УДК 656.02

В.П. СЛАВИЧ
Херсонський національний технічний університет

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СВІТЛОФОРНОЮ СИГНАЛІЗАЦІЄЮ ПЕРЕХРЕСТЯ ІЗ РОЗТАШОВАНИМ НА ОДНОМУ З ПІДХОДІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПЕРЕЇЗДОМ

Запропоновано систему управління світлофорною сигналізацією для таких типів перехресть, на одному з підходів яких розташовано залізничний переїзд. Завдяки такій системі управління світлофорна сигналізація перехрестя здатна працювати у двох різних режимах регулювання, в залежності чи дозволений або заборонений рух через зазначений залізничний переїзд, з метою зменшення черг транспортних засобів, що досягається шляхом перенаправлення потоків.

Ключові слова: світлофорна сигналізація, транспортні черги.

V.P. SLAVICH
Kherson National Technical University

THE TRAFFIC LIGHT CONTROL SYSTEM OF CROSSROADS WITH LOCATED RAILROAD CROSSINGS IN ONE OF THE APPROACHES

Abstract

The article focuses on the traffic light control system alarms for these types of intersections, one of the approaches which are railway crossing. With this control system signaling traffic lights intersection can operate in two different modes of regulation, depending on whether allowed or denied movement at the specified railway crossing, in order to reduce traffic queues, achieved by redirecting flows.

Keywords: traffic light signaling, transport queues.

Вступ

Необхідний розвиток транспортних систем, а отже і вирішення багатьох проблем транспортних мереж, неможливо здійснити без створення і вдосконалення прикладних методів, моделей і ефективних алгоритмів управління транспортними системами.

Постановка проблеми

Проблеми моделювання транспортних потоків з кожним роком тільки набувають своєї важливості, адже на дорогах невпинно збільшується кількість транспортних засобів, що неодмінно призводить до актуальності задач розв’язання таких важливих проблем, як транспортні затори та транспортні черги.

На сьогоднішній день у містах майже не існує громадян, у яких таким чи іншим чином не виникає постійних та, що особливо важливо, кількісно динамічно зростаючих з часом труднощів від транспортних черг та заторів, оскільки з транспортом пов’язані майже усі сфери людської життєдіяльності.

Актуальність роботи зумовлена тим, що при правильній роботі світлофора залежить дорожній стан на перехресті: кількість ДТП, довжина черги транспортних засобів. Особливо це стосується такого типу перехресть, за яким розташований залізничний переїзд, оскільки у часи наявності потягу концентрація транспортних засобів перехрестя значно збільшується, що у свою чергу призводить до появи заторів.

У результаті проведеного аналізу з’ясовано, що одним з чинників появи заторів на перехресті є наявність на одному з підходів регульованого залізничного переїзду. Оскільки в часи руху потягу збільшується кількість транспортних засобів, зростає довжина черг, тому на таких перехрестях доцільно вводити інтелектуальну світлофорну сигналізацію, яка могла б у часи руху потяга працювати у спеціальному режимі, що дозволяє перенаправити транспортні потоки в інші напрями.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є розробка системи управління світлофорною сигналізацією спеціального типу перехресть, на одному з підходів якого розташований залізничний переїзд. Завдяки такій системі управління світлофорна сигналізація перехрестя здатна працювати у двох різних режимах регулювання, в залежності чи дозволений або заборонений рух через зазначений залізничний переїзд, з метою зменшення черг транспортних засобів, що досягається шляхом перенаправлення потоків.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розглянемо модель світлофорного регулювання класичного перехрестя. На рис. 1 зображене таке перехрестя Х – образного вигляду, яке обладнано світлофорною сигналізацією, дорожними знаками, а на четвертому (для прикладу) підході розташований регульований залізничний переїзд.

Введемо необхідні для подальших розмірковувань параметри моделі:

P_i – транспортні потоки;

N_i – інтенсивність потоку;

i – номер потоку.

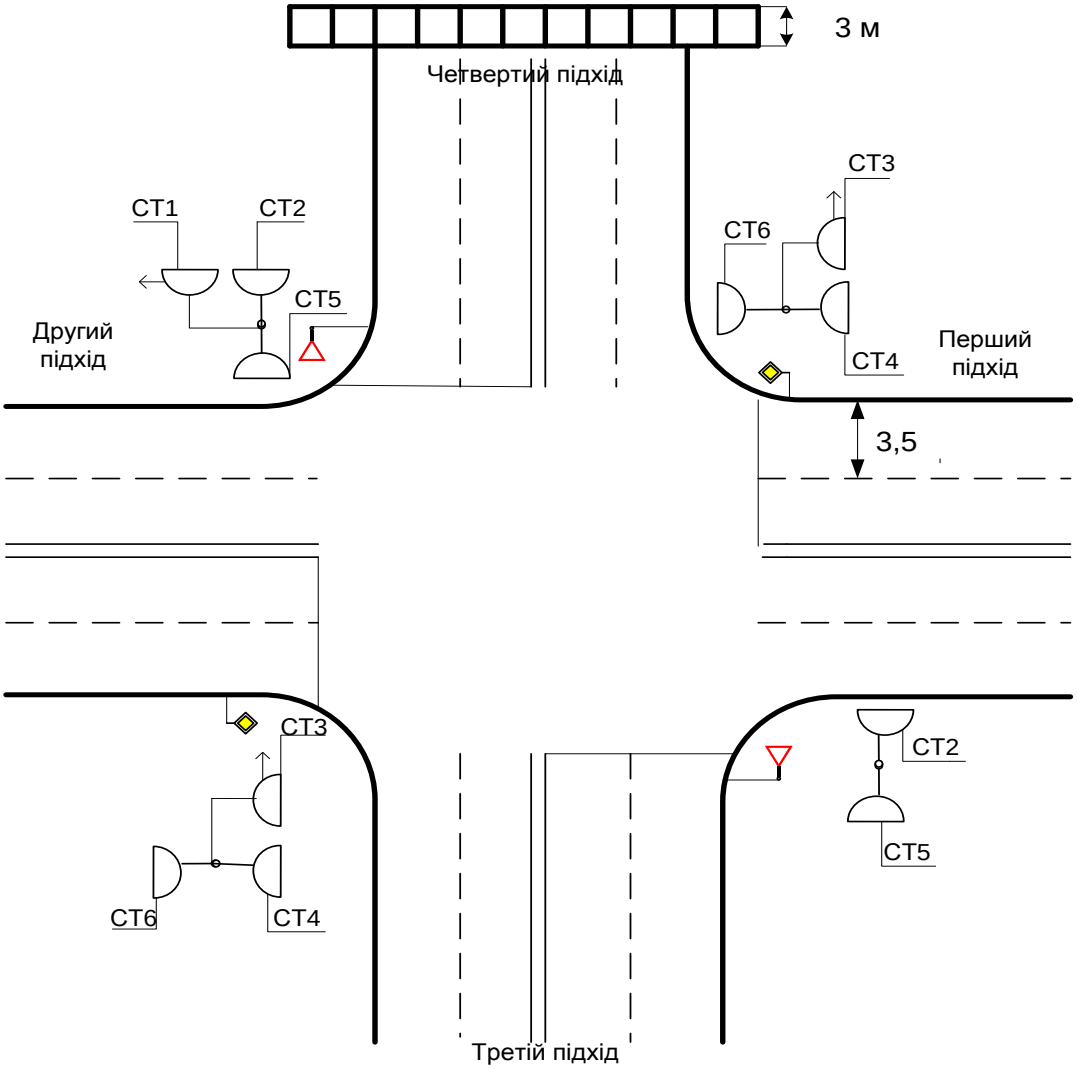

Рис. 1. Схема перехрестя

Умовні позначення:

– транспортний світлофор

– транспортний потік

– додаткова секція зі стрілкою

– дорожні знаки

СТ – транспортний світлофор

Світлофорна сигналізація буде працювати у двох режимах, один з яких є класичним, а інший – спеціальним режимом, що буде включатись у випадку наявності потягу на переїзді.

Позначимо такі режими відповідно:

$R_{в.п.}$ – режим при відчиненому переїзді;

$R_{з.п.}$ – режим при зачиненому переїзді.

Для кожного режиму слід задати свій цикл горіння світлофора.

Позначимо тривалість горіння світлофора відповідно:

$C_{кл}$ – в режимі $R_{в.п.}$;

$C_{пот}$ – в режимі $R_{з.п.}$.

На рис. 2 наведено картограму напрямів руху.

У певний момент часу переїзд зачиняється, виникає необхідність змінити режим регулювання. Існує розклад руху потягів, який визначає інтервали часу зачинення переїзду.

Нехай:

t_{i1} – початок руху і-го потягу через переїзд;

t_{i2} – кінець руху і-го потягу через переїзд.

Задамо період найбільш інтенсивного руху у вигляді проміжку часу $[t_{поч}; t_{кін}]$. Подальші розмірковування будуть викладені саме для такого відрізку, оскільки у випадках, коли поточний час знаходиться за межами цього відрізку, використання подвійного режиму регулювання не є доцільним внаслідок малої кількості автомобілів.

На рис. 3 показано часову координатну вісь, де заштрихованими відрізками позначено часи, у які залізничний переїзд зачинено.

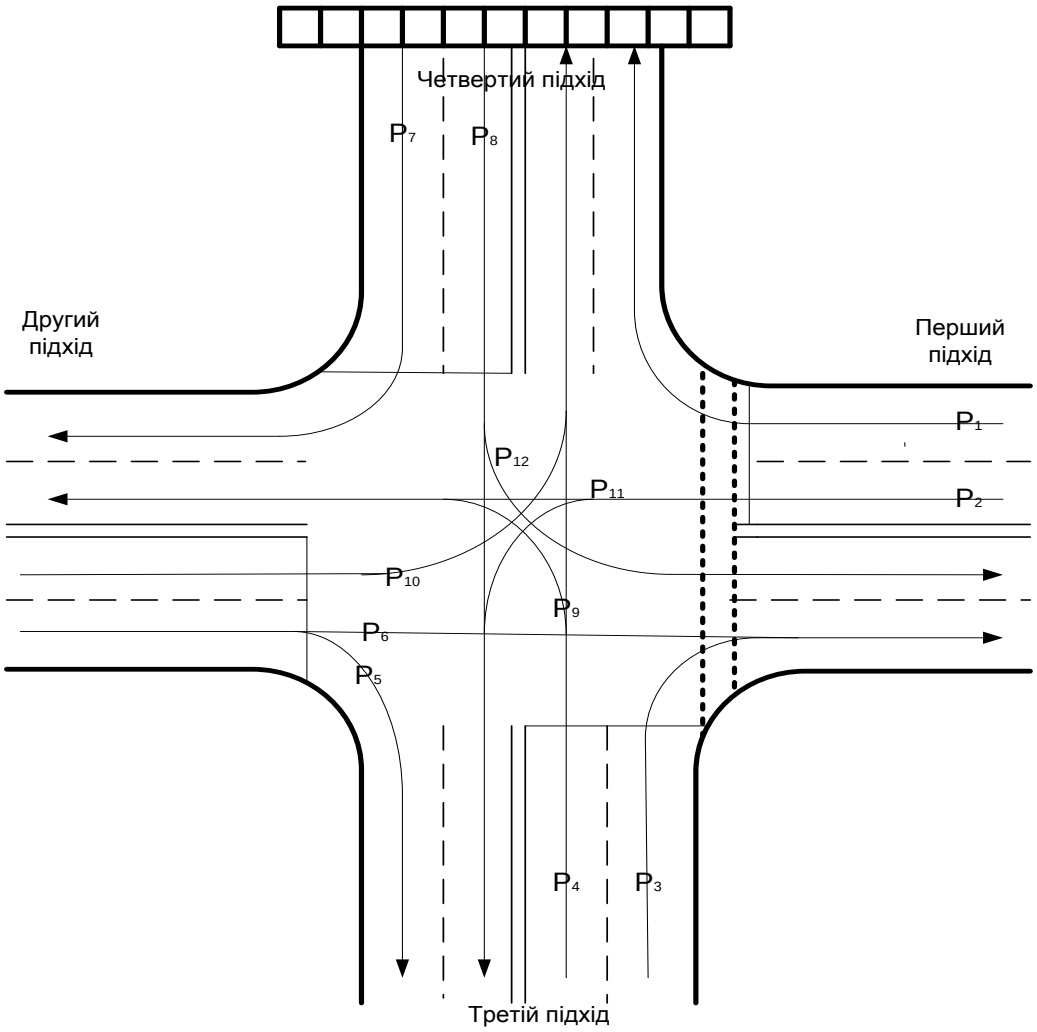

Рис. 2. Епюра напрямків руху на перехресті

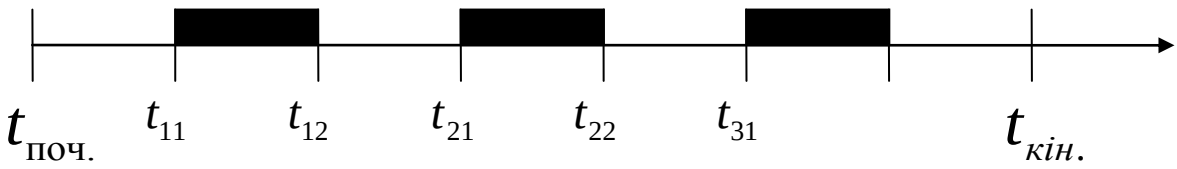

Рис. 3. Інтервали часу роботи залізничного переїзду

Для доцільного функціонування режимів необхідно ввести додаткові секції світлофора, що допоможе забезпечити ефективне регулювання.

Головною задачею є зменшення черги транспортних засобів на певних напрямках руху при зачиненому переїзді. Це можливо досягти за допомогою перенаправлення транспортних потоків, що прямували на залізничний переїзд, в інші напрямки, а також за допомогою корегування тривалостей фаз шляхом зменшування тривалості горіння дозоляючого сигналу при прямуванні на залізничний переїзд у часи його зачинення.

Отже, необхідно визначити умови, за яких на перехресті буде обиратись той чи інший режим роботи світлофорної сигналізації. Для поточного параметру часу слід задати граничні інтервали, що відповідають кожному з режимів.

Такі умови зміни режимів регулювання визначає наступна система:

$$R = \begin{cases} R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{поч.} \le t < t_{пот.1} \\ R_{з.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.1} \le t \le t_{від.пот.1} \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.1} < t \le t_{від.пот.1} \\ R_{з.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.2} \le t \le t_{від.пот.2} \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{від.пот.1} \le t < t_{пот.2} \\ R_{з.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.3} \le t \le t_{від.пот.3} \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.2} < t \le t_{від.пот.2} \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{від.пот.2} \le t < t_{пот.3} \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.3} < t \le t_{від.пот.3} \\ \ldots \\ R_{в.п}, & \text{якщо} \quad t_{від.пот.n} \le t \le t_{кін.} \\ R_{з.п}, & \text{якщо} \quad t_{пот.n} \le t \le t_{від.пот.n} \end{cases} \tag{1}$$

Оскільки в загальному випадку кількість циклів, що припадає на граничний інтервал, не є цілим числом, тому необхідно ввести умови обмеження для часу включення кожного режиму світлофорної сигналізації, що визначають належність зазначеного циклу до певного часового інтервалу. Такі умови будуть визначатись наступними відношеннями:

$$t_{від.пот.1} = t_{12} + \left(\frac{t_{12} - t_{пот.1}}{C_{пот}} - \left[\frac{t_{12} - t_{пот.1}}{C_{пот}} \right] \right);$$

$$t_{пот.1} = t_{11} + \left(\frac{t_{11} - t_{поч}}{C_{кл}} - \left[\frac{t_{11} - t_{поч}}{C_{кл}} \right] \right);$$

$$t_{\text{від.пот.2}} = t_{22} + \left(\frac{t_{22} - t_{\text{пот.2}}}{C_{\text{пот}}} - \left[\frac{t_{22} - t_{\text{пот.2}}}{C_{\text{пот}}} \right] \right);$$

$$t_{\text{пот.2}} = t_{21} + \left(\frac{t_{21} - t_{\text{від.пот.1}}}{C_{\text{кл}}} - \left[\frac{t_{21} - t_{\text{від.пот.1}}}{C_{\text{кл}}} \right] \right);$$

$$t_{\text{від.пот.3}} = t_{32} + \left(\frac{t_{32} - t_{\text{пот.3}}}{C_{\text{пот}}} - \left[\frac{t_{32} - t_{\text{пот.3}}}{C_{\text{пот}}} \right] \right); \quad (2)$$

$$t_{\text{пот.3}} = t_{31} + \left(\frac{t_{31} - t_{\text{від.пот.2}}}{C_{\text{кл}}} - \left[\frac{t_{31} - t_{\text{від.пот.2}}}{C_{\text{кл}}} \right] \right);$$

…;

$$t_{\text{від.пот.n}} = t_{n2} + \left(\frac{t_{n2} - t_{\text{пот.n}}}{C_{\text{пот}}} - \left[\frac{t_{n2} - t_{\text{пот.n}}}{C_{\text{пот}}} \right] \right);$$

$$t_{\text{пот.n}} = t_{n1} + \left(\frac{t_{n1} - t_{\text{від.пот.n}}}{C_{\text{кл}}} - \left[\frac{t_{n1} - t_{\text{від.пот.n}}}{C_{\text{кл}}} \right] \right).$$

Тоді вибір режиму світлофорного регулювання описується наступною залежністю:

$$R = \begin{cases} R_{\text{в.п.}}, & \text{якщо} \quad t \in \left[t_{\text{пот.1}}, t_{\text{пот.2}}, t_{\text{пот.3}}, \ldots, t_{\text{пот.n}} \right] \\ R_{\text{з.п.}}, & \text{якщо} \quad t \in \left[t_{11}, t_{21}, t_{31}, \ldots, t_{n1} \right] \end{cases}. \quad (3)$$

Висновки

Таким чином, одним із чинників появи заторів на перехресті є наявність на одному з підходів регульованого залізничного переїзду, оскільки в часи руху потягу збільшується кількість транспортних засобів, зростають довжини транспортних черг. Тому для таких перехресть розроблено систему управління світлофорною сигналізацією, що здатна в часи руху потягу працювати у спеціальному режимі, що дозволить перенаправити транспортні потоки в інші напрями, тим самим зменшуючи транспортні черги.

Список використаної літератури

1. Брайловский Н.О. Моделирование транспортных систем / Брайловский Н.О., Грановский Б.И. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д.; [Пер. с англ. М.: Транспорт] 1972. – 423 с.
3. Иносэ Х. Управление дорожным движением / Иносэ Х., Хамада Т. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
4. Капитанов В.Т. Управление транспортными потоками в городах. М.: Транспорт / Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. 1985. – 94 с.
5. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Клинковштейн Г.И. [Учебник для автомобильно-дорожных вузов и факультетов] – М., «Транспорт», 2001. – 192 с.
6. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
7. Смирнов Н.Н. Математическое моделирование автотранспортных потоков / Смирнов Н.Н., Киселев А.Б., Никитин В.Ф., Юмашев М.В. // мех-мат МГУ, 1999. – 191 с.
8. Собакар А.О. Основи безпеки дорожнього руху: Навч. посіб./ Собакар А.О., Холмянський ЯД., Тараненко С.М. За ред. В.М. Бесчастного – Л.: Знання, 2007 –312 с.
9. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения / Хомяк Я.В. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с.