

УДК 656.225

*Д-р техн. наук В.І. Бобровський,
канд. техн. наук Д.Н. Козаченко (УкрДАЗТ),
асп. Р.В. Вернигора (ДІІТ)*

БАЗОВА МОДЕЛЬ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ В ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЯХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

Програмою реструктуризації залізничного транспорту України передбачено ряд заходів, спрямованих на приведення технічного оснащення залізниць у відповідність до нових умов роботи: введення швидкісного руху, організація транспортних коридорів, концентрація сортувальної роботи та ін. Масштабність цих заходів висуває підвищені вимоги до якості проєктних рішень. Тому для об'єктивної техніко-економічної оцінки конкурентних варіантів необхідні математичні моделі транспортних систем. Ефективність функціонування залізничного транспорту значною мірою залежить від якості роботи станцій та вузлів, які є одними з найважливіших елементів транспортної інфраструктури країни. З огляду на значну складність технологічних процесів функціонування залізничних станцій і вузлів, побудувати їх адекватні моделі можна тільки на основі імітаційного моделювання на ЕОМ. Слід зазначити, що використання імітаційного моделювання для дослідження роботи залізничного транспорту має досить велику історію (див., наприклад, [1-5]). Однак розроблені раніше моделі, як правило, орієнтовані на вирішення вузькоспеціалізованих задач і в багатьох випадках – тільки для конкретної станції. Через те що розроблення подібних моделей вимагає значних витрат коштів і часу, імітаційне моделювання для підтримки прийняття рішень у практичній діяльності інженерно-технічних працівників залізниць не одержало широкого розповсюдження. Для корінної зміни цього стану необхідно розробити комплекс універсальних моделей, які дозволять вирішувати широке коло практичних задач і не потребують спеціальних знань у галузі програмування ЕОМ. Подібні роботи в наш час проводяться на кафедрі станцій та вузлів ДІІТу.

Залізнична станція являє собою складну систему масового обслуговування, що складається з множини різних елементів, які у процесі роботи тісно взаємодіють між собою. Для побудови імітаційних моделей залізничних станцій, орієнтованих на вирішення задач різного класу, повинен бути розроблений комплекс таких базових моделей:

- модель колійного розвитку станції (МКР), яка використовується для представлення геометричних параметрів її плану, відображення поточного стану стрілочних переводів і положення рухомого складу на коліях станції;
- модель електричної централізації стрілок і сигналів, яка використовується для моделювання технологічних функцій станційних систем автоматики і телемеханіки, що забезпечують регулювання руху поїздів і маневрових составів;
- модель технологічного процесу, яка містить дані про об'єкти, що обслуговуються на станції (локомотиви, поїзди, состави), і використовується для моделювання комплексу операцій їх обробки;
- модель системи оперативного керування роботою станції, яка імітує дії диспетчерського персоналу;
- інформаційна модель, яка використовується для контролю поточного стану станції і передачі керівних команд.

Перераховані моделі побудовані на єдиній методологічній основі і реалізовані у вигляді окремих модулів; набір модулів, що включаються в програму для імітації роботи станції, визначається характером поставленої задачі.

У даній статті викладено основні принципи побудови однієї з базових моделей зазначеного комплексу – моделі колійного розвитку станцій. Ця модель повинна забезпечувати інформацією взаємодіючі з нею моделі комплексу, а також реалізовувати необхідні керівні команди. Зокрема, МКР повинна надавати таку інформацію:

- стан і положення стрілочних переводів;
- стан колійних ділянок;
- положення об'єктів на коліях станції;
- параметри маршрутів руху об'єктів.

Крім того, МКР повинна сприймати такі керівні команди:

- встановити стрілку в задане положення;
- помістити новий об'єкт на колійну ділянку;
- виключити об'єкт із моделі колійного розвитку;
- перемістити об'єкт на задану відстань у заданому напрямку.

Для реалізації вказаних функцій МКР включає геометричну модель плану колійного розвитку (ГМКР) і модель зайняття колійних ділянок (МЗК).

Геометрична модель побудована на основі орієнтованого зваженого графа $G(V, E)$ [6] і відображає склад елементів станції (ділянки колій, стрілочні переводи, світлофори, кінці колій, ізольовані стики), їх взаємозв'язки, геометричні розміри та поточний стан. В оргграфі G виділено чотири підмножини вершин: V^S, V^C, V^W, V^Z . Вершини $v_i \in V^S$ відповідають центрам стрілочних переводів (ЦП); вершини $v_j \in V^C$ – світлофорам (СВ); вершини $v_l \in V^W$ – кінцям колій (КК), вершини $v_k \in V^Z$ – ізольованим стикам (ІС). Для розділу множини вершин оргграфа G на підмножини кожній з них виділено непересічні групи номерів: $N^S = \{1, 2, \dots, 99\}$, $N^C = \{101, 102, \dots, 199\}$, $N^W = \{201, 202, \dots, 299\}$, $N^Z = \{301, 302, \dots, 399\}$.

Дугам оргграфа $e \in E$ поставлені у відповідність ділянки колій між окремими вершинами.

Оргграф G у пам'яті ЕОМ представляється списком дуг. При цьому кожна дуга оргграфа позначається упорядкованою парою вершин $e = (v \rightarrow u)$, де v – початкова, а u – кінцева вершини; при цьому прийнято, що всі дуги орієнтовані зліва направо.

Оргграф $G(V, E)$ є зваженим; кожна вершина підмножини $v_i \in V^S$ характеризується списком параметрів:

$$X^S = (s, q_s, t, e_1, e_2, e_3),$$

де s – положення стрілки;

q_s – напрямок укладання стрілочного перевodu (пошерсний перевід – $q_s = 0$, протишерсний – $q_s = 1$);

t – ідентифікатор стрілочного перевodu, що визначає його технічні параметри;

e_1, e_2, e_3 – дуги графа, що інцидентні даній вершині та відповідають ділянкам колій у напрямках рамних рейок, прямої і бокової колій хрестовини.

Для вершин $v_j \in V^C$ повинен бути заданий напрямок відповідного світлофора q_c (парний світлофор – $q_c = 0$, непарний – $q_c = 1$):

$$X^C = (q_c).$$

Кожній дузі оргграфа $e \in E$ поставлено у відповідність список параметрів:

$$Y = (l, N_k),$$

де l – довжина ділянки колії, м;

N_k – номер колії відповідно до прийнятої на станції нумерації.

Нижче для прикладу наведено фрагмент схеми станції і відповідний їй оргграф $G(V, E)$ (рис. 1).

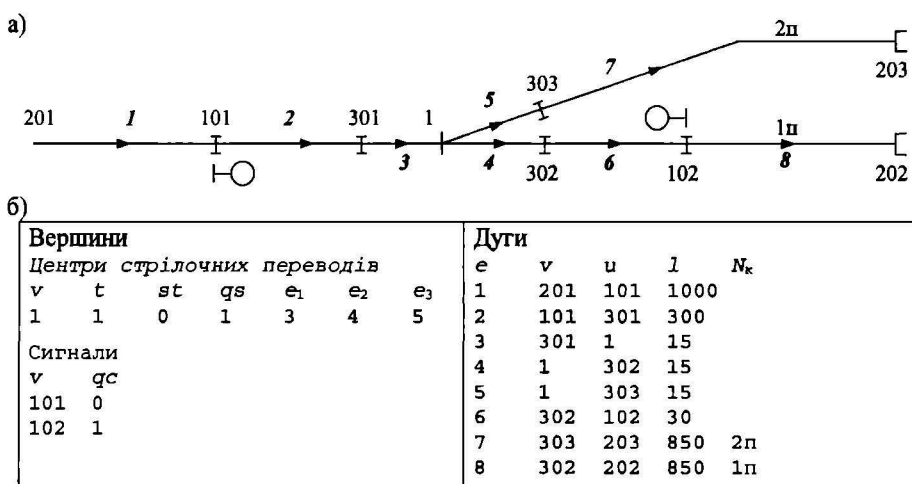


Рис. 1. Геометрична модель колійного розвитку станції:
а) схема колійного розвитку; б) оргграф $G(V, E)$

МЗК містить відомості про поточне положення об'єктів рухомого складу на коліях станції. Це дозволяє контролювати фактичний стан кожної колійної ділянки (зайнята/вільна), ідентифікувати розташовані на ній об'єкти і моделювати їх рух.

Для реалізації МЗК використовується динамічно поновлюваний список, кожний з елементів якого є структурою:

$$Q = (N_{\text{кл}}, N_{\text{об}}, l, d),$$

де $N_{\text{кл}}$, $N_{\text{об}}$ – відповідно, номер зайнятої колійної ділянки та ідентифікатор об'єкта, що знаходиться на ній;

l – відстань від правого кінця об'єкта до кінця колійної ділянки (згідно з прийнятою орієнтацією графа), м;

d – довжина відрізка колії, що зайнятий об'єктом $N_{\text{об}}$ на колійній ділянці $N_{\text{кл}}$, м.

Для прикладу на рис. 2 показане розміщення двох об'єктів довжиною, відповідно, 25 і 15 м на двох колійних ділянках 1 і 2, а також наведено список структур Q для представлення даної ситуації в МЗК.

Для імітації переміщення об'єктів, а також для їх включення та виключення з МЗК у дискретні моменти системного часу здійснюється оновлення моделі. Наприклад, з появою поїзда на підході до станції він включається в МЗК, а після розформування – виключається з моделі.

Модель колійного розвитку станцій реалізована у вигляді візуального компонента Builder C++, побудованого з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. При розробленні імітаційної моделі станції необхідно додати зазначений компонент до головного програмного модуля і відповідно до викладеної методики підготувати файл вихідних даних для

побудови ГМКР станції. Цей файл може бути створений за допомогою програми автоматизованого проектування станцій [6].

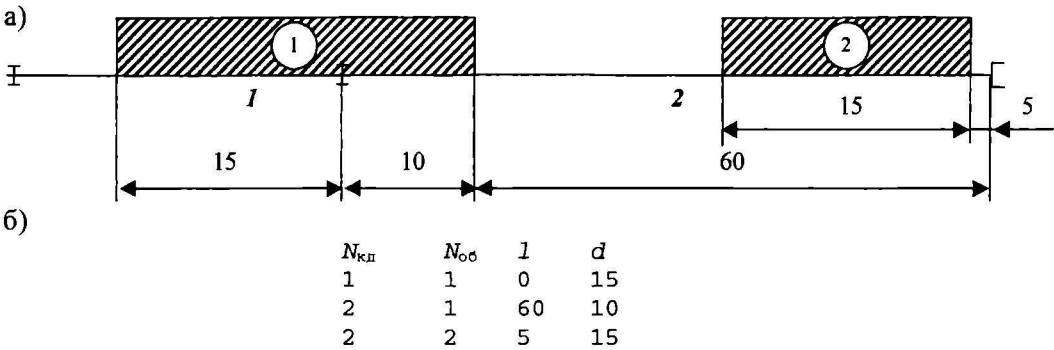


Рис. 2. Фрагмент моделі зайняття колій:

а) схема зайняття колійних ділянок;

б) представлення моделі у вигляді списку структур Q

Розроблена методика побудови МКР є універсальною і може бути застосована до схем будь-яких залізничних станцій. При необхідності детального моделювання переміщень рухомого складу з використанням диференціальних рівнянь руху (наприклад, відчепів на сортувальних гірках) у МКР включають дані про повздовжній профіль колій.

Дана методика була апробована при побудові МКР великої сортувальної станції для імітаційного тренажера ДСП [7]. Експлуатація тренажера на станції підтвердила ефективність розробленої моделі. Ця ж модель була також використана при створенні автоматизованої системи підтримки прийняття рішень оперативним і технічним персоналом сортувальної станції, що підтвердило її універсальність.

Список літератури

1. Таль К.К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станций и узлов // Межвуз. сб. научн. тр. - Вып. 47. - М.: ЦНИИС, 1971. - С. 56 - 96.
2. Персианов В.А., Скалов К.Ю., Усков Н.С. Моделирование транспортных систем. - М.: Транспорт, 1972. - 208 с.
3. Лещинский Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: Пер. с польск. - М.: Транспорт, 1977. - 176 с.
4. Пособие по расчету станций методом моделирования на ЕС ЭВМ. - М.: ЦНИИС, 1984. - 110 с.
5. Нагорний Є.В., Альошинський Є.С. Економіко-математична модель функціонування логістичного ланцюга транспортного комплексу "Сортувальна станція – прилеглі ділянки" // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. 2000. - Вип. 42. - С. 51-57.

6. Бобровський В.І., Козаченко Д.М. Інтегрована система структурно-параметричних моделей залізничних станцій // Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 53. – С. 107-114.

7. Бобровский В.И., Вернигора Р. В. Повышение качества обучения оперативно-диспетчерского персонала железнодорожных станций с использованием компьютерных тренажеров // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія “Транспортні системи і технології”. – К.: КУЕТТ, 2003. – Вип. 3. – С. 54-61.