

УДК 629.433

**Б. І. Мокін**, д. т. н., проф.;

**М. П. Розводюк**, к. т. н.;

**В. Г. Сторчак**, студ.

## РОЗРОБКА РОЗКЛАДУ РУХУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

*Вирішується перше питання задачі створення програмного продукту для проектування розкладу руху електротранспорту. Розроблено узагальнену модель функціонування електротранспорту на основі запропонованого принципу побудови його розкладу руху. Використовуючи отримані результати, побудовано алгоритм функціонування програми проектування розкладу руху електротранспорту.*

### Вихідні передумови та постановка задачі дослідження

В кожному управлінні електротранспорту поряд з проблемами зменшення енерговитрат та застарілого парку машин завжди гостро стоїть питання правильного та зручного складання нових розкладів руху маршрутів з мінімальною трудомісткістю. З іншої сторони є необхідність корегування та вдосконалення старих моделей розрахунку розкладу електротранспорту. Завдяки правильно складеному розкладу руху транспорту можна набагато зменшити витрати енергоресурсів, забезпечити нормальну завантаженість всіх машин з урахуванням годин «пік» і т. д. та підвищити якість обслуговування пасажирів, а також полегшити роботу різних відділів та служб підприємства.

До появи ПЕОМ розрахунок розкладу руху здійснювався вручну диспетчером руху, що займало великий обсяг часу та людських зусиль. Особливо це стосується розрахунку суміщеного розкладу, тобто розкладу по контрольних станціях різних маршрутів, адже початковий розрахунок ведеться в основному лише для одного маршруту. Причому така організація проектування розкладу не виключала виникнення помилок через неухважність диспетчера. Тому актуальність даної проблеми не викликає сумнівів.

В наш час у зв'язку із швидким ростом комп'ютерних технологій з'явилося багато можливостей для побудови ефективної моделі руху електротранспорту автоматизованим способом.

На сьогоднішній день створено декілька програм для вирішення цього питання. Однак, на жаль, одні з них або не підходять з тих чи інших причин, або економічно неприйнятні для українських трамвайно-тролейбусних управлінь (ТТУ) внаслідок великої вартості. Так, наприклад, програма «Комплекс задач «СОСТАВЛЕНИЕ МАРШРУТНЫХ РАСПИСАНИЙ ДВИЖЕНИЯ» [1], що розроблена у Мінську, яка використовується у Вінницькому ТТУ, має ряд недоліків, і крім того, є вже морально застарілою, оскільки була написана ще для MS-DOS. Іншою програмою для розрахунку розкладу рух міського транспорту є «Pikas 2000» [2]. Це сучасна програма, яка має легкий у користуванні графічний інтерфейс та багато різнопланових можливостей з одного боку, але зависоку ціну з іншого, що є перешкодою для її широкого використання. Крім того, виходячи із аналізу інформації, що представлена в рекламному ролику [2], ця програма залишає багато роботи для диспетчера, оскільки під час розрахунку не дозволяє задати параметри кожного випуску для даного маршруту.

Тож актуальною залишається задача створення програмного продукту для проектування розкладу руху електротранспорту і першою підзадачею цієї задачі є розробка моделі функціонування електротранспорту, що і є метою цієї статті.

### Принцип побудови розкладу руху електротранспорту

Для складання розкладу головним параметром якості розрахунку є інтервал між машинами на маршруті. В ідеальному випадку інтервал повинен залишатися без змін. Але інтервал руху може

змінюватись під час обідньої перерви, під час сходження «пікових» випусків, під час заходження наскрізних рейсів в депо. А в результаті розрахунку потрібно досягти однаковості інтервалів і час-то для різної кількості машин. Для отримання інтервалу, що плавно змінюється, кількість наскрізних випусків, а також однозмінних випусків не повинна перевищувати 40 % кількості випусків, що працюють в дві зміни.

На практиці використовуються декілька видів випусків:

- однозмінний з обідньою перервою;
- однозмінний без обідньої перерви;
- двозмінний;
- двозмінний без обідньої перерви в другій зміні;
- наскрізний (працює в дві зміни, але виходить тільки на ранкові та вечірні години «пік», а в інший час стоїть в депо).

Основною задачею розрахунку є побудова турової таблиці, якою є таблиця прибуття-відправлення машин одного маршруту по кінцевих станціях. Турову таблицю оператор може корегувати, змінюючи інформацію в залежності від обставин. Перед початком розрахунку завжди перевіряють наявність даних, необхідних для розрахунку, основною частиною яких є:

- аналіз матриці, в яку занесені коди режимних відміток руху машини в півгодинному масштабі;
- станції прибуття-відправлення кожної машини;
- код типу випуску вагона;
- довжини оборотних та нульових рейсів (оборотний рейс — це рейс, який робить машина, виходячи з однієї кінцевої станції та прибуваючи на ту ж саму станцію; нульовий рейс — це рейс від депо до визначеної кінцевої станції);
- час проходження через контрольні пункти (чітко визначені зупинки, по яких відбувається проходження маршруту).

Кодами режимних відміток є спеціальні цифрові позначки місця, в якому повинен перебувати випуск в даний проміжок часу:

- знаходиться на маршруті;
- стоїть в депо;
- знаходиться на обідній перерві.

Побудова турової таблиці починається з першого випуску маршруту. Спочатку береться час виходу на маршрут, дані про нульовий та зворотний рейси та будується частина турової таблиці на ранковий період для першого випуску. Далі на основі попередніх даних та кількості випусків визначається інтервал на ранковий період часу та розраховується час прибуття-відправлення для кожного наступного випуску. Після цього здійснюється розрахунок інтервалу для наступного періоду часу та будується наступна частина турової таблиці з урахуванням нових параметрів. За даними турової таблиці визначаються всі інші параметри.

Для правильного розрахунку та обробки інформації з усіх маршрутів в цілому, потрібно розрахувати суміщений розклад, який включає в себе час прибуття-відправлення по окремо взятій контрольній станції в одному напрямку всіх маршрутів, які проїжджають цю станцію. За цими даними оператор корегує дані кожного маршруту окремо.

### Модель функціонування електротранспорту

Введемо позначення:  $N_i$  — номер маршруту ( $i = \overline{1, m}$ , де  $m$  — загальна кількість маршрутів);  $L_i$  — довжина маршруту від станції А до станції А;  $t_i$  — час проходження  $L_i$ ;  $t_{\text{поч}}$  — час виходу вагону на маршрут;  $t_{\text{кін}}$  — час заходу вагону в депо;  $T$  — поточна година доби;  $I_i$  — інтервал між прибуттям машин маршруту на зупинки;  $n_{i,d}$  — кількість вагонів які знаходяться на маршруті  $n_{i,d}$  ( $d = \overline{1, h}$ , де  $h$  — сумарна кількість наявних в депо вагонів, причому припускається, що максимальна кількість вагонів на  $i$ -му маршруті становить  $d_{\text{max}}$ );  $S_j$  — сезон року ( $j = 1, 2, 3$ ):

- зимовий ( $S_1$ ). Характеризується зменшенням швидкості  $\vartheta_i$  проходження маршруту  $L_i$ , зростанням кількості випусків  $n_{i,d}$  на маршруті;
- літній ( $S_3$ ). Характеризується збільшенням швидкості  $\vartheta_i$  проходження маршруту  $L_i$ , зменшенням кількості випусків  $n_{i,d}$  на маршруті;

- весна-осінь ( $S_2$ ). Характеризується відносно середніми параметрами швидкості  $\vartheta_i$  та кількості випусків  $n_{i,d}$  на маршруті в порівнянні із зимовим та літнім сезонами року;
- $D_k$  — вид дня ( $k = 1, \dots, 4$ ):
- робочий ( $D_1$ ). Характеризується високим пасажиропотоком в години «пік» і відносно невисокою завантаженістю машин в інші інтервали часу;
  - суботній ( $D_2$ ). Характеризується невисоким пасажиропотоком, який незначно змінюється протягом дня;
  - недільний ( $D_3$ ). Характеризується відносно середнім пасажиропотоком, який незначно змінюється протягом дня;
  - святковий ( $D_4$ ). Характеризується високим пасажиропотоком, який зростає в вечірні години і залишається майже сталим до заїзду вагонів у депо (час заїзду вагонів в депо збільшується);
- $t_q$  — часовий інтервал ( $q = 1, \dots, 5$ ). Може приймати такі значення:
- $5^{00}$ — $7^{00}$  — ранковий час ( $t_1$ ). Характеризується малим пасажиропотоком, при цьому збільшується швидкість  $\vartheta_i$  проходження  $L_i$ , а також зменшується час перебування вагона на зупинках;
  - $7^{00}$ — $11^{00}$  — ранковий час «пік» ( $t_2$ ). Характеризується великим пасажиропотоком, швидкість  $\vartheta_i$  проходження  $L_i$  зменшується, збільшується час перебування на зупинках, збільшується кількість машин  $n_{i,d}$  на маршруті, зменшується інтервал  $I_i$  між приходом машин на зупинки;
  - $11^{00}$ — $16^{00}$  — обідній час ( $t_3$ ). Характеризується зменшенням пасажиропотоку, зменшується кількість машин  $n_{i,d}$  на маршруті (машини стають на обід, в депо заходять наскрізні та однозміні випуски), збільшується інтервал  $I_i$  між приходом машин на зупинки;
  - $16^{00}$ — $20^{00}$  — вечірній час «пік» ( $t_4$ ). зується зростанням пасажиропотоку, збільшенням кількості машин  $n_{i,d}$  на маршруті (виходять з депо наскрізні випуски), зменшенням  $I_i$  між приходом машин на зупинки;
  - $20^{00}$ — $23^{00}$  — вечірній час ( $t_5$ ). Характеризується зменшенням пасажиропотоку — машини дять в депо.

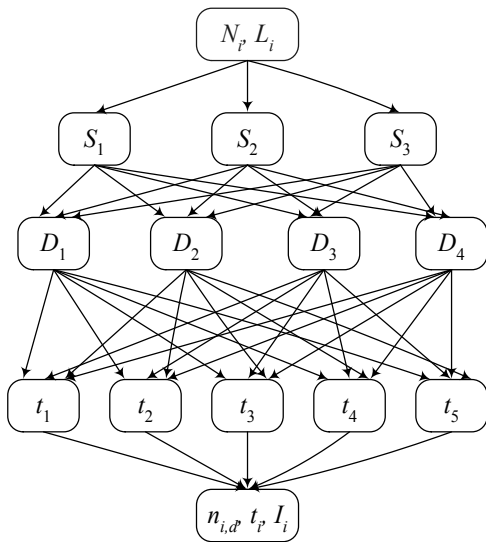


Рис. 1. Граф визначення параметрів руху електротранспорту

За таких умов узагальнена модель вибору параметрів руху матиме вигляд

$$\{n_{i,d}, t_i, I_i\} = f(S_j, D_k, t_q), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1 \dots 4; \quad q = 1 \dots 5. \quad (1)$$

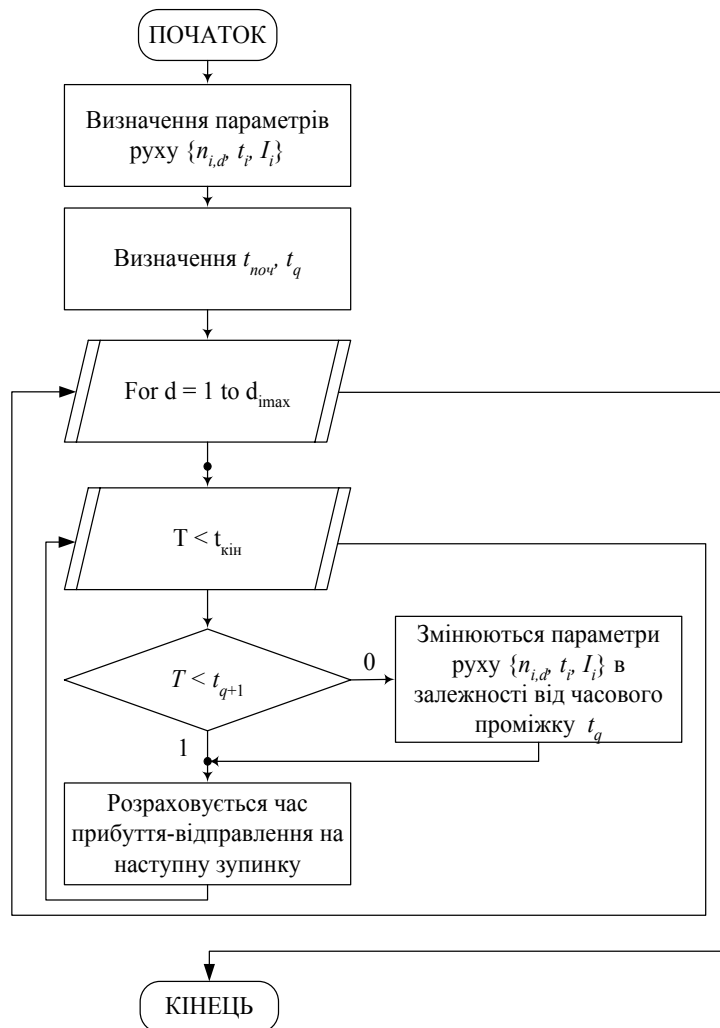


Рис. 2. Алгоритм функціонування програми проектування розкладу руху для  $i$ -го маршруту електротранспорту, який реалізує модель (1)

гальнену модель функціонування електротранспорту.

2. Побудовано алгоритм функціонування програми проектування розкладу руху електротранспорту, який реалізує запропоновану модель.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Комплекс задач «Составление маршрутных расписаний движения». Описание поставки и алгоритм решения комплекса задач. — Минск: Научно-производственное объединение «Жилкомунтехника», 1991. — 91 с.
2. «Merakas» Ltd. Разработка программ для планирования и учета движения общественного транспорта: PIKAS 2002. Программная система для составления и оптимизации расписаний движения общественного пассажирского транспорта. — [http://www.merakas.lt/pikas\\_rus.htm#nowhere](http://www.merakas.lt/pikas_rus.htm#nowhere)

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 31.03.05  
Рекомендована до друку 26.05.05

**Мокін Борис Іванович** — професор кафедри моделювання та моніторингу складних систем, **Розвдюк Михайло Петрович** — старший викладач кафедри електромеханічних систем автоматизації, **Сторчак Володимир Григорович** — студент Інституту електроенергетики, екології та електромеханіки

Вінницький національний технічний університет

Алгоритм функціонування програми проектування розкладу руху електротранспорту для  $i$ -го маршруту, який реалізує модель (1), матиме вигляд, зображений на рис. 2.

Після розрахунку розкладу руху для окремо взятого маршруту, здійснюється його корегування з урахуванням розкладів руху для інших маршрутів, тобто розробляється суміщений розклад, що складається для всіх маршрутів. Для зручності обробки інформації суміщений розклад складається для окремо взятого контрольного пункту, в певному напрямку. Він складається для об'єктивнішого визначення кількості машин на маршрутах та інтервалу між ними. Крім того, оператор може відслідковувати час прибуття різних маршрутів на одну й ту ж станцію, не допускаючи приїзду на одну станцію двох або більше машин одночасно. Це важливо для рівномірної та більш-менш повної завантаженості машин.

## Висновки

1. Запропоновано принцип побудови розкладу руху електротранспорту та розроблено уза-