПВ [7–9] та при визначенні інтервалів руху в межах окремих зупиночних пунктів [10–12]. Основним недоліком представлених підходів є відсутність в них структурованого опису причин формування впливу на флуктуацію обслуговування транспортних засобів та узагальнена форма їх обліку. Враховуючи виявлені недоліки існуючих досліджень флуктуації технологічних процесів виникає необхідність у проведенні аналізу їх чинників виникнення та аналітичному дослідженні структури їх формування в умовах технологічних операцій, які реалізуються в межах ТПВ.

5. Методи дослідження

Режим руху транспортних засобів по маршрутах МГПТ залежить від багатьох внутрішніх та зовнішніх чинників, підвергається відповідним відхиленням від планового розкладу руху та коливається протягом відповідних періодів роботи. Невідповідність фактичного режиму руху запланованому характеризується рівнем флуктуації, який відображає випадкове відхилення часу, що припадає на одиницю транспортного процесу від середнього значення його величини. Величина флуктуації залежить від рівня організації та управління технологічними процесами. Основою дослідження процесів формування флуктуації обслуговування в ТПВ є виділення та систематизація чинників впливу, облік їх наслідків та виділення механізмів їх усунення (рис. 2).



Рис. 2. Структура чинників флуктуації обслуговування в транспортно-пересадочних вузлах

Розмір флуктуації залежить від рівня організації і управління внутрішніми процесами МГПТ та зовнішніми ресурсними суб'єктами, які використовуються для реалізації їх виробничих функцій. Аналітичний опис часових параметрів обслуговування МГПТ в ТПВ передбачає виділення складових структурних елементів технологічних операцій та формалізацію їх тривалості. Процес руху транспортного засобу по маршруту можливо представити у вигляді неперервного переміщення в територіальному просторі, де знаходяться суб'єкти, що безпосередньо впливають на формування флуктуації його руху. До таких суб'єктів відносяться елементи ВДМ (перетини проїжджої частини, пішохідні переходи, дорожні елементи маневрування та ін.) та елементи пасажирської транспортної інфраструктури (зупиночні пункти). Модель руху по маршруту з'єднує статистично визначені дані флуктуації з чинниками її формування та дозволяє розподілити її за відповідними частинами простору. У загальному ви-

гляді математичне очікування часу руху по маршруту можливо представити через сукупність двох базових частин, які характеризують режими руху та простою транспортних засобів на зупиночних пунктах:

$$M(Ft_f) = \sum_{i=1}^n (Tm_{f_i} + M(Fl_{Tm_i})) + \sum_{j=1}^m (Tll_{f_j} + M(Fl_{Tll_j})), \quad (1)$$

де Tm_{f_i} – плановий час руху по ділянці маршруту, год.;

$M(Fl_{Tm_i})$ – математичне очікування флуктуації часу руху по ділянці маршруту, год.;

n – кількість ділянок маршруту;

Tll_{f_j} – плановий час простою в зупиночному пункті, год.;

$M(Fl_{Tll_j})$ – математичне очікування флуктуації часу простою в зупиночному пункті, год.;

m – кількість зупиночних пунктів на маршруті.

Значний вплив на ефективність організації взаємодії в ТПВ оказує резервування ресурсних можливостей пропускну здатності його елементів [13]. Основним параметром, який визначає рівень резервних можливостей ТПВ є діапазон часу, протягом якого виникає ймовірність прибуття та обслуговування транспортних засобів. Він визначає час, який необхідно зарезервувати під обслуговування відповідного рейсу в загальному періоді роботи ТПВ. Тривалість такого діапазону залежить від флуктуації часу прибуття, яка формується на відрізок маршруту, що знаходиться перед ТПВ та часу безпосереднього простою в ТПВ. Загальний вигляд моделі визначення дисперсії флуктуації часу прибуття транспортного засобу в ТПВ для відповідного моменту часу τ загального періоду t можна представити у вигляді рівняння:

$$D(Fl_{Tm_i}(\tau_{ar})) = \int_{\tau_{sv}}^{\tau_{ar}} Ca(\tau) \cdot Ffl(\tau) d\tau, \quad (2)$$

де τ_{ar} – момент прибуття в ТПВ;

τ_{sv} – момент початку рейсу;

$Ca(\tau)$ – параметр, що відображає наявність механізмів управління чинниками флуктуації;

$Ffl(\tau)$ – функція ризику настання відхилення часу руху.

Ймовірність виникнення відхилень від запланованого розкладу руху має складну природу і може бути визначена на основі обліку множини її розподілу. Передбачимо, що розподіл виникнення відхилень має випадковий характер, який визначається складовою шуму її розподілу. Однак є інформація про межі розподілу цієї імовірності відносно нижньої та верхньої межі настання подій,

які можуть бути описані у вигляді функції розподілу випадкових величин. Функція ризику настання ситуації відхилення від розкладу руху для окремого чинника визначається шляхом оцінки можливого його впливу з урахуванням умов забезпечення абсолютного рівня виконання розкладу руху:

$$Ffl(u_i)_\tau = Z_i - f(g_i) \quad (3)$$

де Z_i – рівень значення i -го чинника, який забезпечує абсолютний рівень виконання розкладу руху;

$f(g_i)$ – функція ризику впливу на стабільність руху i -го чинника.

Значення абсолютного рівня відсутності впливу на регулярність руху визначається на основі вибору з множини параметрів впливу $G = \{g_i\}, (i = \overline{1, n})$ найкращої функції $f(g_{0i})$. Функція розподілу рівня виникнення флуктуації від i -го чинника впливу $P(u_i)$ визначається з множини $P = \{p_i\}, (i = \overline{1, r})$, яка визначає відповідні функції щільності настання подій відхилення руху.

Формалізація функції залежності формування флуктуації від чинників їх виникнення є складною багатокритеріальною задачею, вирішення якої вимагає використання спеціальної методики для опису причино-наслідкових зв'язків їх формування. Оцінку рівня впливу чинників на флуктуацію руху пропонується проводити виходячи з мінімаксної (песимістичної) моделі. Функція ризику настання відхилення руху може бути представлена як сумарна мінімаксна функція, яка відображає рівень ризику та імовірність виникнення події:

$$Ffl(\tau) = \sum_{i=1}^m \min_{g_i \in G} \max_{p(u_i) \in P} \int Z(u_i) P(u_i) du_i \quad (4)$$

де m – кількість чинників впливу на флуктуацію.

Кількість чинників впливу визначається за умов їх відповідності встановленому контрольному переліку відповідно територіальних структур дослідження флуктуації. Параметр $Ca(\tau)$, що відображає наявність механізмів управління чинниками флуктуації відображає характер впливу на них та в залежності від стану їх реалізації приймає одне значення з множини $\{0, 1\}$.

Фактичний час обслуговування ТЗ у ТПВ складається з постійної та змінної частин. Постійна складова визначається умовами виконання технологічних операцій, пов'язаних з переміщенням транспортних засобів по території ТПВ та операцій з відкриття (закриття) дверей. Змінна частина визначає час простою з безпосередньої посадки (висадки) пасажирів, час виконання супутніх операцій (збір оплати), час очікування додаткових пасажирів та час непродуктивних простоїв (черга на обслуговування).

Тривалість постійної складової технологічних операцій визначає обов'язковий гарантований час простою транспортного засобу в ТПВ:

$$St_n = t_m + t_{вА} + t_{зА} + t_{зВ}, \quad (5)$$

де t_m – час уповільнення на шляху до зупинки, год.;

$t_{вА}$ – час відкриття дверей, год.;

$t_{зА}$ – час закриття дверей, год.;

$t_{зВ}$ – час звільнення зупиночного пункту, год.

Час уповільнення транспортного засобу на шляху до зупинки:

$$t_m = \frac{\sqrt{\frac{2l_a}{d_m}}}{3600}, \quad (6)$$

де l_a – довжина ділянки уповільнення, м;

d_m – уповільнення транспортного засобу, м/с.

Час на звільнення зупиночного пункту визначається за формулою:

$$t_{зВ} = \frac{\sqrt{\frac{2l_b}{b_p}}}{3600}, \quad (7)$$

де l_b – довжина ділянки виїзду, м;

b_p – прискорення розгону транспортного засобу, м/с.

Значення змінної частини простою транспортного засобу в ТПВ, яка відображає процес формування флуктуації простою можна визначити, виходячи з тривалості операцій, які залежать від пасажирооберту та рівня координації:

$$St_{зм} = t_{ч} + t_{н-в} + t_{очп} + t_{сн}, \quad (8)$$

де $t_{ч}$ – час простою в черзі, год.;

$t_{н-в}$ – час посадки-висадки пасажирів, год.;

$t_{очп}$ – час очікування пасажирів, год.;

$t_{сн}$ – час збору оплати, год.

Час простою у черзі визначається на основі обліку конфліктних станів, при яких для різних транспортних засобів спостерігається накладення діапазонів обслуговування в ТПВ:

$$t_{ч} = \sum_{i=1}^t \tau_{re-fl_i}, \quad (9)$$

де τ_{rc-fl_i} – момент часу, в якому спостерігається стан конфлікту в ТПВ;
 t – тривалість періоду дослідження, год.

Час, який витрачається на пасажирообмін (посадку-висадку) визначається, виходячи з його обсягу та характеристик транспортних засобів:

$$t_{n-b} = \frac{k_{zn} \cdot q_n \cdot \tau_{nac} \cdot k_{на}}{3600 \cdot N_A}, \quad (10)$$

де k_{zn} – середньогодинний коефіцієнт пасажирообміну зупиночного пункту;
 q_n – номінальна місткість транспортного засобу, пас.;
 τ_{nac} – час, який витрачається одним пасажиром на посадку або висадку, с;
 $k_{на}$ – коефіцієнт нерівномірності посадки і висадки пасажирів за дверима транспортного засобу;
 N_A – кількість дверей для входу та виходу в транспортний засіб.

Середньогодинний коефіцієнт пасажирообміну маршруту на зупиночному пункті:

$$k_{zn} = \frac{(Q_y + Q_b)}{t \cdot A_m \cdot q_n}, \quad (11)$$

де Q_y – кількість пасажирів, що від'їжджають з зупиночного пункту за період, пас.;

Q_b – кількість пасажирів, що приїжджають до зупиночного пункту за період, пас.;

t – тривалість розрахункового періоду, год.;

A_m – кількість автобусів на маршруті, од.

Час збору оплати:

$$t_{cn} = \frac{k_{zn} \cdot q_n \cdot \tau_{оплат} \cdot k_{на}}{3600 \cdot N_A}, \quad (12)$$

де τ_{nac} – час, який витрачається одним пасажиром на оплату проїзду, с.

Час очікування пасажирів $t_{очн}$, величина якого не залежить від технологічних параметрів роботи маршруту. На практиці вона приймається, виходячи з поточної ситуації, яка склалася в ТПВ, рівня наповнення салону транспортного засобу та суб'єктивних бажань водія.

Під час планування технологічного процесу в ТПВ тривалість його складових частин, пов'язаних з рухом та виконанням пересадочних операцій, визнача-

ється, виходячи з фактичних умов розташування зупиночних пунктів та значення пасажирообміну. Флуктуація простою виникає за рахунок виникнення черги транспортних засобів на вході у відповідні зони обслуговування ТПВ та ненормованого простою для очікування пасажирів. Дисперсія цих параметрів поряд з дисперсією часу прибуття є визначальними у розрахунку флуктуації діапазону обслуговування в ТПВ. Виходячи з цього та враховуючи залежність формування флуктуації прибуття транспортних засобів можна представити загальну модель визначення зарезервованого діапазону часу для обслуговування в ТПВ:

$$St = D(Fl_{Tm_i}(\tau_{ar})) + St_n + t_{n-b} + t_{cn} + D(t_c) + D(t_{очн}). \quad (13)$$

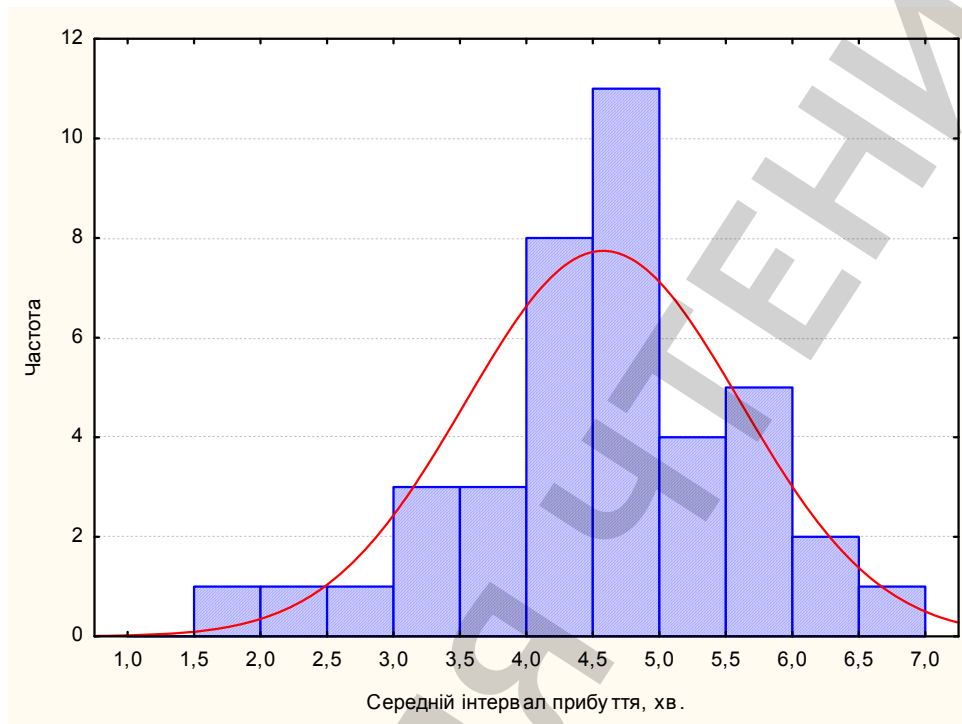
Запропонована модель визначення діапазону часу обслуговування використовується в якості основного параметра оцінки ефективності організації технологічних процесів обслуговування транспортних засобів у ТПВ.

6. Результати дослідження

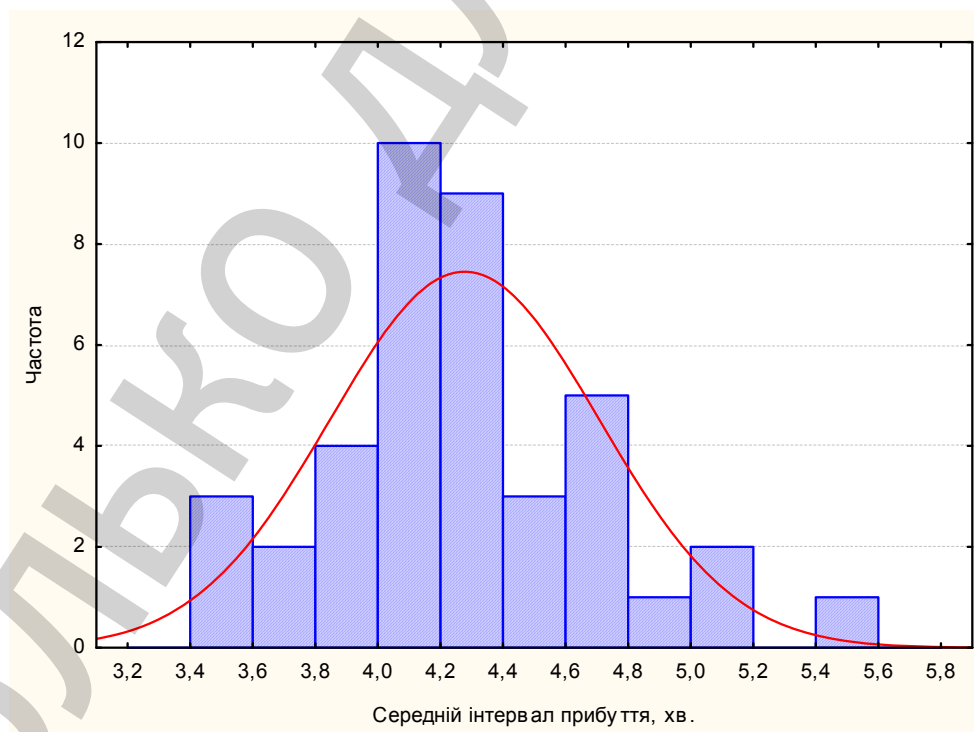
У межах експериментальних досліджень за допомогою імітаційного моделювання були проаналізовані тенденції формування загального рівня флуктуації за двома параметрами: відхилення часу прибуття транспортних засобів у ТПВ та тривалість їх загального простою. Імітаційна модель ТПВ дозволяє відтворити процеси, які відбуваються в реальних об'єктах та, змінюючи відповідні керуючі впливи, отримати значення функції відклику результуючих параметрів. Імітація процесів проводилася для реального об'єкту пасажирської транспортної інфраструктури МГПТ м. Харкова (Україна) зупиночного пункту «вул. Гв. Широнинців» (ТПВ «вул. Гв. Широнинців – вул. Валентинівська» (50°00'48.4"N 36°20'27.2"E). У межах цього об'єкту відбувається обслуговування чотирьох маршрутів МГПТ. По кожному маршруту зібрана попередня інформація щодо планових показників їх руху на відрізку перед ТПВ. На основі натурних спостережень виявлені фактичні обсяги пасажирообміну та встановлені нормативи постійної складової часу обслуговування транспортних засобів, пов'язаних з маневруванням та посадкою-висадкою пасажирів.

Метою імітаційного моделювання є виявлення характеру зміни параметрів флуктуації обслуговування транспортних засобів при впровадженні відповідних організаційно-технологічних механізмів її зниження. В якості основних механізмів використовувалися: організація руху маршрутного транспорту по окремим смугам, резервування пропускну здатності та впровадження системи координації. Представлені механізми в межах виділеної задачі виявлення закономірностей зміни флуктуаційних процесів в ТПВ розглядаються у вигляді узагальненої альтернативної технологічної програми без деталізації окремих етапів її впровадження. Так, пропонується розглядати введення пріоритетного руху на всіх ділянках маршрутів. А впровадження координації представлено через формування графоаналітичного варіанту слот-розкладу руху через ТПВ на основі оцінки його відповідності вимогам мінімуму накладень періодів одночасного прибуття транспортних засобів. Побудовані на основі отриманих резуль-

татів гістограми розподілу інтервалу прибуття та періоду простою транспортних засобів у ТПВ (рис. 3, 4) дозволяють сформулювати уявлення про їх абсолютний рівень та загальні тенденції закону їх розподілу.

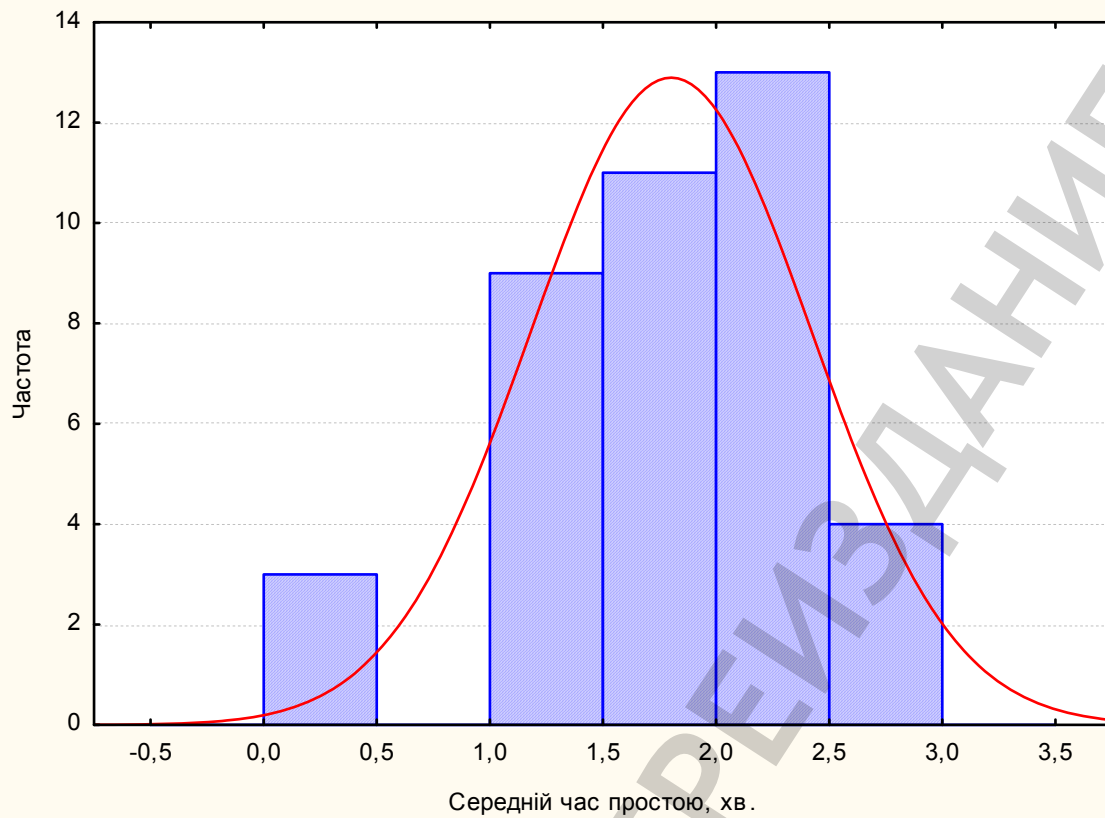


a

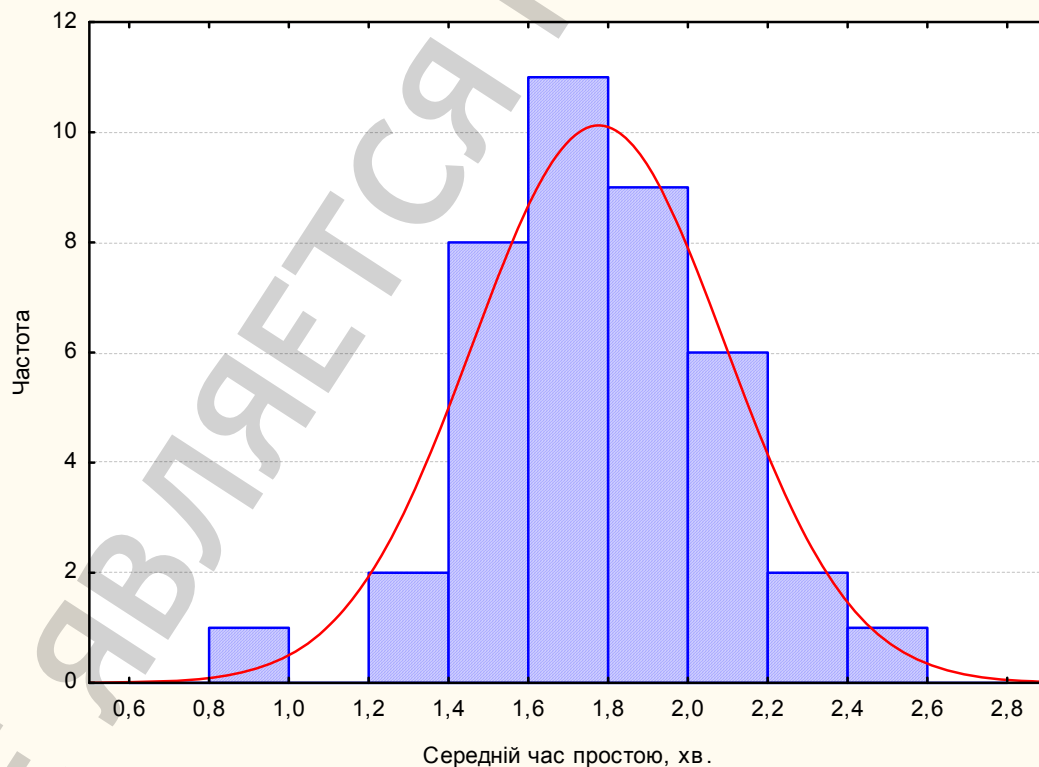


б

Рис. 3. Розподіл середнього інтервалу прибуття транспортних засобів:
a – базовий варіант; *б* – проектний варіант



a



b

Рис. 4. Розподіл середнього часу простою транспортних засобів:
a – базовий варіант; *b* – проектний варіант

За результатами проведених серій імітаційних експериментів отримані данні щодо абсолютного значення флуктуації та визначені необхідні планові діапазони часу обслуговування транспортних засобів у ТПВ (табл. 1).

Таблиця 1

Показники обслуговування транспортних засобів у транспортно-пересадочних вузлах

Маршрут	Флуктуація часу прибуття, хв.		Флуктуація часу обслуговування, хв.		Середній діапазон обслуговування, хв.	
	базова	проектна	базова	проектна	базовий	проектний
34	2,4	1,6	1,8	1,3	5,7	4,4
42	4,8	2,7	1,7	1,1	8	5,3
52e	1,8	1,3	1,1	0,8	3,9	3,1
272e	5,2	2,9	1,0	0,6	7,2	4,5

На основі аналізу отриманих результатів виявлені закономірності залежності флуктуації прибуття транспортних засобів від організації руху по ділянках маршрутів та від рівня координації взаємодії в ТПВ. Так встановлено, що при впровадженні пріоритетного руху на ділянках маршруту:

- середній інтервал прибуття транспортних засобів скорочується на 4,4 % (з 4,5 хв. до 4,3 хв.);

- дисперсія цієї величини, яка безпосередньо визначає флуктуацію прибуття, скорочується на 49,1 % (з 5,5 хв. до 2,8 хв.). За рахунок організації слот-координації руху досягається скорочення дисперсії часу простою транспортних засобів у ТПВ на 40 % (з 3 хв. до 1,8 хв.). Скорочення діапазону ймовірного знаходження транспортних засобів у ТПВ для відповідних маршрутів склало від 20,5 % до 37,5 % (від 0,8 хв. до 2,7 хв.). Це свідчить про важливість обліку флуктуаційних процесів під час планування роботи ТПВ та перспективність впровадження координації взаємодії в них.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strength. В якості сильної сторони дослідження слід відзначити, що запропонована форма оцінки флуктуації обслуговування транспортних засобів у ТПВ ґрунтується на представленні причино-наслідкових зв'язків її формування через опис фактичних складових елементів технологічного процесу. Виділення областей формування флуктуаційних процесів та послідовності пошуку раціональних виробничих рішень дозволяє забезпечити компроміс у досягненні загального результату функціонування МГПТ та трудомісткістю розгляду різних альтернативних варіантів. На відміну від існуючих даних підхід дозволяє забезпечити підвищення ресурсної ефективності ТПВ без створення нових зупиночних пунктів, що дозволяє скоротити обсяг необхідних експлуатаційних та інвестиційних коштів.

Weakness. Слабкою стороною дослідження є необхідність оцінки кожної альтернативної виробничої програми забезпечення скорочення флуктуації обслуговування транспортних засобів у ТПВ з області допустимих рішень та визначення рі-

вня їх впливу на умови руху інших учасників руху міською транспортною мережею. Така ситуація викликана відсутністю чіткої форми представлення опису функції відклику на параметри зміни умов організації руху на окремих елементах маршруту та внутрішньої мережі ТПВ. Створення єдиної багаторівневої системи управління міським транспортом дозволяє на основі комплексної діагностики стану всіх його видів та компонент реалізувати процедуру виділення ключових зон впливу, на яких можлива організація пріоритетного руху та сформуванню загальної програму управління слот-координацією на мережі ТПВ МГПТ.

Opportunities. Запропонований підхід до опису флуктуаційних процесів обслуговування транспортних засобів у ТПВ відкриває перспективи використання моделей слот-координації для вирішення задач підвищення системної ефективності МГПТ. В умовах формування комплексної виробничої програми на основі обліку характеру зв'язку «умови руху – час непродуктивного простою в ТПВ» стає можливим реалізація процедури виділення сегменту системноорієнтованих технологічних рішень спрямованих на отримання комплексного багаторівневого ефекту в межах існуючих функціональних процесів МГПТ.

Threats. Складність формування виробничої програми, спрямованої на скорочення флуктуації часу обслуговування, полягає у необхідності отримання інформації про фактичний пасажирообмін зупиночних пунктів та розподіл його за окремими маршрутами, які проходять через ТПВ. Час простою транспортних засобів під посадкою-висадкою не входить до діапазону флуктуації та при кожному окремому випадку прибуття транспортного засобу в ТПВ повинен бути визначений, виходячи з фактичних потреб пасажирів. Отримання об'єктивної інформації про пасажирообмін на основі поточного моніторингу дозволить сформуванню відповідні дані щодо нормативного простою транспортних засобів у ТПВ. За таких умов стає можливим використання цієї інформації в якості складової частини при визначення відповідних діапазонів часу обслуговування транспортних засобів.

8. Висновки

1. Встановлено, що процедура виявлення характеру та умов формування випадкових величин фактичного відхилення обслуговування транспортних засобів у ТПВ є складовим етапом дослідження процесів функціонування МГПТ. Її реалізація можлива шляхом виділення чинників їх виникнення в межах суб'єктів маршрутної мережі та пасажирської транспортної інфраструктури. Основними чинниками формування рівня флуктуації обслуговування транспортних засобів у ТПВ є вплив умов руху по ділянках маршрутної мережі та стан організації внутрішніх технологічних процесів. Необхідність чіткого планування взаємодії МГПТ в ТПВ та оцінки рівня її впливу на флуктуацію обслуговування дозволяє обґрунтувати необхідність визначення зон параметричних областей можливого скорочення планового діапазону обслуговування транспортних засобів.

2. На основі аналітичного опису складових елементів технологічного процесу обслуговування МГПТ в ТПВ встановлений характеристичний зв'язок впливу організаційно-технологічних рішень на флуктуацію обслуговування транспортних засобів. Для зупиночного пункту «вул. Гв. Широнинців»

(50°00'48.4"N 36°20'27.2"E) пасажирської транспортної інфраструктури МГПТ м. Харкова (Україна) визначені можливі області зниження флуктуації обслуговування. Так за рахунок впровадження пріоритетного руху по ділянках мережі рівень дисперсії часу прибуття транспортних засобів скорочується на 49,1 %, дисперсія часу обслуговування на 40 %, а середня тривалість діапазону ймовірного знаходження транспортних засобів у ТПВ в межах від 20,5 % до 37,5 %.

Отримані експериментальні дані підтверджують актуальність обліку флуктуаційних процесів при організації роботи ТПВ та дозволяють обґрунтувати перспективність їх інтеграції у загально-функціональну модель оцінки ефективності роботи міського громадського пасажирського транспорту.

Література

1. Tarnovetskaya, A. G. Assessing tram and trolleybus transport regularity in Kharkiv [Text] / A. G. Tarnovetskaya, N. I. Kulbashnaya // Municipal economy of cities. – 2015. – No. 121. – P. 69–73.
2. Nosov, A. Indicators of quality assessment of transport services for passengers [Electronic resource] / A. Nosov // Periodical scientific and methodological electronic journal «Koncept». – 2016. – No. 12. – P. 93–97. – Available at: \www/URL: <https://e-koncept.ru/2016/16269.htm>
3. Semchugova, E. Yu. Reguliarnost' i nadezhnost' v otsenke kachestva uslug gorodskogo passazhirskogo transporta [Text] / E. Yu. Semchugova // Inzhenernyi vestnik Dona. – 2013. – No. 25. – P. 140–145.
4. Bogumil, V. An organization of automated dispatching control of urban passenger transport [Text] / V. Bogumil, D. Efimenko, F. Sidikov // Vestnik Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta (MADI). – 2012. – No. 3. – P. 63–69.
5. Ibarra-Rojas, O. J. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review [Text] / O. J. Ibarra-Rojas, F. Delgado, R. Giesen, J. C. Munoz // Transportation Research Part B: Methodological. – 2015. – Vol. 77. – P. 38–75. doi:[10.1016/j.trb.2015.03.002](https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.03.002)
6. Elkosantini, S. Intelligent Public Transportation Systems: A review of architectures and enabling technologies [Text] / S. Elkosantini, S. Darmoul // 2013 International Conference on Advanced Logistics and Transport. – IEEE, 2013. – P. 233–238. doi:[10.1109/icadlt.2013.6568465](https://doi.org/10.1109/icadlt.2013.6568465)
7. Cats, O. Real-Time Bus Arrival Information System: An Empirical Evaluation [Text] / O. Cats, G. Loutos // Journal of Intelligent Transportation Systems. – 2016. – Vol. 20, No. 2. – P. 138–151. doi:[10.1080/15472450.2015.1011638](https://doi.org/10.1080/15472450.2015.1011638)
8. Sorensen, C. H. Increased coordination in public transport – which mechanisms are available? [Text] / C. H. Sorensen, F. Longva // Transport Policy. – 2011. – Vol. 18, No. 1. – P. 117–125. doi:[10.1016/j.tranpol.2010.07.001](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.07.001)
9. Dessouky, M. Real-time control of buses for schedule coordination at a terminal [Text] / M. Dessouky, R. Hall, L. Zhang, A. Singh // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2003. – Vol. 37, No. 2. – P. 145–164. doi:[10.1016/s0965-8564\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/s0965-8564(02)00010-1)

10. Lee, Y. Boarding and Alighting Behavior of Public Transport Passengers [Text] / Y. Lee, W. Daamen, P. Wiggendaad // Transportation Research Board 86th Annual Meeting. – 2007. – Vol. 7. – P. 17–20.

11. Gorbachov, P. F. The parameters of waiting time under city routes transport distributions [Text] / P. F. Gorbachov // Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University. – 2007. – No. 37. – P. 90–95.

12. Gorbachov, P. Analytical estimation of minimum and maximum time expenditures of passengers at an urban route stop [Text] / P. Gorbachov, O. Makarychev, O. Rossolov, E. Liubyy, V. Chyzhyk // Automobile Transport. – 2013. – No. 32. – P. 67–71.

13. Vdovychenko, V. Analysis of destabilizing factors of internal sustainability of urban public passenger transport [Text] / V. Vdovychenko // Technology audit and production reserves. – 2017. – Vol. 1, No. 2 (33). – P. 23–30. doi:[10.15587/2312-8372.2017.93197](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.93197)

НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПЕРЕМІЗНИМ