

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ВЗАЄМОДІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ПРИМІСЬКОМУ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОМУ ТЕРМІНАЛІ

Вдовиченко В. О.

1. Вступ

Технологічний процес перевезення пасажирів представляє собою послідовність взаємопов'язаних операцій, виконання яких повинне забезпечити переміщення пасажирів від пункту відправлення до пункту призначення. Організація технологічного процесу в значній мірі визначає якість транспортних послуг і має суттєвий вплив на рівень їх економічної і соціальної ефективності. При розробці технології перевезень пасажирів потрібно врахувати ряд особливостей і вимог, до яких відноситься:

- чітке планування роботи всіх учасників транспортного процесу;
- необхідність забезпечення неперервності транспортного процесу;
- забезпечення безпеки учасників транспортного процесу;
- чітка взаємодія учасників технологічного процесу.

Важливим елементом організації технологічного процесу обслуговування приміського населення є функціонування приміських транспортно-пересадочних терміналів (ТПТ). Приміські ТПТ є основним конструктивним елементом транспортної просторово-планувальної організації міста і прилеглих до нього територій. Мережа приміських ТПТ являє собою центри відгалуження транспортних магістралей міст, завдяки її розростанню розширюються зв'язки між територіальними структурами міст і приміськими територіями, містами-супутниками і агломераціями. Місце ТПТ в транспортній інфраструктурі визначає його транспортну роботу, тобто організацію взаємодії внутрішніх і приміських зв'язків, міського та міжміського сполучення. В ієрархічній структурі елементів значення ТПТ визначається масштабами зон їх впливу і, відповідно, доступністю вузла, його транспортної і функціональної структури. Приміські ТПТ у складі транспортної мережі концентрують в собі інформацію про кількість, потужність, розподіл пасажиропотоків між маршрутами, сполученням та мережею. Сучасні приміські ТПТ представляють собою складні суб'єкти, які висувають характерні вимоги до організації технологічної взаємодії маршрутів в межах їх функціонально-організаційної структури, що показує актуальність проведеного дослідження.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Технологічний процес транспортного обслуговування пасажирів з одного боку може бути представлений як складовий елемент процесу вищого рівня – функціонування транспортної системи, а з іншого розглядатися як сукупність елементарних технологічних операцій. До складу технологічних операцій, що виконуються на об'єктах транспортної інфраструктури, до яких відносяться приміські ТПТ входить: подача транспортного засобу для посадки пасажирів,

посадка-висадка пасажирів, продаж квитків, маневрування транспортних засобів, міжрейсові простої. На основі технологічного аудиту діючих ТПТ виявлено, що найбільш важливими їх параметрами є наступні показники:

- число взаємодіючих в вузлі видів та маршрутів транспорту;
- кількість ресурсних каналів обслуговування;
- технологічна продуктивність обслуговування.

Параметрами елементів ТПТ є:

- пропускна здатність ресурсних каналів;
- потужність його ресурсного господарства.

До параметрів потоків, що входять і виходять з ТПТ відносяться:

- їх абсолютна величина;
- тимчасова (добова, щотижнева, сезонна та ін.) і просторова нерівномірність;
- інтенсивність потоків;
- функція розподілу інтервалів між моментами надходження двох транспортних одиниць;
- система пріоритетів надходження і відправлення транспортних засобів;
- регулярність транспортного потоку.

Об'єктом дослідження є процес функціонування приміського ТПТ. Важливою характеристикою функціонування приміського ТПТ є часові параметри обслуговування пасажирів. Скорочення часу пересадки пасажирів між видами сполучення та маршрутами дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування приміського населення, що забезпечує зростання соціальної ефективності роботи пасажирського транспорту. Скорочення часу пересадки пасажирів можливо реалізувати шляхом забезпечення одночасного знаходження в ТПТ транспортних засобів маршрутів різного сполучення. За таких умов час очікування пересадки між маршрутами буде мінімальним. Однак розширення часу суміжного знаходження транспортних засобів в ТПТ призводить до збільшення їх непродуктивного простою, скорочення їх продуктивності та зростання ймовірності виникнення збоїв у роботі ТПТ. Визначення раціональних часових параметрів взаємодії маршрутів вимагає створення адекватної моделі функціонування ТПТ та проведення досліджень параметричних областей її складових елементів. Дослідження часових параметрів одночасного знаходження транспортних засобів у ТПТ з позицій забезпечення сервісно-ресурсної ефективності має недостатній рівень вивчення, до сьогоднішнього часу представлено лише у загальних рисах, не має конкретної формалізації та потребує створення відповідного модельного апарату.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення області раціональних часових параметрів технологічної взаємодії пасажирського транспорту в приміському ТПТ.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

1. Сформувані загальну структуру взаємодії суб'єктів в межах приміського ТПТ.

2. Формалізувати моделі визначення меж допустимих параметричних областей часової взаємодії пасажирського транспорту.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

В умовах безперервного розвитку взаємозв'язків між містом та іншими населеними пунктами підвищуються вимоги до транспортної інфраструктури, взаємодії її елементів у транспортних вузлах [1]. Питання організації взаємодії пасажирського транспорту в межах ТПТ розглядались з наступних форм:

- планувальні рішення [2–4];
- технічна взаємодія [5];
- технологічна координація [6–9].

Організація взаємодії пасажирського транспорту шляхом пошуку раціональної планувальної структури ТПТ набула широкого поширення у наукових дослідженнях. Така форма дозволяє на етапі проектування елементів транспортної системи визначити раціональні параметри розташування ресурсних каналів обслуговування та спрямована на створення умов безконфліктного руху транспортних та пішохідних потоків в межах ТПТ. Така форма дозволяє забезпечити формування високого рівня майбутнього потенціалу взаємодії елементів у межах ТПТ, але не може розглядатися в якості дієвого інструментарію підвищення експлуатаційної ефективності технологічних процесів роботи пасажирського транспорту.

Технічна взаємодія передбачає узгодження експлуатаційних параметрів пристроїв та транспортних засобів і спрямована на зниження ймовірності виникнення збоїв у роботі ТПТ та забезпечення безпеки перевезень. Обмеженість застосування такого підходу полягає у необхідності заміни технічного оснащення суб'єктів пасажирського транспорту, що в умовах обмеження ресурсних можливостей транспортних організацій робить це не можливим. Крім того така форма організації взаємодії без технологічної координації не дозволяє забезпечити досягнення високого рівня якості транспортного обслуговування пасажирів.

Найбільш перспективним методом є технологічна взаємодія, яка передбачає впровадження раціональних графіків руху транспортних засобів в межах ТПТ. Існуючі методи координації руху пасажирського транспорту при організації взаємодії в межах ТПТ реалізуються на основі:

- обліку стохастичності руху [10];
- кількості пересадок пасажирів [11];
- обліку періодів можливої пересадки пасажирів [12];
- оцінки транзитних потоків [13];
- багатокритеріальної оцінки результатів [14].

Загальним недоліком існуючих підходів до технологічної координації взаємодії транспорту в ТПТ є те, що вони не враховують потенційні можливості забезпечення скорочення часу пересадки пасажирів за рахунок створення умов одночасного перебування транспортних засобів у ТПТ.

Враховуючи вказані недоліки існуючих підходів до організації взаємодії пасажирського транспорту в ТПТ, виникає необхідність проведення дослідження, спрямованого на аналіз часових параметрів знаходження транспортних засобів у ТПТ з позицій скорочення часу очікування пасажирів на пересадку. Дослідження в цьому напрямі вважається перспективним також з точки зору забезпечення умов сер-

вісно-ресурсної відповідності вимогам сталості технологічних процесів роботи суб'єктів транспорту.

5. Методи дослідження

Процес функціонування ТПТ можна представити у вигляді моделі, яка складається зі структури її складових елементів та контуру їх взаємозв'язків. Складовими елементами ТПТ є: зупиночні пункти автобусного сполучення (ЗП_i), станція метрополітену (М), зупиночні пункти міського електротранспорту (ЕТ), приміські (ПМ_i) та міські (ММ_i) автобусні маршрути. В контур взаємозв'язків входить:

- потік замовлень (λ_{ij});
- потік обслуговування (μ_{ij}) в ресурсному каналі ТПТ;
- параметри впливу результатів роботи ТПТ на приміські ($\phi_{\text{ТПТ-ма}}$) та міські ($\phi_{\text{ТПТ-ма}}$) маршрути;
- параметри часу сполучення моментів обслуговування у ТПТ ($T_{\text{па}}$);
- загальний час обслуговування пасажирів у ТПТ ($T_{\text{пас}}$), параметри транспортної пропозиції маршруту ($A_{\text{па}}$). Структура контуру зв'язків моделі приміського ТПТ представлена на рис. 1.

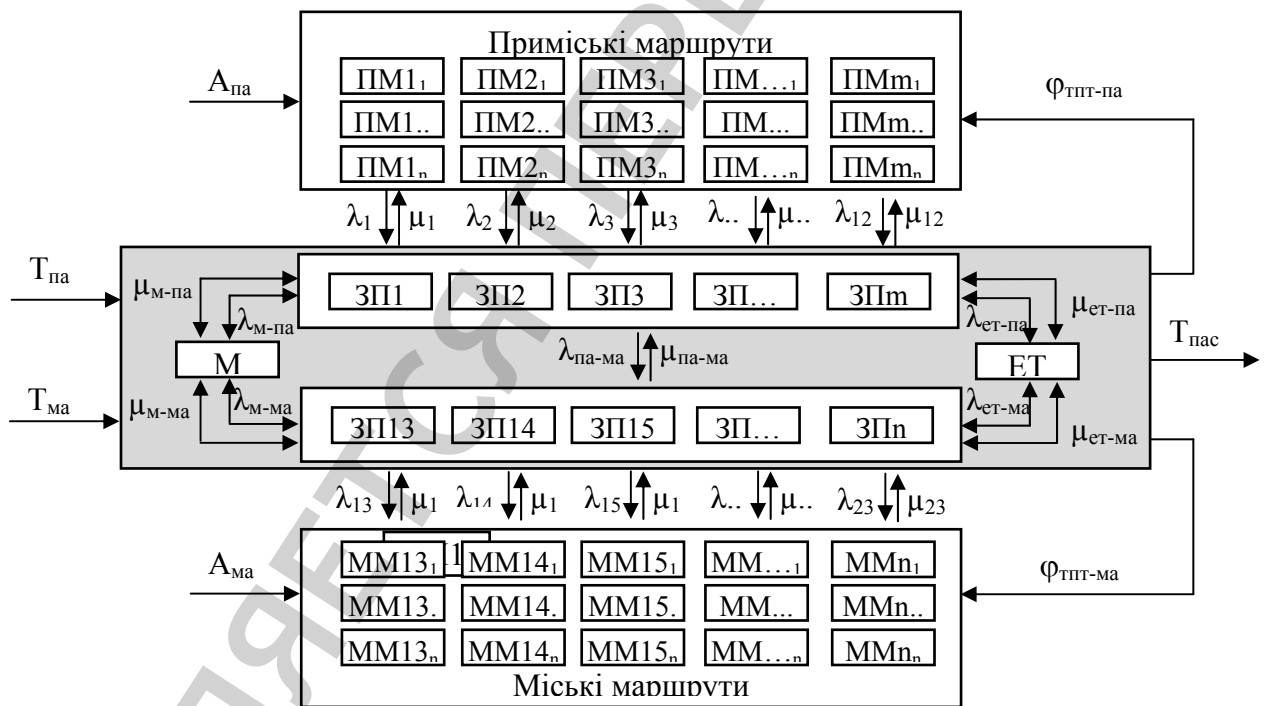


Рис. 1. Структура контуру зв'язків моделі приміських транспортно-пересадочного терміналів

В умовах представленої структури моделі, виходячи з виділеної цільової стратегії, критерій ефективності функціонування ТПТ можна представити у вигляді загального часу пересадки пасажирів між маршрутами:

$$T_{\text{пас}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \left(t_{\text{від}}^j - t_{\text{приб}}^i \right) \cdot Q_i \cdot \beta_{i-j} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $t_{від}^j$ – момент відправлення з ТПТ транспортного засобу j -го маршруту;

$t_{приб}^i$ – момент прибуття в ТПТ транспортного засобу i -го маршруту;

Q_i – обсяг прибуття пасажирів з i -го маршруту, пас.;

β_{i-j} – питома вага пересадок з i -го маршруту до j -го маршруту;

n – кількість приміських маршрутів у ТПТ;

k – кількість міських маршрутів у ТПТ.

Представлена цільова функція повинна забезпечувати досягнення її екстремального значення за умов виконання обмежень, які визначаються характером і умовами забезпечення ресурсної та соціальної стратегії функціонування ТПТ. До таких обмежень відносяться умови забезпечення відповідного рівня пропускну здатності зупиночних пунктів ТПТ наявним їх ресурсним можливостям та умови забезпечення балансу кількості транспортних засобів на маршрутах та їх екологічних наслідків роботи існуючим наявним умовам роботи маршрутів. З урахуванням цих вимог система обмеження цільової функції має вигляд:

$$\begin{cases} \mu_i \geq \mu_i^\partial, i = \overline{1, r}, \\ A_{mj} \leq A_{mj}^\partial, j = \overline{1, w}, \\ L_{pj} \leq L_{pj}^\partial, j = \overline{1, w}, \end{cases} \quad (2)$$

де μ_i – потік обслуговування i -го зупиночного пункту ТПТ, авт./год;

μ_i^∂ – гранично допустимий потік обслуговування i -го зупиночного пункту ТПТ, авт./год;

A_{mj} – кількість транспортних засобів на j -му маршруті, од.;

A_{mj}^∂ – гранично допустима кількість транспортних засобів на j -му маршруті, од.;

L_{pj} – пробіг транспортних засобів на j -му маршруті, км;

L_{pj}^∂ – гранично допустимий пробіг транспортних засобів на j -му маршруті, км;

r – кількість зупиночних пунктів у ТПТ;

j – кількість маршрутів, що обслуговуються в ТПТ.

Сервісно-ресурсна модель функціонування ТПТ передбачає на основі представленої структури елементів та контуру їх взаємозв'язків опис ресурсних та сервісних параметрів. В якості ресурсних параметрів у моделі використовуються показники рівня потоку обслуговування транспортних засобів і пасажирів у зупиночних пунктах ТПТ, параметри роботи маршрутів приміського та міського сполучення, характеристики стану зупиночних пунктів. Сервісна складова моделі характеризує показники, які відображають якість наданих тра-

транспортних послуг у ТПТ, а саме – час який витрачається пасажиром на реалізацію пересадок.

Потік замовлень, який поступає на зупиночний пункт від маршрутів, визначається на основі інтервалу прибуття транспортних засобів:

$$\lambda_i = \frac{3600 \cdot T}{k_i \sum_{u=1}^{n_i} \frac{I_u}{k_{nu}}}, \quad (3)$$

де I_u – інтервал прибуття транспортних засобів у i -ий зупиночний пункт u -го маршруту, с;

k_{nu} – коефіцієнт нерівномірності прибуття транспортних засобів у i -ий зупиночний пункт u -го маршруту;

k_i – кількість маршрутів у i -му зупиночному пункті.

Потік замовлень, який поступає на пересадку в ТПТ від приміських маршрутів:

$$\lambda_{na-ma} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \sum_{j=1}^k \beta_{i-j}. \quad (4)$$

Потік замовлень, який поступає на пересадку у ТПТ від i -го приміського маршруту на j -й міський:

$$\lambda_{nai-maj} = \lambda_i \cdot \beta_{i-j}. \quad (5)$$

Інтервал прибуття транспортного засобу:

$$I_m = \frac{2 \left(\sum_{a=1}^l t_{пуха} + \sum_{b=1}^g t_{nnb} + t_{nz} + t_{ТПТ} \right)}{A_m}, \quad (6)$$

де $t_{пуха}$ – час руху по перегонам маршруту, год.;

t_{nnb} – час простою на проміжних зупинках, год.;

t_{nz} – час простою у початковій зупинці, год.;

$t_{ТПТ}$ – час простою в ТПТ, год.;

l – кількість перегонів маршруту;

g – кількість проміжних зупинок маршруту;

Час оборотного рейсу по маршруту:

$$t_{об} = 2 \left(\sum_{a=1}^l t_{pyx_a} + \sum_{b=1}^g t_{nmb} + t_{nz} + t_{ТПТ} \right). \quad (7)$$

Потік обслуговування в зупиночному пункті визначається на основі його пропускної здатності:

$$\mu_i = P_i. \quad (8)$$

Потік обслуговування у приміській частині ТПТ:

$$\mu_{na} = \sum_{i=1}^{r_{na}} \mu_i = \sum_{i=1}^{r_{na}} P_i, \quad (9)$$

де r_{na} – кількість зупиночних пунктів у приміській частині.

Потік обслуговування у міській частині ТПТ:

$$\mu_{ma} = \sum_{i=1}^{r_{ma}} \mu_i = \sum_{i=1}^{r_{ma}} P_i, \quad (10)$$

де r_{ma} – кількість зупиночних пунктів у міській частині.

Загальний потік обслуговування в ТПТ:

$$\mu_a = \mu_{na} + \mu_{ma} = \sum_{i=1}^r \mu_i = \sum_{i=1}^r P_i, \quad (11)$$

де r – загальна кількість зупиночних пунктів автобусів у ТПТ.

Зниження часу пересадки можливе за рахунок зменшення інтервалу між прибуттям транспортних засобів суміжних маршрутів. Однак в умовах невідзначеності параметрів часу руху по маршруту така задача стає складною і майже не можливою до практичної реалізації. Альтернативним способом скорочення часу пересадок є впровадження принципу «перехресного знаходження» транспортних засобів у ТПТ, при якому необхідно забезпечити максимальну можливість одночасного простою транспортних засобів у ТПТ під посадкою-висадкою. Графічне представлення формування часу реалізації пересадки зображене на рис. 2.

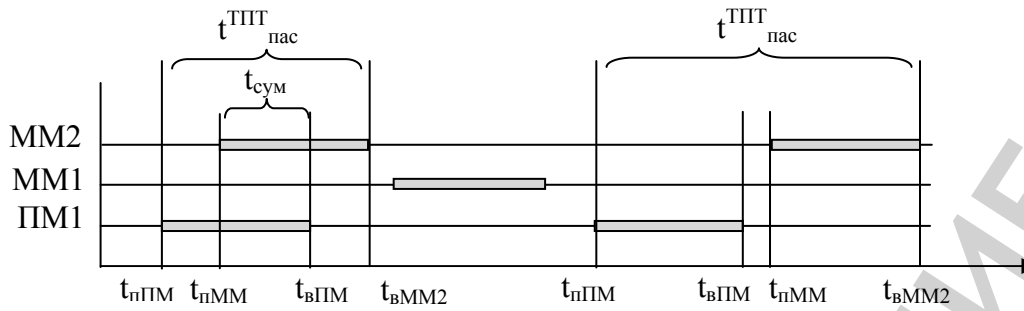


Рис. 2. Графічне представлення часу пересадки

Час пересадки пасажирів між приміськими та міськими маршрутами визначається на основі обліку різниці часу між прибуттям та відправленням транспортних засобів:

$$t_{nac_{i-j}}^{ТПТ} = \Delta t_{np_{ПМ_i}} + t_{сум_{i-j}} + \Delta t_{np_{ММ_j}}, \quad (12)$$

де $\Delta t_{np_{ПМ_i}}$ – час між прибуттям приміського маршруту та часом початку смуги суміщення, год.;

$t_{сум_{i-j}}$ – час смуги суміщення, год.;

$\Delta t_{np_{ММ_j}}$ – час між відправленням міського маршруту та часом закінчення смуги суміщення, год.

Загальний час пересадки пасажирів у ТПТ між приміськими та міськими маршрутами:

$$T_{nac} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k t_{nac_{i-j}}^{ТПТ} \cdot Q_i \cdot \beta_{i-j}, \quad (13)$$

де Q_i – обсяг прибуття пасажирів з i -го маршруту, пас.;

β_{i-j} – питома вага пересадок з i -го маршруту до j -го маршруту;

Експлуатаційний стан зупиночних пунктів ТПТ може бути визначений шляхом використання підходів системи масового обслуговування. Зупиночний пункт ТПТ може бути представлений у вигляді системи масового обслуговування з одним каналом. На основі такого представлення можна визначити параметри його роботи і оцінити ймовірність виникнення черги транспортних засобів у зупиночному пункті.

Ймовірність відсутності транспортного засобу у зупиночному пункті:

$$P_{0i} = \left(1 + \rho_i + \rho_i^2 + \rho_i^3 + \dots + \rho_i^y\right)^{-1}, \quad (14)$$

де ρ_i – рівень завантаження зупиночного пункту;

y – максимальна кількість черги.

Співвідношення між потоками замовлення та обслуговування відображають можливі стани системи та визначають рівень її завантаження:

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}. \quad (15)$$

Ймовірність наявності транспортного засобу при прибутті наступного транспортного засобу до зупиночного пункту:

$$P_{1i} = \rho_i P_{0i}. \quad (16)$$

Ймовірність виникнення черги транспортного засобу при прибутті наступного транспортного засобу до зупиночного пункту:

$$P_{2i} = \rho_i^2 P_{0i}. \quad (17)$$

Умовами сталого функціонування ТПТ є відсутність черг та можливості її виникнення. Така умова може бути записана у вигляді обмеження:

$$P_{2i} = 0. \quad (18)$$

Прийняв вірогідність наявності транспортних засобів у зупиночному пункті за нуль та підставив значення складових потоку замовлень та обслуговування, можна записати рівняння, яке визначає гранично допустиме значення потоку обслуговування:

$$P_{2i} = \left(\frac{3600}{P_i \cdot \sum_{u=1}^{k_i} \frac{I_u}{k_{ни}}} \right)^2 \cdot \left(1 + \frac{3600}{P_i \cdot \sum_{u=1}^{k_i} \frac{I_u}{k_{ни}}} + \left(\frac{3600}{P_i \cdot \sum_{u=1}^{k_i} \frac{I_u}{k_{ни}}} \right)^2 \right)^{-1} = 0. \quad (19)$$

Представлене рівняння дозволяє визначити абсолютні величини параметрів функціонування ТПТ, при яких забезпечуються умови реалізації визначених ресурсних та соціальних субстратегій його функціонування.

6. Результати дослідження

На основі проведених розрахунків можливо провести аналіз зміни результатів функціонування ТПТ в залежності від часових параметрів взаємодії маршрутів. Такий аналіз проводиться в аналітичній формі і передбачає своєю метою визначення основних тенденцій щодо формування внутрішніх причинно-наслідкових зв'язків. Дані зв'язки в подальшому дозволять стати інструментарі-

єм практичної адаптації запропонованих технологічних рішень у формування виробничої програми функціонування ТПТ.

Проведення аналізу отриманих даних проводиться за трьома основними напрямками:

- аналіз зв'язку «тривалість смуги суміщення – загальний час пересадки пасажирів у ТПТ між розглянутими маршрутами – значення параметрів системи обмеження»;
- аналіз зв'язку «тривалість часу між прибуттям приміського маршруту та часом початку смуги суміщення – загальний час пересадки пасажирів у ТПТ між розглянутими маршрутами – значення параметрів системи обмеження»;
- аналіз зв'язку «тривалість часу між відправленням міського маршруту та часом закінчення смуги суміщення – загальний час пересадки пасажирів у ТПТ між розглянутими маршрутами – значення параметрів системи обмеження».

Дослідження часових параметрів взаємодії пасажирського транспорту проводилося для приміського ТПТ «Холодна Гора» у м. Харкові (Україна). Визначення області допустимих значень параметрів взаємодії транспорту в приміському ТПТ «ст. м. Холодна Гора» реалізується шляхом виділення області допустимих рішень, яка визначається на основі оцінки відповідності критичним значенням системи обмежень. В якості системи обмежень виступають потрібна кількість автобусів, загальний пробіг на приміському маршруті, потік обслуговування ресурсних каналів ТПТ. Відповідно до визначених залежностей встановлено, що критичним значенням тривалості смуги суміщення відносно потрібної кількості автобусів є значення 4,5 хв., відносно пробігу автобусів – 8,5 хв., відносно потоку обслуговування – 5 хв. Представимо на графіку область допустимих значень параметрів тривалості смуги суміщення відносно визначеної системи обмежень. Дана область допустимих рішень представлена на рис. 3.

Загальні витрати часу на пересадку в ТПТ, год.

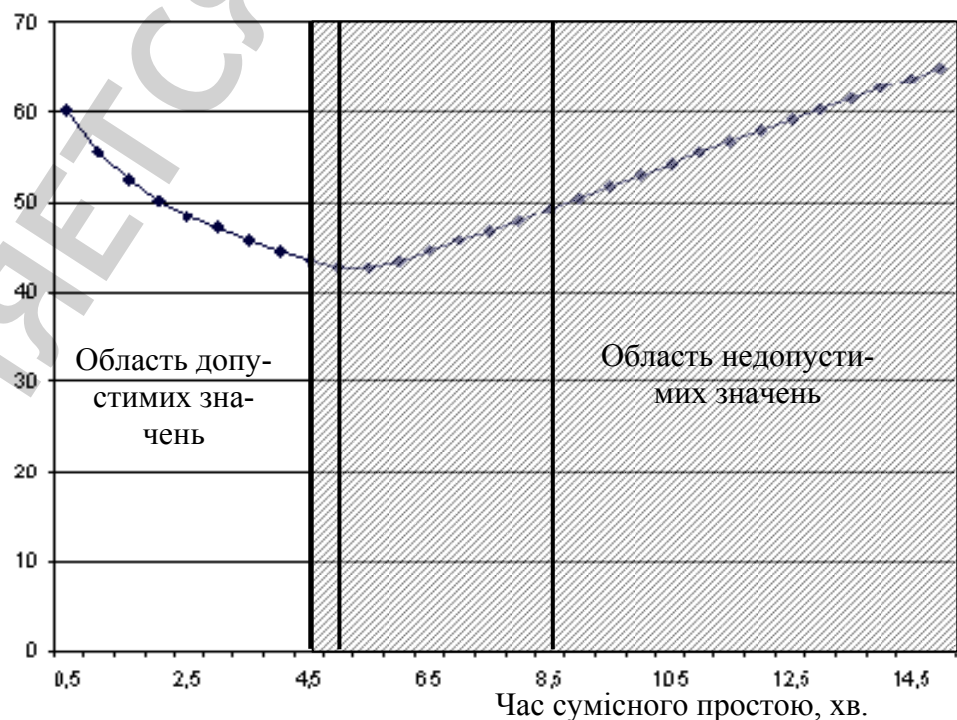


Рис. 3. Область допустимих значень часу суміщення простою транспортних засобів у транспортно-пересадочних терміналів

Граничною межею області допустимих значень є критична умова відповідності їх значенням які відповідають забезпеченню утримання в існуючих межах ресурсного балансу (кількості автобусів на маршруті), обсягу шкідливих викидів. Дані викиди залежать від пробігу на маршруті та потоку обслуговування, який визначає можливий стан функціонування ТПТ. Допустимим значенням тривалості смуги суміщення є час 4,5 хв., який забезпечує умову відповідності існуючим ресурсним можливостям та дозволяє скоротити загальний час пересадки пасажирів.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Виділення контуру зв'язків моделі взаємодії елементів в межах приміського ТПТ дозволило сформуванню загальний вид критерію ефективності його функціонування та виділити систему обмежень, яка ґрунтується на вимогах забезпечення ресурсної відповідності існуючим можливостям транспорту. Дослідження технологічної взаємодії з позицій оцінки часу пересадки пасажирів в ТПТ є основою для формування відповідних функціонально-виробничих програм технологічних процесів роботи пасажирського транспорту, спрямованих своєю цільовою орієнтацією на підвищення якості транспортного обслуговування населення. У поєднанні з методами архітектурно-планувального та технічного розвитку ТПТ така форма дозволяє значно підвищити експлуатаційні властивості його потенціалу та забезпечує умови стабілізації його роботи.

В якості сильної сторони дослідження слід відзначити, що запропонована форма координації взаємодії дозволяє забезпечити баланс ресурсних можливостей транспорту в межах наявного їх рівня. Такий принцип реалізований на основі принципів забезпечення сервісно-ресурсної ефективності технологічних процесів та дозволяє використовувати запропонований підхід в умовах діючих організаційно-планувальних рішень приміських ТПТ. На відміну від існуючих, даний підхід дозволяє забезпечити підвищення ефективності транспортного обслуговування пасажирів за допомогою технологічних рішень без залучення додаткових ресурсів на створення та реконструкцію транспортної інфраструктури.

Weaknesses. Слабкою стороною дослідження є необхідність створення умов забезпечення чіткості виконання розкладу руху на маршрутах, які проходять через ТПТ. Враховуючи складність організації та рівень завантаження дорожнім рухом транспортних мереж зони проходження маршрутів процес координації взаємодії пасажирського транспорту потрібно реалізовувати в рамках комплексної програми удосконалення роботи транспорту. Така програма повинна забезпечувати формування умов обмеження впливового обміну з елементами зовнішнього середовища та обов'язково базуватися на оцінці зміни системної ефективності роботи пасажирського транспорту.

Opportunities. Запропонована модель визначення часових параметрів взаємодії в приміських ТПТ є складовим структурним елементом комплексної інформаційної системи управління пасажирським транспортом. Сформовані характеристичні умови визначення раціонального часу суміжного знаходження транспор-

тних засобів дозволяють скоротити процедуру визначення ефективних технологічних схем роботи пасажирського транспорту та забезпечують можливість їх адаптації до конкретних виробничих умов відповідних ТПТ.

Threats. Складність визначення раціональних часових параметрів взаємодії в приміських ТПТ полягає у необхідності отримання оперативної об'єктивної інформації про умови руху транспортних засобів, рівень транспортного попиту та стан коливання їх за часом. Ці фактори оказують значний вплив на сервісно-ресурсні показники взаємодії і повинні бути обов'язково враховані в оперативному режимі. Для цього необхідне створення системи збору інформації та впровадження єдиного координаційного центру її обробки.

8. Висновки

1. Сформовано загальну структуру взаємодії в приміському ТПТ суб'єктів транспортного процесу, яка ґрунтується на оцінці часу пересадки пасажирів. Ефективна технологічна координація взаємодії досягається шляхом обліку параметрів потоків замовлень та обслуговування з урахуванням зворотного впливу результатів функціонування на сервісно-ресурсні характеристики роботи маршрутів які проходять через ТПТ. Використання такої форми представлення взаємодії пасажирського транспорту дозволяє реалізувати процедуру пошуку раціональних часових параметрів одночасного знаходження транспортних засобів різних видів сполучення в приміському ТПТ, які забезпечують мінімізацію витрат часу пасажирів на пересадку за умов відповідності існуючим можливостям ресурсних каналів обслуговування.

2. Для прийняття рішення про встановлення тривалості часу простою транспортних засобів під технологічними операціями посадки-висадки пасажирів запропоновано використовувати розроблену математичну модель визначення меж допустимих параметричних областей часової взаємодії пасажирського транспорту в приміському ТПТ. Розроблена модель враховує ймовірність стану ресурсного каналу обслуговування та зміну обсягів ресурсів маршрутів. На основі проведених досліджень встановлені характеристичні умови та області допустимих значень раціональної тривалості часу суміжного знаходження транспортних засобів у приміському ТПТ, які є складовою частиною формування загального технологічного процесу роботи пасажирського транспорту на маршрутах приміського сполучення.

Література

1. Бондар, А. Транспортно-пересадочний вузол як елемент планувальної структури міста [Текст] / А. Бондар // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2016. – № 88. – С. 91–99.
2. Кристопчук, М. Є. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів [Текст] / М. Є. Кристопчук, З. В. Бичко // Комунальне господарство міст. – 2012. – № 103. – С. 374–378.
3. Морозова, Е. Б. Принципы и приемы архитектурно-планировочной организации пассажирских терминалов в Республике Беларусь [Текст]: сборник научных трудов / Е. Б. Морозова, Д. В. Жаркевич // Архитектура. – 2013. – Вып. 6 (40). – С. 208–212.

4. Азаренкова, З. В. Планировочная организация транспортно-пересадочных узлов [Текст] / З. В. Азаренкова // Academia. Архитектура и строительство. – 2011. – № 1. – С. 76–80.
5. Михайлов, А. Ю. Классификационные характеристики интермодальных узлов городского пассажирского транспорта на примере г. Вены [Текст] / А. Ю. Михайлов, Т. А. Копылова // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2015. – № 1 (12). – С. 137–144.
6. Рейцен, Е. А. Организация пересадок с линий ГПТ на метрополитен и логистика [Текст] / Е. А. Рейцен, А. И. Берлог // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2012. – № 3. – С. 4–11.
7. 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, № 2. – P. 145–164. doi:[10.1016/s0965-8564\(02\)00010-1](https://doi.org/10.1016/s0965-8564(02)00010-1)
8. Sorensen, C. H. Increased coordination in public transport—which mechanisms are available? [Text] / C. H. Sorensen, F. Longva // Transport Policy. – 2011. – Vol. 18, № 1. – P. 117–125. doi:[10.1016/j.tranpol.2010.07.001](https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.07.001)
9. Вдовиченко, В. О. Формування математичної моделі функціонування транспортно-пересадочних вузлів міського пасажирського транспорту [Текст] / В. О. Вдовиченко, Г. О. Самчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2016. – № 17 (1189). – С. 56–61.
10. Wu, W. Designing robust schedule coordination scheme for transit networks with safety control margins [Text] / W. Wu, R. Liu, W. Jin // Transportation Research Part B: Methodological. – 2016. – Vol. 93. – P. 495–519. doi:[10.1016/j.trb.2016.07.009](https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.07.009)
11. Nesheli, M. M. Improved reliability of public transportation using real-time transfer synchronization [Text] / M. M. Nesheli, A. A. Ceder // Transportation Research. Part C: Emerging Technologies. – 2015. – Vol. 60. – P. 525–539. doi:[10.1016/j.trc.2015.10.006](https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.10.006)
12. Ibarra-Rojas, O. J. Multiperiod Bus Timetabling [Text] / O. J. Ibarra-Rojas, F. Lopez-Irarragorri, Y. A. Rios-Solis // Transportation Science. – 2016. – Vol. 50, № 3. – P. 805–822. doi:[10.1287/trsc.2014.0578](https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0578)
13. Li, L. Urban Transit Coordination Using an Artificial Transportation System [Text] / L. Li, H. Zhang, X. Wang, W. Lu, Z. Mu // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2011. – Vol. 12, № 2. – P. 374–383. doi:[10.1109/tits.2010.2060195](https://doi.org/10.1109/tits.2010.2060195)
14. Wu, Y. Multi-objective re-synchronizing of bus timetable: Model, complexity and solution [Text] / Y. Wu, H. Yang, J. Tang // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 67. – P. 149–168. doi:[10.1016/j.trc.2016.02.007](https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.02.007)