

ДО ПИТАНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РУХУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Вступ. На даний час все більшої актуальності набуває саме міський електротранспорт як найбільш екологічно чистий, а за великої завантаженості головних транспортних шляхів міста, то і найбільш швидкий. Але зараз майже в усіх транспортних управліннях існує проблема з необхідною кількістю одиниць рухомого складу, оскільки застарілі машини часто виходять з ладу і потребують заміни або капітального ремонту. Поряд із цим, транспортним управлінням потрібно вирішувати задачі: 1) необхідно організувати рух електротранспорту таким чином, щоб повністю задовольнити потреби перевезення пасажирів з найбільш можливими якістю та комфортом; 2) зменшити кількість машин рухомого складу, які знаходяться на маршруті, при максимальній їх завантаженості. Як видно, потрібно одночасно вирішувати дві актуальні задачі, перша з яких передбачає збільшення вагонів на маршрутах, а друга навпаки, їх зменшення для виключення можливих „холостих” рейсів. Тому така задача є непростю і може розв’язуватися неоднозначно за наявності зовнішніх факторів.

Аналіз доступних літературних джерел показав, що даною проблемою в Україні на рівні міського господарства практично ніхто не займається, хоча актуальність її не викликає сумніву як на даний момент часу, так і на майбутнє.

В попередніх дослідженнях, зокрема в роботі [1], запропоновано принцип побудови розкладу руху електротранспорту, розроблено узагальнену модель його функціонування, побудовано алгоритм функціонування програми проектування розкладу руху електротранспорту, який реалізує запропоновану модель, а в роботах [2, 3] розроблено програму „Розрахунок розкладу руху електротранспорту” (рис. 1), призначену для складання моделі руху міського електротранспорту та адаптовану під умови міста Вінниці.



Рис. 1. Головне меню (російськомовний інтерфейс)

Вихідні передумови. Розглянемо особливості випуску вагонів на маршрути та їх типи.

Кількість рухомого складу розраховується по кожній годині доби окремо, але в деяких випадках цей інтервал може бути зменшено до 30 або 15 хвилин [4].

Для правильного складання розкладу руху потрібно, щоб у часи „пік” весь рухомий склад знаходився на маршруті. При розгляді ранкового періоду часу та передвечірнього (характеризується найбільшим навантаженням на транспорт) спочатку визначається сумарний пасажиропотік усіх маршрутів та розраховується середнє навантаження на кожен одиницю транспорту. Якщо місткість рухомого складу різна, то за одиницю приймається нормальна місткість машини з розрахунку 5-7 осіб на 1 м², а всі інші типи машин приводяться до цієї величини.

Далі за цими даними визначається кількість машин на кожному з маршрутів, виходячи з наявної кількості робочих машин [4].

При постановці на обід та інших перервах у роботі випусків (простої в депо, заїзд у депо, планові та незаплановані технічні перевірки тощо) параметри руху суттєво змінюються.

Кількість машин протягом ранкових та вечірніх „піків” для робочого дня дещо відрізняється, причому на ранковий час „пік” (з 7⁰⁰ до 9³⁰) потрібно зазвичай більшу кількість випусків, ніж на вечірній (17⁰⁰ – 19⁰⁰). На протязі робочих годин (9⁰⁰-13⁰⁰, 14⁰⁰-17⁰⁰) та на протязі обідньої перерви спостерігається зменшення пасажиропотоку. Тому для задоволення потреб в пасажироперевезенні на ці періоди потрібна мінімальна кількість випусків. При сході машин рухомого складу з маршрутів буде з’являтися нерівномірність в інтервалах між випусками та збільшення їх тривалості, при цьому значно погіршується якість та комфорт пасажироперевезень.

Правильно розрахувавши кількість машин на маршруті в кожен період часу, можна визначити точну кількість різних випусків на маршруті, завдяки чому можливим є оптимальне складання розкладу руху, випусків окремого маршруту.

В залежності від специфіки роботи на маршруті типи випусків бувають такими [2]: «наскрізні», в яких бригади (водій та кондуктор) працюють у дві зміни, і машина знаходиться на маршруті від початку до закінчення роботи (можуть мати обідні перерви в залежності від складеного розкладу); «однозмінні» – випускаються на ранковий час „пік” для покращення якості перевезення пасажирів. Працюють лише одну зміну, весь інший час знаходяться в депо або на іншому маршруті (можуть мати обідні перерви в залежності від розкладу руху); «розривні» – випуски, в яких бригади працюють у дві зміни, але під час зменшення пасажиропотоку знаходяться в депо на техогляді або плановому ремонті в період з 9³⁰ до 14³⁰. Перерва між змінами повинна бути не менша 2 год. та не більша 6 год. У цього виду випуску немає обідньої перерви, тому що зміна триває, як правило, не більше 3 – 4 год. Тобто розривні випуски, як правило, випускають на ранкові та вечірні пікові періоди для покращення пасажироперевезень, завдяки чому досягається вища ефективність маршруту в цілому.

В роботі [3] для попереднього планування розкладу руху використовується півгодинна матриця (рис. 2). В ній в півгодинному масштабі містяться дані про рух кожного випуску, які позначаються спеціальними кодами. Сюди ж заносяться дані про час роботи вагону в обох змінах та коди станцій початку й закінчення роботи. Ці дані визначають кількість машин на маршруті, станції початку й закінчення роботи та розміщення обідніх перерв.

Рис. 2. Вікно програми корегування півгодинної матриці

Як можливий варіант для досягнення складання оптимальних розкладів руху є введення розривних рейсів у загальний рух маршруту. Це дозволить досягнути вищої якості руху рухомого складу завдяки оптимальній розстановці інтервалів руху між випусками.

Розривні випуски повинні розставлятися в розкладі руху таким чином, щоб перекривати нерівності інтервалів між машинами при постановці на обід вранці та випускатися на вечірній „пік” з врахуванням неточності інтервалів між машинами за рахунок їх сходження з маршруту.

Тому метою роботи є визначення кількості розривних випусків, необхідних для забезпечення оптимального співвідношення при розв’язанні вище поставлених двох задач – не-

обхідно організувати рух електротранспорту таким чином, щоб повністю задовольнити потреби перевезення пасажирів з найбільш можливими якістю та комфортом та зменшити кількість машин рухомого складу, які знаходяться на маршруті, при максимальній їх завантаженості.

Методи визначення кількості розривних випусків. Визначення кількості розривних випусків, які потрібно буде випустити на маршрут для покращення його якісних характеристик, може проводитись двома методами.

Метод 1. Потрібна кількість вагонів на маршруті N_i визначається за кількістю рівних розрахункових періодів у добі (при зміні періоду може відбуватись зміна параметрів маршруту), виходячи з пасажиропотоку, місткості машин та часу оборотного рейсу [5]:

$$N_i = \frac{P_i \cdot t_{обі}}{T_i \cdot m}, \quad (1)$$

де P_i – величина пасажиропотоку на найбільш завантаженій ділянці маршруту за i -й період; $t_{обі}$ – час оборотного рейсу за i -й період; T_i – тривалість i -го періоду доби; m – розрахункова ємність рухомого складу.

Оскільки необхідна кількість машин визначається для кожного інтервалу часу окремо, то, визначивши максимальну кількість машин на маршруті N_{max1} (максимальна кількість машин випускається на ранковий час „пік”), кількість машин, яка потрібна на вечірній час „пік” N_{max2} , та найменшу кількість машин N_{min} , яка знаходиться на маршруті між цими двома інтервалами

$$N_{min} = \inf N_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

можна визначити необхідну кількість розривних випусків N_p :

$$N_p = N_{max2} - N_{min}. \quad (3)$$

Метод 2. Визначається бажаний інтервал руху між випусками маршруту на вечірній час „пік” γ_{26} із врахуванням того, що основний і найменший інтервал руху γ_{min} задаються на ранковий час „пік”, тобто обов’язково повинна враховуватись умова $\gamma_{min} \leq \gamma_{26}$. Бажаний інтервал руху у вечірній час пік γ_{26} порівнюється з фактичним $\gamma_{2ф}$: $\Delta = \gamma_{2ф} - \gamma_{26}$. Виходячи з цього, можна сформулювати такі правила корегування руху:

$$\begin{cases} \Delta < 0 \Rightarrow N_p = N_{2ф} - N_{26}, \\ \Delta = 0 \Rightarrow N_p = N_{2ф} = N_{26}, \\ \Delta > 0 \Rightarrow N_p = N_{26} - N_{2ф}, \end{cases} \quad (4)$$

де $N_{2ф}$ – фактична кількість машин на маршруті у вечірній час „пік”; N_{26} – бажана кількість машин на маршруті у вечірній час „пік”.

Як видно з виразів (4), у першому випадку потрібно зменшувати кількість машин на маршруті, в третьому – потрібно ввести на маршрут відповідну кількість розривних рейсів, а при $\Delta = 0$ – корегування руху не потрібне.

Обидва методи було розроблено та перевірено для реальних умов руху, що показало, що другий метод дає більш точні результати та дає змогу більш правильно проаналізувати й визначити параметри маршруту, способи корегування розкладу руху.

Розстановка розривних випусків на маршруті. Для правильної розстановки розривних випусків на марш-

руті пропонується інший метод. Він застосовується для оптимальної розстановки других змін розривних випусків (перші зміни не потребують корегування).

Спочатку визначаються початкові дані: 1) границі вечірнього часу пік (початок і закінчення); 2) тривалість робочої зміни; 3) кількість розривних та основних випусків, які будуть знаходитись на маршруті в даний час; 4) приблизний час початку робочої зміни розривних випусків. Відповідно до нормативних даних [4] приблизний час початку другої зміни розривних випусків – з 15⁰⁰ до 16⁰⁰ год.

Метод полягає в наступному:

1) знаходиться приблизний початок другої зміни розривного випуску $T_{пoch2}$, враховуючи, що тривалість зміни повинна перекивати час вечірнього пікового навантаження:

$$t_{пoch2} \in \left[(t_{зак1} + t_{пер}) - t_{обн}, (t_{зак1} + t_{пер}) + t_{обн} \right] \quad (5)$$

мають місце обмеження:

$$\begin{cases} t_{пoch2} < t_{пoch.пик2}, \\ t_{пoch2} + T_{зм} > t_{кін.пик2}, \end{cases} \quad (6)$$

де $t_{пoch2}$ – час початку роботи другої зміни; $t_{зак1}$ – час закінчення першої зміни в роботі випуску; $t_{пер}$ – час планової перерви між змінами; $t_{обн}$ – час оборотного рейсу за період розрахунку; $t_{пoch.пик2}$ – час початку вечірнього часу пік; $T_{зм}$ – тривалість роботи зміни; $t_{кін.пик2}$ – час закінчення вечірнього часу пік;

2) з основних параметрів руху маршруту та півгодинної матриці вибирається станція початку другої зміни;

3) аналізується часовий ряд та інтервали між випусками даного маршруту по вибраній станції і в період часу $t_{пoch2}$. Знаходиться найбільший з інтервалів між машинами та визначається час початку руху з цієї станції двох випусків $t_{в1}$ та $t_{в2}$ відповідно.

$$\gamma_{max} = \sup \gamma_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

де γ_i – інтервал між першим та i -м випуском на даному маршруті (n – кількість випусків на даному маршруті).

Тоді фактичний час початку другої зміни $t_{пoch2ф}$ можна визначити з наступних правил:

$$\begin{aligned} \gamma_{max} \geq 2\gamma_{2б} &\Rightarrow t_{пoch2ф} = t_{в1} + \gamma_{2б}, \\ \gamma_{max} < 2\gamma_{2б} &\Rightarrow t_{пoch2ф} = t_{в1} + \frac{\gamma_{max}}{2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Алгоритм розстановки розривних випусків наведено на рис. 3.

Розроблений метод застосовується для визначення початку другої зміни усіх розривних випусків і дає змогу отримати більш точний вигляд розкладу руху окремого маршруту.

На Вінницькому підприємстві „Трамвайно-тролейбусне управління” розрахунок розкладу руху електротранспорту здійснюється з використанням програми „Розрахунок розкладу руху електротранспорту”, в якій закладено запропонований метод. Практична перевірка показала адекватність даного методу реальним процесам.

Висновки. Розглянуто методи оптимізації кількості розривних випусків на маршруті, що дозволяють покращити якість пасажироперевезень, врахувавши параметри руху маршруту. Запропоновано новий метод розстановки розривних випусків на маршруті, що базується на корегуванні вигляду самого маршруту, який дозволяє, на відміну від існуючих, визначити кількість розривних випусків на маршруті з більшою точністю. Розроблено програму, яка реалізує запропонований метод. Програма успішно впроваджена на Вінницькому підприємстві „Трамвайно-тролейбусне управління”.

Література.

1. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г. Розробка розкладу руху електротранспорту // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2005. – №3. – С.35-38.
2. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г. Розробка програми для проектування розкладу руху електротранспорту // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції “Контроль і управління в складних системах” (КУСС-2005). – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – С.188.
3. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г. Програма „Розрахунок розкладу руху електротранспорту” // Інформаційні системи та комп’ютерна інженерія. – 2005. – №6. – С.30-34.
4. Методические рекомендации по составлению расписания движения и работы поездных бригад. – К.: Министерство жилищно-коммунального хозяйства УССР, 1980. – 68 с.
5. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Сторчак В.Г. До питання визначення необхідної кількості вагонів міського електротранспорту на маршруті // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2006. – №3. – С.34 – 36.

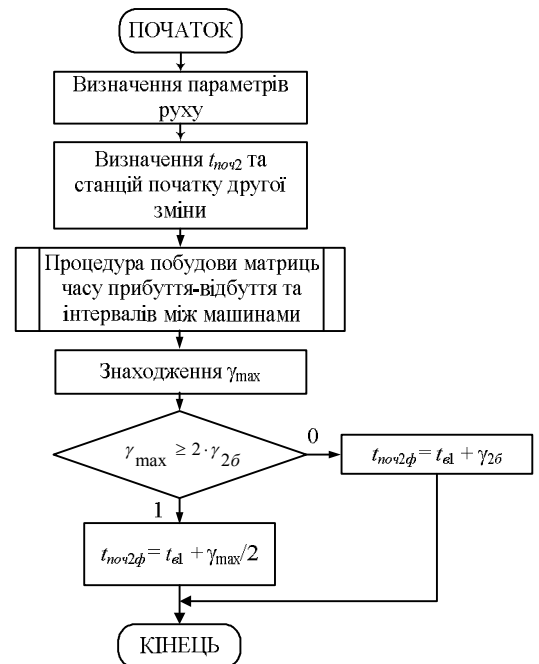


Рис. 3. Алгоритм розстановки розривних випусків, реалізований на основі запропонованого методу