

СИСТЕМАТИЗОВАНА ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВХІДНИХ ДАНИХ РОБОТИ МАРШРУТНИХ АВТОБУСІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Пустюльга С.І., д.т.н., Мурований І.С., к.т.н.
Луцький національний технічний університет

У роботі проведена систематизація вхідних даних роботи транспортних засобів, що працюють на міських маршрутах. Розроблені принципи формалізованого описання потрібних характеристик роботи маршрутних автобусів в межах міста. Запропоновано математичні алгоритми формування числових даних для побудови імітаційної моделі, що дозволить ефективно проводити аналіз, прогнозування та оптимізацію міських пасажирських перевезень.

Ключові слова: систематизація, транспортний засіб, формалізація, міські пасажирські перевезення.

Постановка проблеми. Розв'язання транспортних проблем у великих сучасних містах завжди було, є і буде достатньо актуальним завданням, яке постійно вимагає розвитку або удосконалення. Зростає чисельність населення міст і площа їх території, різко збільшується число транспортних засобів, що знаходяться як в особистому користуванні громадян, так і на підприємствах та організаціях різних форм власності. Неухильно збільшується число засобів і громадського транспорту. При цьому, як видно на прикладі м. Луцька та інших великих міст регіону, існуюча транспортна інфраструктура не відповідає сучасним вимогам.

Неефективність транспортних систем призводить до перенавантаження існуючої транспортної мережі, перевитрат міського бюджету, загострення екологічних проблем, зниження комфортності для пасажирів будь-якого міста. Від так у м. Луцьку стоїть гостра проблема удосконалення існуючої транспортної системи та розробки ефективної концепції оптимізації розвитку та управління міського пасажирського транспорту.

Аналіз останніх досліджень. Відомо ряд наукових досліджень, які присвячені розробці концепцій розвитку транспортної системи міст і стратегії її ефективного втілення у життя [1,2,4,5]. Більшість із них так чи інакше пов'язані з активним використанням комп'ютерного моделювання для дослідження, аналізу та прогнозування роботи міських транспортних систем. За допомогою комп'ютерної техніки та побудованих імітаційних моделей йде аналіз особливості існуючих транспортних систем, виявляються у них "вузькі місця" для прогнозування поведінки систем в майбутньому, аналізуються можливі наслідки реалізації різних управляючих впливів на досліджувані системи [3]. При цьому важливим елементом є ефективна формалізація вхідних даних майбутньої математичної моделі функціонування міської транспортної системи, яка у більшості розробок або повністю відсутня, або ж не має відповідного систематизованого вигляду, прийнятого для аналізу та прогнозування роботи транспортних систем різних міст у різних регіонах.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження та розробка методів систематизованої формалізації вхідних даних вже існуючих транспортних систем для створення імітаційних моделей їх оптимального функціонування.

Основна частина. Розглянемо можливу концепцію функціонування системи міського пасажирського транспорту на предмет створення імітаційної моделі. У рамках цієї концепції динамічними об'єктами є пасажирів і окремі транспортні засоби для їх перевезення. Статичними об'єктами у цій моделі будуть зупинки, на яких здійснюється посадка і висадка пасажирів.

Для систематизованої формалізації вхідних даних такої моделі потрібно створити та описати цілу низку необхідних і важливих характеристик функціонування транспортної системи. По-перше, потрібно статистичними методами оцінити інтенсивність руху пасажирів на окремих зупинках в конкретний час. По-друге, потрібно отримати оцінку ймовірності вибору пасажиром конкретного пункту призначення та ймовірності вибору певного виду транспорту. По-третє, потрібно отримати статистичні оцінки часу проїзду транспортних засобів різних видів між конкретними зупинками в різний час доби, а також оцінки витрат часу на посадку та висадку пасажирів. Маючи у своєму розпорядженні формальний опис перерахованих параметрів, можна приступати до програмної реалізації моделі.

В існуючій літературі маршрути міського пасажирського транспорту прийнято класифікувати за цілою низкою ознак: за геометрією траси, за категорією обслуговування пасажирів, за часом дії, за організацією руху, за роллю в транспортній системі [6,7,8]. Особливу увагу при цьому, в межах даної роботи, заслуговує класифікація маршрутів за геометрією траси, оскільки саме вона лежить в основі постановки задачі аналізу. В існуючих міських транспортних мережах можна виділити:

- радіальні маршрути – які з'єднують центр міста з околицями;
- діаметральні маршрути – які проходять через центр міста, з'єднуючи віддалені райони;
- хордові маршрути – які з'єднують два райони міста, не проходячи через центр;
- кільцеві маршрути - траса маршрутів яких замкнута;
- петлевидні маршрути – які мають петлі на трасі.

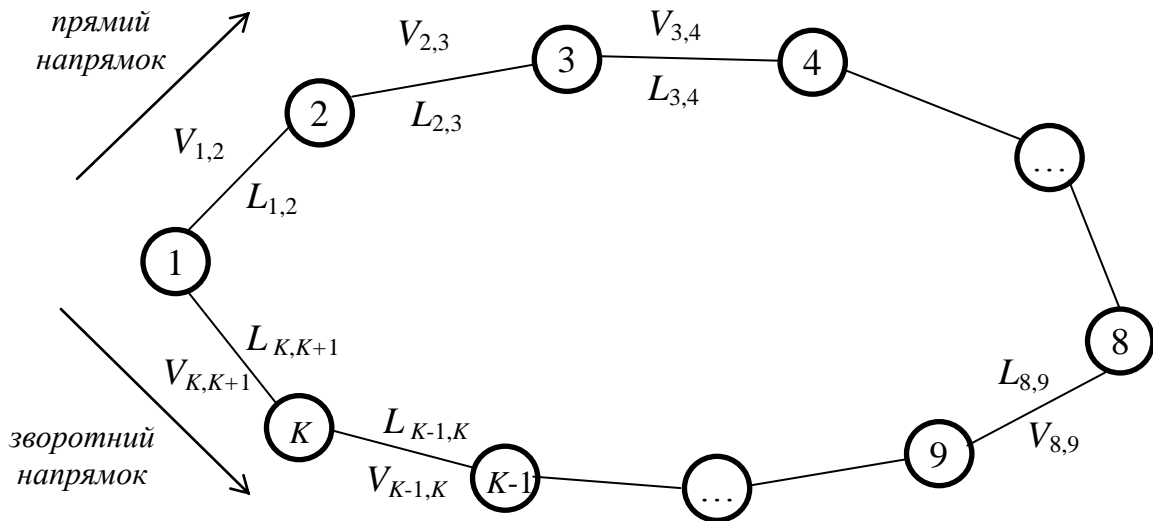


Рис. 1. Схема кільцевого маршруту міської транспортної системи.

Аналіз цих видів маршрутів показав, що найбільш складним і узагальненим для вироблення системної формалізації вхідних даних є кільцевий маршрут міста. При формуванні моделі можна розглядати кільцевий рух маршрутних таксі у двох аспектах: рух транспорту в одному напрямку та в двох напрямках (рис. 1).

Проводячи аналіз можливостей системної формалізації вхідних даних для оптимізації пасажирських перевезень на кільцевому маршруті, який забезпечений рухом транспортних засобів в прямому та зворотному напрямках одночасно, виявлено, що найбільш ефективним та зрозумілим для математичного описання моделі є представлення вхідних даних у вигляді **комплексу характеристичних матриць**. До складу комплексу матриць, які, на наш погляд, найбільш впливатимуть на аналіз ефективності та вироблення пропозицій щодо удосконалення роботи транспортного засобу на тому чи іншому кільцевому маршруті слід включити такі матриці:

L – матрицю довжин перегонів між зупинками кільцевого маршруту, яка дозволяє визначити сумарну довжину кільцевого маршруту та є елементом для визначення значень матриці часу проїзду маршрутк між окремими зупинками:

$$L = L_{1,2}L_{2,3}L_{3,4}L_{4,5}L_{5,6}\dots L_{k-1,k}L_{k,k+1} \quad (1)$$

V – матрицю швидкостей транспортних засобів на окремих перегонах:

$$V^s = V_{1,2}V_{2,3}V_{3,4}V_{4,5}V_{5,6}\dots V_{k-1,k}V_{k,k+1} \quad (2)$$

де s - поточний номер транспортного засобу на маршруті.

Слід відзначити, що числові значення у першій матриці завжди є константами для будь-якого часу роботи транспортного засобу на маршруті. Друга матриця є математичною характеристикою, на яку практично не впливають години (або зміни) руху тієї чи іншої маршрутк. Якщо такий вплив для маршруту в межах різного часу є суттєвим, пропонується включити в модель ще й **матрицю факторів Φ** , яка опосередковано впливає на матрицю швидкостей транспортного засобу на окремих перегонах, а значить і на час, за який одна

транспортна одиниця проходить той чи інший перегон. До таких факторів можна віднести: завантаженість перегонів іншими транспортними засобами в різні години зміни, стан дороги на перегонах, кількість світлофорів на перегоні, кількість пішохідних переходів на перегоні, ймовірність руху пішоходів на кожному із них і т.д.

Матрицю факторів можна подати у вигляді:

$$\Phi^s = f_{1,2} f_{2,3} f_{3,4} f_{4,5} f_{5,6} \dots f_{k-1,k} f_{k,k+1} . \quad (3)$$

Сума компонентів такої матриці завжди буде рівна кількості перегонів на кільцевому маршруті:

$$f_{1,2} + f_{2,3} + \dots + f_{k-1,k} + f_{k,k+1} = k . \quad (4)$$

Матриця швидкостей буде формуватися як середня швидкість руху транспортних засобів по місту помножена на коефіцієнти матриці факторів. Тоді матриця швидкостей на перегонах із врахуванням факторів буде визначатись:

$$V_{\Phi}^s = V_{cep} \cdot f_{1,2} V_{cep} \cdot f_{2,3} \dots V_{cep} \cdot f_{k,k+1} . \quad (5)$$

Час проходження маршрутки одного кругового циклу буде складатися із часу, який затрачений на рух маршрутки між зупинками і залежатиме від швидкості руху на перегонах, яка в свою чергу залежить від матриці факторів і часу, який затрачений на посадку, висадку пасажирів у межах кожної зупинки одного циклу. Матриці мають наступний вигляд:

t_n^s - матриця часу роботи транспортного засобу між окремими зупинками

$$t_n^s = t_{1,2} t_{2,3} t_{3,4} t_{3,5} t_{3,6} \dots t_{k-1,k} \quad (6)$$

t_3^s - матриця часу, що характеризує час відведений на посадку, висадку пасажирів на зупинках одного маршруту:

$$t_3^s = t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 \dots t_{k-1} t_k \quad (7)$$

Тоді загальний час одного кругового циклу буде такий:

$$T^s = t_n^s + t_3^s$$

Матриця часу роботи транспортного засобу між окремими зупинками буде визначатися із матриці довжин перегонів та матриці швидкостей на перегонах із врахуванням коефіцієнтів матриці факторів:

$$t_n^s = \frac{L}{V_{\Phi}^s} . \quad (8)$$

Формування матриці часу затримки транспортного засобу на зупинці буде визначатися із матриці інтенсивності пасажиропотоку, так як час стоянки маршрутки на зупинці буде дорівнювати часу, затраченому на посадку, висадку пасажирів.

Найважливішою складовою комплексу, на наш погляд, є **матриця інтенсивності пасажиропотоку** в межах як одного циклового руху транспортного засобу на кільцевому маршруті, так і його повної роботи у межах однієї зміни. Особливість врахування в моделі повної роботи маршрутки за зміну пов'язана із ефектом "позитивного залишку" пасажирів, що створюється за один оборот у циклі одного транспортного засобу на кільцевому маршруті.

Матриця інтенсивності пасажиропотоку для одного обороту певного транспортного засобу на кільцевому маршруті може бути представлена як квадратна матриця розмірності $p \times k$, де $k = p$ – кількість перегонів на одному кільці, яка дорівнює кількості зупинок на даному кільцевому маршруті. Пропонуємо її подавати у наступному вигляді:

$$\beta N^s = \left(\begin{array}{c} \beta_{1,2}\beta_{1,3}\beta_{1,4}\beta_{1,5}\beta_{1,6}\dots\beta_{1,k}\beta_{1,k+1} \\ \beta_{2,3}\beta_{2,4}\beta_{2,5}\beta_{2,6}\dots\beta_{2,k}\beta_{2,k+1} \\ \beta_{3,4}\beta_{3,5}\beta_{3,6}\dots\beta_{3,k}\beta_{3,k+1} \\ \dots \\ \beta_{5,6}\dots\beta_{5,7}\beta_{5,8}\beta_{5,9}\beta_{5,10} \\ \dots \\ \beta_{p-2,k-1}\beta_{p-2,k}\beta_{p-2,k+1} & \beta_{p,\frac{k}{2}-2} \\ \beta_{p-1,k}\beta_{p-1,k+1} & \beta_{p,2}\dots\beta_{p,\frac{k}{2}-1} \\ \beta_{p,k+1} & \beta_{p,2}\beta_{p,3}\dots\beta_{p,\frac{k}{2}} \end{array} \right), \quad (9)$$

де βN^s - матриця інтенсивності пасажиропотоку на N кругу для s -го транспортного засобу, що працює на зміні;

елементи матриці $\beta_{1,2}, \beta_{3,6}, \beta_{5,8}\dots\beta_{k-2,k+1}$ - кількість пасажирів, які сідають в маршрутку на певній зупинці, щоб дійхати до пункту призначення (наприклад, $\beta_{3,6}$ - кількість пасажирів, що сіли на 3 зупинці, щоб вийти на 6).

Розглянемо які необхідні параметри для майбутньої моделі оптимізації пасажирських перевезень ми зможемо аналізувати за такою матрицею інтенсивності пасажиропотоку в межах циклу:

- 1) кількість пасажирів, яку перевозить одна маршрутка за один повний (кільцевий) цикл

$$QC^s = \sum_{p=0}^v \sum_{k=0}^v \beta_{p,k}, \quad (10)$$

де v - розмірність матриці, s - поточний номер транспортного засобу на маршруті.

- 2) кількість пасажирів, які сідають в даний транспортний засіб на маршруті і кількість пасажирів, які виходять із маршрутки за один цикл роботи (кількість пасажирів, що сідають в транспортний засіб і виходять із нього у межах одного циклу можуть різнитися із-за залишкової частини матриці, про яку мова буде йти нижче). Однак, у будь-якому випадку, кількість пасажирів, які сідають в маршрутку в межах одного циклу завжди буде більшою чи рівною кількості пасажирів, які виходять із транспортного засобу

$$QZC^s = \sum_{p=0}^v \sum_{k=0}^v \beta Z_{p,k}, \quad (11)$$

де QZC^s - сума членів залишкової матриці, $\beta Z_{p,k}$ - складові залишкової матриці

$$Q1^s = QC^s + QZC^s,$$

де $Q1^s$ - кількість пасажирів, які сідають в транспортний засіб на одному циклі.

$$Q2^s = \sum_{p=0}^v \sum_{k=0}^v \beta_{p,k}, \quad (12)$$

де $Q2^s$ - кількість пасажирів, які виходять із транспортного засобу на одному циклі.

- 3) кількість пасажирів, які в даному циклі проїжджають один, два або k перегонів, так як цей показник може бути визначальним для аналізу при великих його коливаннях в роботі транспортного засобу на певному маршруті. Він необхідний, наприклад, для можливої диференціації вартості проїзду для одного пасажирів відповідно до кількості перегонів, які той проїхав;

$$Q11^s = \sum_{p=0}^v \beta_{p,p},$$

$$Q12^s = \sum_{p=0}^{v-1} \beta_{p,p+1},$$
(13)

$$Q1k^s = \sum_{p=0}^{v-(k-1)} \beta_{p,p+(k-1)}.$$

- 4) сумарна кількість пасажирів, які сідають на конкретній зупинці і кількість пасажирів, які виходять на конкретній зупинці: у межах циклу, однієї зміни і т.д.;

$$Qsk^s = \sum_{p=k-1}^{k-1} \sum_{k=k-1}^v \beta_{p,k},$$

$$Qvk^s = \sum_{p=0}^v \sum_{k=k-1}^{k-1} \beta_{p,k}.$$
(14)

- 5) середня кількість пасажирів, які знаходяться у певний період часу в транспортному засобі. Цей параметр можна назвати наповненістю маршрутки на певному часовому відрізку. Він є визначальним для знаходження середньої наповненості пасажирями транспортного засобу у межах роботи на одному циклі.

$$Qsr^s = \frac{Qsk^s - Qvk^s}{k} = \frac{\sum_{p=k-1}^{k-1} \sum_{k=k-1}^v \beta_{p,k} - \sum_{p=0}^v \sum_{k=k-1}^{k-1} \beta_{p,k}}{k}.$$
(15)

Як зазначалось вище, при кільцевому русі транспортних засобів, причому в обох напрямках, для систематизованого формування вхідних даних моделі більш ефективною характеристикою інтенсивності пасажиропотоку є матриця, яка комплексно інформує про роботу однієї маршрутки на кільцевому маршруті в межах повної зміни. Так якщо на кільцевому маршруті із 9 зупинок один маршрутний автобус виконує три повних цикли за зміну, комплексна матриця інтенсивності пасажиропотоку набуде вигляду:

$$\beta^s = \begin{pmatrix} \beta_{1,2} \beta_{1,3} \beta_{1,4} \beta_{1,5} \beta_{1,6} \beta_{1,7} \beta_{1,8} \beta_{1,9} \beta_{1,10} & \beta_{2,1,2} \beta_{2,1,3} \beta_{2,1,4} \beta_{2,1,5} \beta_{2,1,6} \beta_{2,1,7} \beta_{2,1,8} \beta_{2,1,9} \beta_{2,1,10} & \beta_{3,1,2} \beta_{3,1,3} \beta_{3,1,4} \beta_{3,1,5} \beta_{3,1,6} \beta_{3,1,7} \beta_{3,1,8} \beta_{3,1,9} \beta_{3,1,10} \\ \beta_{1,2,3} \beta_{1,2,4} \beta_{1,2,5} \beta_{1,2,6} \beta_{1,2,7} \beta_{1,2,8} \beta_{1,2,9} \beta_{1,2,10} & \beta_{2,2,3} \beta_{2,2,4} \beta_{2,2,5} \beta_{2,2,6} \beta_{2,2,7} \beta_{2,2,8} \beta_{2,2,9} \beta_{2,2,10} & \beta_{3,2,3} \beta_{3,2,4} \beta_{3,2,5} \beta_{3,2,6} \beta_{3,2,7} \beta_{3,2,8} \beta_{3,2,9} \beta_{3,2,10} \\ \beta_{1,3,4} \beta_{1,3,5} \beta_{1,3,6} \beta_{1,3,7} \beta_{1,3,8} \beta_{1,3,9} \beta_{1,3,10} & \beta_{2,3,4} \beta_{2,3,5} \beta_{2,3,6} \beta_{2,3,7} \beta_{2,3,8} \beta_{2,3,9} \beta_{2,3,10} & \beta_{3,3,4} \beta_{3,3,5} \beta_{3,3,6} \beta_{3,3,7} \beta_{3,3,8} \beta_{3,3,9} \beta_{3,3,10} \\ \beta_{1,4,5} \beta_{1,4,6} \beta_{1,4,7} \beta_{1,4,8} \beta_{1,4,9} \beta_{1,4,10} & \beta_{2,4,5} \beta_{2,4,6} \beta_{2,4,7} \beta_{2,4,8} \beta_{2,4,9} \beta_{2,4,10} & \beta_{3,4,5} \beta_{3,4,6} \beta_{3,4,7} \beta_{3,4,8} \beta_{3,4,9} \beta_{3,4,10} \\ \beta_{1,5,6} \beta_{1,5,7} \beta_{1,5,8} \beta_{1,5,9} \beta_{1,5,10} & \beta_{2,5,6} \beta_{2,5,7} \beta_{2,5,8} \beta_{2,5,9} \beta_{2,5,10} & \beta_{3,5,6} \beta_{3,5,7} \beta_{3,5,8} \beta_{3,5,9} \beta_{3,5,10} \\ \beta_{1,6,7} \beta_{1,6,8} \beta_{1,6,9} \beta_{1,6,10} & \beta_{2,6,7} \beta_{2,6,8} \beta_{2,6,9} \beta_{2,6,10} & \beta_{3,6,7} \beta_{3,6,8} \beta_{3,6,9} \beta_{3,6,10} \\ \beta_{1,7,8} \beta_{1,7,9} \beta_{1,7,10} \beta_{1,7,2} & \beta_{2,7,8} \beta_{2,7,9} \beta_{2,7,10} \beta_{2,7,2} & \beta_{3,7,8} \beta_{3,7,9} \beta_{3,7,10} \\ \beta_{1,8,9} \beta_{1,8,10} \beta_{1,8,2} \beta_{1,8,3} & \beta_{2,8,9} \beta_{2,8,10} \beta_{2,8,2} \beta_{2,8,3} & \beta_{3,8,9} \beta_{3,8,10} \\ \beta_{1,9,10} \beta_{1,9,2} \beta_{1,9,3} \beta_{1,9,4} & \beta_{2,9,10} \beta_{2,9,2} \beta_{2,9,3} \beta_{2,9,4} & \beta_{3,9,10} \end{pmatrix}$$
(16)

Узагальнюючи комплексну матрицю інтенсивності пасажиропотоку для маршрутного автобусу, що працює на кільцевому маршруті із k зупинок, отримуємо:

$$\beta^s = \begin{pmatrix} \beta_{1,2} \beta_{1,3} \beta_{1,4} \beta_{1,5} \beta_{1,6} \dots \beta_{1,k} \beta_{1,k+1} & \beta_{2,1,2} \beta_{2,1,3} \beta_{2,1,4} \beta_{2,1,5} \beta_{2,1,6} \dots \beta_{2,1,k} \beta_{2,1,k+1} & \dots & \beta_{N,1,2} \beta_{N,1,3} \beta_{N,1,4} \beta_{N,1,5} \beta_{N,1,6} \dots \beta_{N,1,k} \beta_{N,1,k+1} \\ \beta_{1,2,3} \beta_{1,2,4} \beta_{1,2,5} \beta_{1,2,6} \dots \beta_{1,2,k} \beta_{1,2,k+1} & \beta_{2,2,3} \beta_{2,2,4} \beta_{2,2,5} \beta_{2,2,6} \dots \beta_{2,2,k} \beta_{2,2,k+1} & \dots & \beta_{N,2,3} \beta_{N,2,4} \beta_{N,2,5} \beta_{N,2,6} \dots \beta_{N,2,k} \beta_{N,2,k+1} \\ \beta_{1,3,4} \beta_{1,3,5} \beta_{1,3,6} \dots \beta_{1,3,k} \beta_{1,3,k+1} & \beta_{2,3,4} \beta_{2,3,5} \beta_{2,3,6} \dots \beta_{2,3,k} \beta_{2,3,k+1} & \dots & \beta_{N,3,4} \beta_{N,3,5} \beta_{N,3,6} \dots \beta_{N,3,k} \beta_{N,3,k+1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{1,5,6} \dots \beta_{1,5,7} \beta_{1,5,8} \beta_{1,5,9} \beta_{1,5,10} & \beta_{2,5,6} \dots \beta_{2,5,7} \beta_{2,5,8} \beta_{2,5,9} \beta_{2,5,10} & \dots & \beta_{N,5,6} \dots \beta_{N,5,7} \beta_{N,5,8} \beta_{N,5,9} \beta_{N,5,10} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \beta_{1,k-2,k-1} \beta_{1,k-2,k} \beta_{1,k-2,k+1} & \beta_{1,k,2} & \beta_{2,k-2,k-1} \beta_{2,k-2,k} \beta_{2,k-2,k+1} & \dots \beta(N-1)_{k,2} & \beta_{N,k-2,k-1} \beta_{N,k-2,k} \beta_{N,k-2,k+1} \\ \beta_{1,k-1,k} \beta_{1,k-1,k+1} & \beta_{1,k,2} \dots \beta_{1,k,2} & \beta_{2,k-1,k} \beta_{2,k-1,k+1} & \dots \beta(N-1)_{k,2} \dots \beta(N-1)_{k,2} & \beta_{N,k-1,k} \beta_{N,k-1,k+1} \\ \beta_{1,k,k+1} & \beta_{1,k,2} \beta_{1,k,3} \dots \beta_{1,k,2} & \beta_{2,k,k+1} & \dots \beta(N-1)_{k,2} \beta(N-1)_{k,3} \dots \beta(N-1)_{k,2} & \beta_{N,k,k+1} \end{pmatrix}$$
(17)

При такому відображенні комплексної матриці ефективності пасажиропотоку для кожного транспортного засобу у межах однієї робочої зміни, окремо слід зупинитися на підматриці ефективного залишку пасажирів певного циклу (17). Вона може сформуватися за умови, що ряд

пасажирів, які сідають для поїздки у транспортний засіб на попередньому циклі, можуть виходити на зупинках, що відносяться до наступного циклу. Основним критерієм формування такої залишкової матриці є мінімізація кількості перегонів при поїздки від зупинки на першому циклі до зупинки другого циклу (від зупинки на N циклі до зупинок $N+1$ циклу). Так, наприклад при наявності в циклі 9 зупинок (9 перегонів), пасажири, що сідають у межах першого циклу на восьмій зупинці (рис.1) можуть їхати до дев'ятої, десятої зупинок, що відповідно складає один і два перегони першого циклу і до другої, третьої зупинки другого циклу, що відповідно складає три та чотири перегони. Поїздка з восьмої зупинки першого циклу до четвертої зупинки другого циклу не є ефективною, так як до неї в прямому напрямку треба проїхати п'ять перегонів, а в оберненому тільки чотири, зважаючи на рух транспортних засобів по кільцевому маршруту в обох напрямках.

Загальну умову формування розмірності елементів такої залишкової матриці можна подати у вигляді:

$$r = \frac{k+1}{2} + 2 \tag{18}$$

Вид залишкової матриці (виділені фрагменти В1) представлений на рисунку 2.

Ця залишкова частина є важливою характеристикою кількості пасажирів, що виходять на зупинках другого та наступних циклів і не впливає на кількість пасажирів, які сідають у маршрутку на другому і наступних за ним циклах.

Така комплексна характеристична матриця інтенсивності пасажиропотоків дає можливість ефективно проаналізувати рух пасажирів на певних зупинках за одну робочу зміну однієї маршруткі і зрозуміло, що вона може давати повну інформацію про сумарну кількість пасажирів, перевезених за одну зміну одним транспортним засобом (причому кількість пасажирів, які зайшли за робочу зміну в маршрутку і вийшли з неї на певних зупинках будуть знаходитись у повній відповідності). При цьому очевидно, що дана комплексна матриця може давати також повну інформацію про кількість коштів, зароблених за зміну однією маршруткою, а значить і про ефективність роботи транспортного засобу на певному циклі своєї транспортної роботи.

Якщо критерієм формування пасажиропотоків в даній сумарній матриці прийняти мінімальну кількість перегонів для переїзду із пункту в пункт, то можна виділити три зони або три підматриці ефективності перевезень як в межах одного циклу, так і в межах роботи за одну зміну (рис 2).

Назвемо характеристичні зони матриць інтенсивності пасажиропотоку наступним чином: А1 - підматриця ефективного наповнення пасажирями транспортного засобу на N -ому циклі, В1- підматриця ефективного залишку пасажиропотоку з попереднього циклу на наступний, С1 - підматриця неефективного пасажиропотоку на N -ому циклі, D1 - нульова частина.

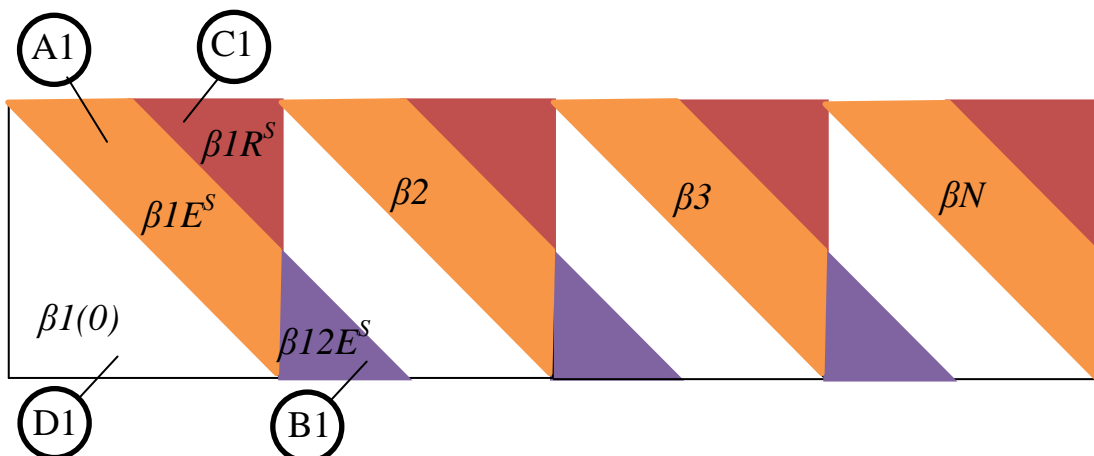


Рис. 2. Характеристичні зони матриць інтенсивності пасажиропотоків.

Очевидно, що кількість пасажирів матриці першого циклу, які сідають, наприклад, на першій зупинці і їдуть до четвертої чи п'ятої суттєво більша за кількість пасажирів, які їдуть від першої до шостої, сьомої і $(k+1)$ зупинок. Це пов'язано із наявністю зворотного руху маршрутних автобусів на даному маршруті.

Наприклад, з першої до сьомої зупинки в прямому напрямку є шість перегонів, а в оберненому тільки три. Вірогідно, що економія часу змусить пасажирів скористатися оберненим маршрутом (елементи неефективної підматриці складають нулі або малі значення, а інколи всі елементи цієї підматриці можуть бути рівні нулю).

Висновки. У роботі проведена систематизація вхідних даних роботи транспортних засобів, що працюють на міських маршрутах. Розроблені принципи формалізованого описання потрібних характеристик роботи маршрутних автобусів в межах міста. Запропоновано математичні алгоритми формування числових даних для побудови імітаційної моделі аналізу, прогнозування та оптимізації міських пасажирських перевезень.

Ці дані можуть дати нам зробити висновок:

- про збільшення чи зменшення кількості маршруток, що працюють у зміну;
- про підключення до перевезення маршруток різної пасажиромісткості у певних циклах;
- про можливість застосування на певних маршрутах електротранспорту;
- дозволить оптимізувати графік руху окремих маршруток на певних циклах.

Подальші дослідження будуть пов'язані із обробкою числових даних роботи транспортних засобів на маршруті і побудовою імітаційної моделі їх транспортної роботи.

1. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Киев: Издательская группа ВHV, 2004. – 847 с.: ил.
2. Петухов О.А. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое: учеб. пособие / О.А. Петухов, А.В. Морозов, Е.О. Петухова. – 2-е изд., испр. и доп. – Изд-во СЗТУ, 2008. – 288с.
3. Турпищева М.С. «Разработка логистической модели пассажирских перевозок методами имитационного моделирования»: Вестник АГТУ – Новосибирск, 2011. – Вып. 52. – С. 83-87.
4. Бурковский В.Л., Пашенцев С.М., Подвальний С.Л. «Имитационное моделирование городских пассажирских перевозок в системе управления муниципальным транспортом»: сб. тр. ВГТУ. – воронеж, 2001. Вып. 5. – С. 61-62.
5. Редзюк А.М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
6. Антошвили М. Е., Либерман С. Ю., Спирин И. В. Оптимизация городских автобусных перевозок. – М.: Транспорт, 1985. 258с
7. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки. - М.: Транспорт, 1981. - 198с.
8. Варелопуло Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте: - М.: Транспорт, 1990. – 208 с.

Пустюльга С.І., Мурований І.С.. Систематизована формалізація вхідних даних роботи маршрутних автобусів для оптимізації городських пасажирських перевезень. В роботі проведена систематизація вихідних даних роботи транспортних засобів, курсуючих на городських маршрутах. Розроблені принципи формалізованого описання потрібних характеристик роботи маршрутних автобусів в черте города. Предложены математические алгоритмы формирования числовых данных для построения имитационной модели, что даст возможность эффективно проводить анализ, прогнозирование и оптимизацию городских пассажирских перевозок.

Ключевые слова: систематизация, транспортное средство, формализация, городские пассажирские перевозки.

S. Pustiulga, I. Murovani. Systematized formalization of input data work of shuttle vans for city passengers transport optimization. In this paper, the input data work systematization of vehicles which operate in a city loop is developed. It is worked out the principles of a formalized description of shuttle vans desired characteristics within the city. The mathematical algorithms of numeric data formation for constructing a simulation model is offered. It gives the possibility to effectively analyze, make a forecast and optimize city passengers transport.

Key words: systematization, vehicle, formalization, city passengers transport.

Стаття надійшла в редакцію 05.05.2014р.