

УДК 656.025.2

**ВПЛИВ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ НА ПОКАЗНИКИ КІЛЬКОСТІ ПАСАЖИРОМІСЦЬ****Іванов І.Є.****IMPACT ON ROUTE NETWORK OF THE NUMBER OF PASSENGER PLACES****Ivanov I.**

*В статті розглядається врахування зміни маршрутної мережі на розподіл загальної кількості пасажиромісць. Розроблено модель спільного функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту. Визначено зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів та їх відсоткове співвідношення, а також отримано закономірності зміни кількості пасажиромісць (для різних номінальних місткостей) залежно від маршрутного коефіцієнта.*

**Ключеві слова:** маршрутна мережа, транспортна робота, рухливість, номінальна місткість.

**Вступ.** Однією з основних систем забезпечення життєдіяльності міст є транспортна система. В свою чергу важливою складовою останньої є система міського пасажирського транспорту, яка забезпечує доставку людей до місць їх праці і задоволення культурно-побутових потреб.

При цьому люди дорослого віку пересуваються по місту, як мінімум двічі і як найбільше шість-вісім разів на добу, а за рік до двох тисяч разів. Така об'єктивна реальність обумовлена наявністю у містах розвиненої транспортної галузі з відповідною інфраструктурою. Які діють сумісно і забезпечують наявність чималої кількості робочих місць.

Очевидно, що якість транспортної послуги залежить від її вартості і чим вона більша, тим і якість краща, тим зацікавленіше працюють транспортні підприємства і відповідно інфраструктура. В свою чергу, пасажир зацікавлений в мінімальній сплаті за проїзд, що є абсолютно природнім. Таким чином, є наявна протилежність зацікавленостей перевізників і мешканців стосовно витрат на транспортний процес. Разом з цим, баланс інтересів досягається в будь-яких випадках і для його визначення значну роль грає маршрутна система міського пасажирського транспорту гармонійність параметрів, якої досягається ще на стадії її проектування [1-2].

**Постановка проблеми.** В структурі міського транспорту виділяють основні дві складові – ванта-

жний та пасажирський, що відповідно задовольняє потреби промисловості та населення в переміщеннях. Транспортні засоби, що виконують відповідні перевезення складають основу транспортного потоку [3].

Статистика динаміки розподілу складу транспортного потоку засвідчує багатократну перевагу легкових автомобілів над основними видами громадського транспорту та вантажними автомобілями. Що в свою чергу відображається на обсягах виконаної роботи транспортом [4].

Тому, будь-які дослідження, направлені на досконалість маршрутної мережі є надзвичайно актуальними і в сучасній системі пізнання закономірностей розвитку і функціонування міських пасажирських транспортних систем може внести достойний вклад.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розподілу транспортної роботи у МПТ лежить в площині способу користування транспортними засобами та їх приналежності. Так за способом користування транспортними засобами МПТ розподіляється [5-7]:

- 1) громадський транспорт загального користування;
- 2) громадський транспорт індивідуального користування;
- 3) особистий транспорт індивідуального користування.

Враховуючи, що кожен спосіб користування МПТ загального користування поділяється на види транспорту, якими реалізуються переміщення, то загальна транспортна робота у місті визначається за залежністю:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (1)$$

де  $W_i$  – транспортна робота  $i$ -го виду транспорту, пас.·км.;

В свою чергу існує загально відома залежність визначення транспортної роботи [1, 8].

$$W = Q \cdot l_{\text{сер}}, \quad (2)$$

де  $Q$  – обсяг перевезень пасажирів, пас.;

$l_{\text{сер}}$  – середня відстань перевезення пасажирів, км.

Даний вид залежності застосовується для формування уявлення про витрати на перевезення. Для того, щоб визначити реальні значення транспортної роботи на маршрутах МПТ використовують наступну залежність [2, 5, 7, 9-10]:

$$W = \sum_{j=1}^m Q_j \cdot l_j, \quad (3)$$

де  $Q_j$  – обсяг перевезень пасажирів на відстань  $l_j$ , пас.

На практиці відстанню  $l_j$  є довжина ділянки транспортної мережі, а обсягом перевезень  $Q_j$  є кількість пасажирів, що знаходяться в салоні ТЗ. Тоді транспортна робота є сумарним відображенням кількості перевезених пасажирів  $Q_j$  на  $j$ -ій ділянці транспортної мережі  $i$ -им видом транспорту:

$$W = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_j^i \cdot l_j, \quad (4)$$

де  $Q_j^i$  – обсяг перевезень пасажирів на  $j$ -ій ділянці транспортної мережі  $i$ -им видом транспорту, пас.

Але залежність (4) можливо використовувати при однаковій відстані перевезення пасажирів всіма видами МПТ, що можливо лише за умови єдиної транспортної мережі для всіх видів транспорту. Це є суттєвим недоліком, адже у кожного виду транспорту своя транспортна мережа, яка складається із сукупності з'єднаних між собою зупинних пунктів, що ускладнює визначення транспортної роботи.

Для усунення даного недоліку в роботі [11] було запропоновано для кожного виду транспорту МПТ визначати питому роботу за наступною залежністю:

$$W_i^{\text{МПТ}} = \frac{W_i}{L_i}, \quad (5)$$

де  $L_i$  – довжина транспортної мережі  $i$ -го виду транспорту, км.

Даний підхід дозволяє оцінити ефективність роботи кожного виду транспорту, як в період його функціонування, так і на перспективу.

Але наведені залежності стосуються МПТ загального користування й не можуть бути застосовані

до інших способів користування ТЗ, зокрема особистим транспортом. Що ускладнює визначення розподілу транспортної роботи між усіма видами МПТ й потребує систематизації знань щодо перерозподілу транспортної роботи між МПТ загального та індивідуального користування.

**Мета статті.** Метою даної статті є визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від зміни маршрутного коефіцієнта.

**Результати досліджень.** Вибір пасажирями маршруту переміщення має загальну направленість до бажання використання такої поїздки, при якій зручності максимальні, тобто коефіцієнт динамічного заповнення салону під час руху – мінімальний. Такий вибір, в кінцевому результаті, обумовив перерозподіл пасажирів із салонів переповнених маршрутів у салони недозаповнених транспортних засобів інших, альтернативних маршрутів.

Таким чином, попит та пропозиція на маршрутах вирівнюється не тільки шляхом перерозподілу пасажирів, а й варіюванням кількості транспортних засобів на маршрутах. Перевізники за порівняно короткий період експлуатації маршрутів забезпечать таку кількість транспортних засобів, при якому коефіцієнт динамічного заповнення салону буде сприяти привабливості їхніх маршрутів, тобто перебуватиме в межах значень інших, альтернативних маршрутів.

На якомусь  $X$ -му маршруті коефіцієнт динамічного заповнення салону ( $\gamma_X$ ) може бути представлений залежністю:

$$\gamma_X = \frac{\sum_{k=1}^s \frac{l_{ij}^{\mu} \sum_{i=1}^n (H_{\Pi i} \cdot k_i / l_{ij}^{\mu}) \cdot J_X \cdot f_{Xk}}{\sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}} \cdot l_{ij}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{\text{нік}}}, \quad (6)$$

де  $J_m$  – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті  $m$ , од./год.;

$f$  – функція привабливості маршруту;

$s$  – кількість перегонів на маршруті, од.;

$r$  – кількість маршрутів, які проходять через сполучену ділянку, од.;

$T_{\text{нік}}$  – тривалість розрахункового періоду, год.

У середньому по місту коефіцієнт середнього динамічного заповнення салонів транспортних засобів ( $\gamma_{\text{сер}}^M$ ) з урахуванням функції рухливості має вигляд:

$$z_{cep}^M = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{k'' \cdot 7,1 \cdot H_{Ж}^{0,08} \cdot \Pi_M^{0,87} \cdot F_{y0}^{0,11}}{l_{ij}^\mu \cdot (0,1 \cdot y_a)^{0,25} \cdot y_{max}^{0,045}} \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_X} \quad (7)$$

Якщо допустити, що попит та пропозиція в період функціонування маршрутної системи рівні між собою, то можна записати систему рівностей:

– для першого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{пик}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{lk}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{lk}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{lk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{lk}}{\sum_{k=1}^s l_{lk}} = \quad (8)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot J_1 \cdot f_{lk}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}}}{A_1 \cdot V_{e1} \cdot q_1 \cdot T_{пик}} \cdot l_{ij}$$

– для другого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{пик}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} = \quad (9)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot J_2 \cdot f_{2k}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}}}{A_2 \cdot V_{e2} \cdot q_2 \cdot T_{пик}} \cdot l_{ij}$$

– для X-го маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{пик}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} = \quad (10)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot J_X \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r J_{mk} \cdot f_{mk}}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{пик}} \cdot l_{ij}$$

У наведеній системі рівнянь інтенсивність руху транспортних засобів ( $J_m$ ) на маршруті  $m$  можна виразити залежністю

$$J_m = \frac{A_m}{t_{обм}} \quad (11)$$

де  $A_m$  – кількість транспортних засобів на маршруті  $m$ , од.;

$t_{обм}$  – час обороту на маршруті  $m$ , год.

Тоді рівняння (8) – (10) набувають вигляду:

– для першого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{пик}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{lk}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{lk}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{lk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{lk}}{\sum_{k=1}^s l_{lk}} = \quad (12)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пij} \cdot k_j \cdot \frac{A_1}{t_{об1}} \cdot f_{lk}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{обmk}} \cdot f_{mk}}}{A_1 \cdot V_{e1} \cdot q_1 \cdot T_{пик}} \cdot l_{ij}$$

– для другого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{нік}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{A_2}{t_{o\delta 2}} \cdot f_{2k}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}}}{A_2 \cdot V_{e2} \cdot q_2 \cdot T_{нік}} \cdot l_{ij} \quad (13)$$

– для X-го маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{нік}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{A_X}{t_{o\delta X}} \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{A_{mk}}{t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}}}{A_X \cdot V_{eX} \cdot q_X \cdot T_{нік}} \cdot l_{ij} \quad (14)$$

Таким чином, виходить система рівнянь, кількість яких відповідає кількості маршрутів у місті. Причому невідомо лише  $A_X$  – кількість транспортних засобів на маршруті. Вирішивши цю систему рівнянь відносно  $A_X$ , одержуємо потрібну кількість транспортних засобів на кожному маршруті міста.

Разом з тим можна відзначити, що вирішенням цієї системи є  $A_X$  при відомому  $q_X$ . Тобто необхідно знати для кожного маршруту місткість його транспортних засобів. Це значною мірою ставить під сумнів весь науковий підхід до теорії визначення кількості транспортних засобів на кожному маршруті. Цей недолік можна усунути, якщо зазначену систему вирішити не відносно  $A_X$ , а щодо загальної кількості пасажиромісць ( $\omega_X$ ). Відповідно на X-му

маршруті кількість пасажиромісць –  $\omega_X$ , тоді рівняння (12) - (14) приймають вигляд:

– для першого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{нік}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{1k}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{1k}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{1k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{1k}}{\sum_{k=1}^s l_{1k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_1}{q_1 \cdot t_{o\delta 1}} \cdot f_{1k}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}}}{\omega_1 \cdot V_{e1} \cdot T_{нік}} \cdot l_{ij} \quad (15)$$

– для другого маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{нік}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{2k}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{2k}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{2k}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{2k}}{\sum_{k=1}^s l_{2k}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_2}{q_2 \cdot t_{o\delta 2}} \cdot f_{2k}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}}}{\omega_2 \cdot V_{e2} \cdot T_{нік}} \cdot l_{ij} \quad (16)$$

– для X-го маршруту:

$$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{177 \cdot H_{Ж}^{0,063} \cdot (y_a^{0,27} \cdot (\delta-1)^{0,10} \cdot \delta_M^{0,05})^2 \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot l_{ij}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu)} \cdot l_{ij}}{\sum_{X=1}^R \omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{нік}} \times \frac{\sum_{k=1}^s \left( \left( \frac{\tau_{cep}}{\tau_{Xk}} \right)^{0,14} \cdot \left( \frac{\gamma_{cep}}{\gamma_{Xk}} \right)^{0,23} \cdot \left( \frac{T_{cep}}{T_{Xk}} \right)^{1,69} \right) \cdot l_{Xk}}{\sum_{k=1}^s l_{Xk}} =$$

$$\frac{\sum_{k=1}^s \frac{H_{Bi} \cdot H_{Пj} \cdot k_j \cdot \frac{\omega_X}{q_X \cdot t_{o\delta X}} \cdot f_{Xk}}{l_{ij}^\mu \sum_{i=1}^n (H_{Пi} \cdot k_i / l_{ij}^\mu) \cdot \sum_{m=1}^r \frac{\omega_{mk}}{q_{mk} \cdot t_{o\delta mk}} \cdot f_{mk}}}{\omega_X \cdot V_{eX} \cdot T_{нік}} \cdot l_{ij} \quad (17)$$

При переході від визначених на кожному  $X$ -му маршруті кількості пасажиромісць ( $\omega_X$ ) до конкретної місткості транспортних засобів ( $q_X$ ) на  $X$ -му маршруті варто мати на увазі, що інтервал руху ( $I_X$ ) транспортних засобів на  $X$ -му маршруті повинен перебувати у визначених межах [108]:

$$I_{\min} \leq I_X \leq I_{\max} \tag{18}$$

де мінімальний інтервал руху ( $I_{\min}$ ) й максимальний інтервал руху ( $I_{\max}$ ) визначаються за рекомендаціями й технічними умовами, що відображають особливості того або іншого міста, год.

Визначивши місткість транспортних засобів ( $q_X$ ) на  $X$ -му маршруті, можна визначити і їхню кількість ( $A_X$ ):

$$A_X = \frac{\omega_X}{q_X} \tag{19}$$

або

$$A_X = \frac{t_{обх}}{I_X^6} \tag{20}$$

де  $I_X^6$  – обраний інтервал руху транспортних засобів на  $X$ -му маршруті, год.

В результаті моделювання зміни загальної кількості пасажиромісць транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта, є поступове збільшення всіх місткостей загальної структури парку транспортних засобів (рис. 1).

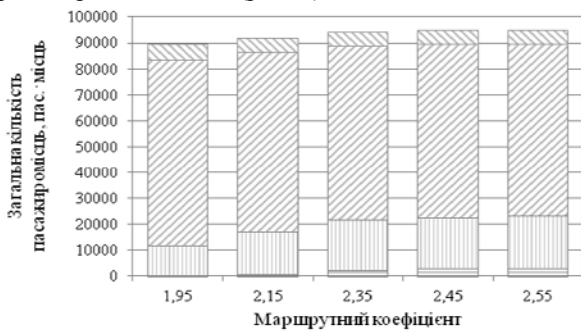


Рис. 1. Динаміка зміни загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта:

■ –  $q_n = 19$  пас.; ▨ –  $q_n = 45$  пас.; ▩ –  $q_n = 70$  пас.; ▤ –  $q_n = 110$  пас.; ▥ –  $q_n = 180$  пас.

Для відображення змін у структурі парку транспортних засобів залежно від місткості було визначено відсоткове співвідношення від загальної кількості пасажиромісць (рис. 2). Де видно, що із зміною маршрутного коефіцієнта відбувається перерозподіл транспортних засобів великої місткості на транспортні засоби малої та середньої місткості.

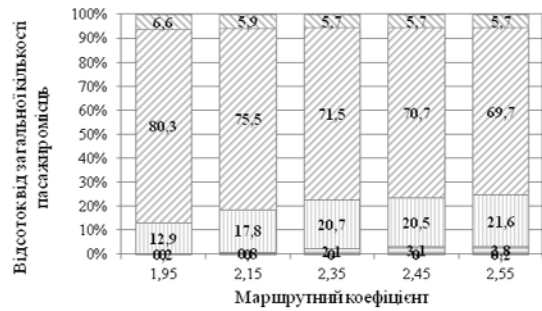


Рис. 2. Розподіл загальної кількості пасажиромісць для різних місткостей транспортних засобів залежно від маршрутного коефіцієнта:

■ –  $q_n = 19$  пас.; ▨ –  $q_n = 45$  пас.; ▩ –  $q_n = 70$  пас.; ▤ –  $q_n = 110$  пас.; ▥ –  $q_n = 180$  пас.

Для визначення закономірностей зміни кількості пасажиромісць залежно від маршрутного коефіцієнта, було побудовано графіки цих залежностей (рис. 3-8).

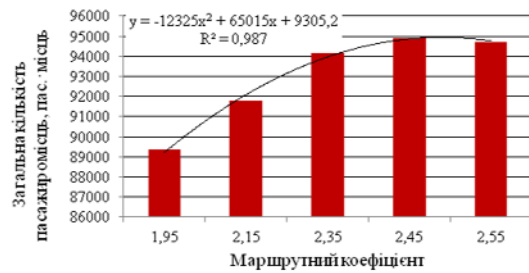


Рис. 3. Графік зміни загальної кількості пасажиромісць залежно від маршрутного коефіцієнта

Відповідно залежність зміни загальної кількості пасажиромісць від маршрутного коефіцієнта описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції  $R = 0,972$ . А модель має наступний вигляд:

$$\omega = -12325 \cdot k_M^2 + 65015 \cdot k_M + 9305,2 \tag{21}$$

В подальшому було досліджено розподіл парку транспортних засобів залежно від місткості (рис. 4-8), та отримано математичні моделі, що описують отримані закономірності.



Рис. 4. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Так залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 19 пас.) від маршрутного коефіцієнта не можливо описати, так як мала кількість експериментальних даних. При цьому можливий варіант аналітичного розрахунку наступним чином:

$$u_{q_n=19} = u - u_{q_n=45} - u_{q_n=70} - u_{q_n=110} - u_{q_n=180} \quad (22)$$

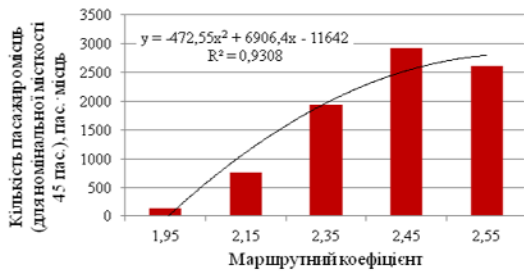


Рис. 5. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Натомість залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 45 пас.) від маршрутного коефіцієнта описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції  $R = 0,965$ . А математична модель має наступний вигляд:

$$u_{q_n=45} = -472,55 \cdot k_m^2 + 6906,4 \cdot k_m - 11642. \quad (23)$$



Рис. 6. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 70 пас.) від маршрутного коефіцієнта також описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня має значення коефіцієнта детермінації  $R = 0,963$  й має наступний вигляд математичної моделі:

$$u_{q_n=70} = -23287 \cdot k_m^2 + 119242 \cdot k_m - 132404. \quad (24)$$



Рис. 7. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 110 пас.) від маршрутного коефіцієнта має закономірний характер й описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції  $R = -0,989$ . Математичний вигляд моделі наступний:

$$u_{q_n=110} = 6344,3 \cdot k_m^2 - 37780 \cdot k_m + 121239. \quad (25)$$

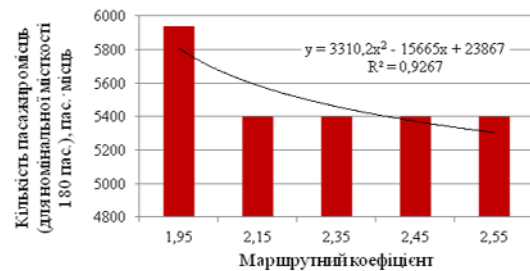


Рис. 8. Графік зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 180 пас.) залежно від маршрутного коефіцієнта

Залежність зміни кількості пасажиромісць (для номінальної місткості 180 пас.) від маршрутного коефіцієнта має закономірний характер й описується поліноміальною моделлю 2-го ступеня та має коефіцієнт кореляції  $R = -0,789$ . Математична дана залежність має наступний вигляд:

$$u_{q_n=180} = 3310,2 \cdot k_m^2 - 15665 \cdot k_m + 23867. \quad (26)$$

Таким чином, проведена статистична обробка результатів моделювання змін показників функціонування пасажирських транспортних систем залежно від маршрутного коефіцієнта, дозволила отримати адекватні закономірності, які можна використовувати у практичних розрахунках.

**Висновок.** Дослідження закономірностей функціонування МПТ свідчить про різноманітність пасажиромісткості транспортних засобів, які в свою чергу, здебільш мають бути від 180 до 19 пасажирів у транспортному засобі.

Проведені дослідження дозволили встановити, що зі збільшенням значення маршрутного коефіцієнта збільшується загальна кількість пасажиромісць.

При цьому відбувається перерозподіл транспортних засобів великої місткості від 80,3% до 69,7% на транспортні засоби малої та середньої місткості від 13,1% до 24,6%.

### Література

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форт”, 2011. – 507 с.
2. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
3. Simpson B. J. Urban public transport today / B. J. Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
4. Ples R. Public Transport in Developing Countries / R. Ples. – Elsevier, 2005. – 478 p.
5. Логистика: Общественный пассажирский транспорт / [под ред. Л. Б. Миروتина]. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
6. Hutchinson B. G. Principles of urban transport systems planning / B. G. Hutchinson. – N. Y.: McGraw-Hill, 1974. – 444 p.
7. David Banister. Transport and Urban Development / David Banister. – L.: Taylor & Francis, 1995. – 294 p.
8. Ігнатенко О. С. Організація автобусних перевезень у містах / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруні. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
9. Levinson H. Analyzing transit travel time performance / Levinson H. // Transportation research record. – 1983. – № 915. – P. 1-6.
10. Strathman J. Evaluation of transit operations: data applications of TriMet's automated bus dispatching system / [J. Strathman, T. Kimpel, K. Dueker and oth.] // Transportation. – 2002. – № 29. – P. 321-345.
11. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.

### References

1. Dolja V. K. Pasazhirs'ki perevezennja / V. K. Dolja. – H.: Vid-vo „Fort”, 2011. – 507 s.
2. Spirin I. V. Organizacija i upravlenie passazhirskimi avtomobil'nymi perevozkami / I. V. Spirin. – M.: Akademiya, 2003. – 400 s.
3. Simpson B. J. Urban public transport today / B. J. Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p.
4. Ples R. Public Transport in Developing Countries / R. Ples. – Elsevier, 2005. – 478 p.
5. Logistika: Obshhestvennyj passazhirskij transport / [pod red. L. B. Mirotina]. – M.: Jezzamen, 2003. – 224 s.
6. Hutchinson B. G. Principles of urban transport systems planning / B. G. Hutchinson. – N. Y.: McGraw-Hill, 1974. – 444 p.
7. David Banister. Transport and Urban Development / David Banister. – L.: Taylor & Francis, 1995. – 294 p.

8. Ignatenko O. S. Organizacija avtobusnih perevezhen' u mistah / O. S. Ignatenko, V. S. Maruni. – K.: UTU, 1998. – 196 s.
9. Levinson H. Analyzing transit travel time performance / Levinson H. // Transportation research record. – 1983. – № 915. – R. 1-6.
10. Strathman J. Evaluation of transit operations: data applications of TriMet's automated bus dispatching system / [J. Strathman, T. Kimpel, K. Dueker and oth.] // Transportation. – 2002. – № 29. – R. 321-345.
11. Efremov I. S. Teoriya gorodskih passazhirskih perevozk / Efremov I. S., Kobozev V. M., Judin V. A. – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 535 s.

### Іванов І.Е. Влияние маршрутной сети на показатели количества пассажиромест.

*В статье рассматривается учет изменения маршрутной сети на распределение общего количества пассажиромест. Разработана модель совместного функционирования маршрутов городского пассажирского транспорта. Определены изменения общего количества пассажиромест для различных емкостей транспортных средств и их процентное соотношение, а также получены закономерности изменения количества пассажиромест (для разных номинальных емкостей) в зависимости от маршрутного коэффициента.*

**Ключевые слова:** маршрутная сеть, транспортная работа, подвижность, номинальная вместимость.

### Ivanov I. Impact on route network of the number of passengers places.

*Problem sustainable distribution of traffic between modes of passenger transport is not possible, by selecting each passenger's own way of moving. In the article the consideration of changing the route network for the distribution of the total number of passenger seats. The model of the joint operation of public passenger transport routes. The changes in the total number of passenger seats for different capacity vehicles and their percentage, and received laws change in the number of passenger seats (for various nominal capacity) depending on the route coefficient. Developed regression models determine the number of passenger seats (for various nominal capacity) depending on the route coefficient with respective adequacy.*

**Keywords:** route network, transport operation, mobility, nominal capacity.

**Іванов І.С.** – к.т.н., докторант кафедри транспортних систем і логістики, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, м. Харків, Україна, e-mail: Kafedra\_tsl@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. **Марченко Д.М.**

Стаття подана 25.03.2016