

1. Черепанов В.А. Транспорт в градостроительстве. – М.: Стройиздат, 1964. – 273 с.
2. Рэнкин В., Клафи П., Халберт С. и др. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
3. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения: – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.

Отримано 29.06.2004

УДК 656.13.022

В.І.СРЕСОВ, канд. техн. наук

Національний транспортний університет, м.Київ

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ У МІСТАХ

Викладена концепція удосконалення сучасних транспортних технологій управління міста, зокрема – координованого регулювання на базі подальшої інтелектуалізації існуючих автоматизованих систем управління дорожнім рухом. Пропонуються алгоритмічні і апаратні пропозиції для реалізації принципу пасивної координації світлофорних об'єктів, що полягає в оперативному розрахунку поточного фазового зсуву сигналів в агрегаті, що складається з двох сусідніх регульованих перехресть і перегону між ними. При цьому зберігаються розрахункові оптимальні значення режимів світлофорного регулювання на перехрестях агрегату, тобто цикли регулювання можуть бути неоднаковими. Розглядаються й оцінюються перспективи застосування принципу пасивної координації в лінійному і мережному управлінні рухом транспортних потоків.

Негативні наслідки автомобілізації останнім часом охопили більшість розвинених у промисловому відношенні країн. У зв'язку з цим виникає ряд серйозних проблем економічного, соціального й екологічного характеру. Особливо характерні ці проблеми для великих міст. Одним з шляхів комплексного рішення цих проблем є підвищення ефективності функціонування транспортної системи в цілому за рахунок застосування новітніх технологій, подальша інтелектуалізація систем і методів автоматизованого управління дорожнім рухом. Основним методом такого управління сьогодні є світлофорне регулювання на перехрестях ВДМ міст. Світлофорне регулювання на перехрестях існує і розвивається з початку ХХ ст. У процесі його удосконалення з'явилися системи координованого керування на магістралях, що забезпечили значне підвищення швидкості і скорочення затримок. У даний час у найбільших містах світу функціонують автоматизовані системи управління дорожнім рухом (АСУДР).

Координоване управління, що є технологічною базою більшості існуючих АСУДР, засноване на максимальному використанні періодичного характеру руху транспортного потоку ТП. Технологія

координованого управління формує випадково виникаючі групи транспортних засобів (ТЗ) у динамічно однорідні групи, перетворюючи хаотичний рух в періодичний, що сприяє зменшенню можливості виникнення критичних ситуацій, послаблює психофізіологічну напругу учасників руху.

З другого боку, сам метод координованого регулювання містить цілий ряд методичних недоліків, що позначаються на якості керування. Здебільшого існуючі методи координованого регулювання здійснюють регулюючий вплив тільки на потоки, що рухаються по магістральному напрямку в межах стрічки невинного руху, у той час як на магістральні перегони попадають і так звані “позапачкові” ТЗ, що роблять праві і ліві повороти на магістраль координації з другорядних напрямків. Вплив цих “позапачкових” автомобілів на режим координації й на затримки, як правило, не враховується, хоча він є дуже істотним. Тому здається перспективною розробка новітніх технологій керування дорожнім рухом, вільних від обмежуючих принципів “зеленої хвилі” – рівності циклів світлофорного регулювання на всіх перехрестях системи і сталості в часі фазових зрушень на її перегонах.

У цьому плані має сенс звернути увагу на ряд публікацій, що відносяться до даної проблеми й опублікованих у різний час вітчизняними і закордонними авторами [1-3]. Так, з метою підвищення ефективності координованого керування світлофорною сигналізацією А.С.Рибіним, Б.А.Казанцевим і Ю.М.Аврутиним запропонована система гнучкої інформації водія про швидкість руху при координованому регулюванні, заснована на вказівці не розрахункової швидкості руху, а швидкості, що рекомендується для різних моментів поточного часу. Інформаційні світлові табло, що указують швидкість, встановлюються за кожним регульованим перехрестям на відстані 20-40 м від нього. Вибір кількості і величини швидкостей руху, що рекомендуються, а також моментів їхнього ввімкнення і вимикання здійснюється за спеціальним графіком регулювання. В момент вимикання однієї швидкості руху, що рекомендується, включається чергова. Таким чином, водій у будь-який момент часу проїзду перехрестя буде інформований про швидкість руху, що рекомендується.

Світлові табло з вказівкою рекомендованої швидкості застосовуються й в інших цілях. Так, у Дюссельдорфі (Німеччина) світлові табло були використані для невинного введення транспортних засобів у “зелену хвилю”. Невпинний проїзд транспортних засобів через перше перехрестя в системі координованого регулювання за принципом “зеленої хвилі” забезпечувався спеціаль-

ною електронною системою управління.

Дуже цікавим представляється прийом влаштування так званої “транспортної лійки” [1], що дозволяє керувати щільністю транспортного потоку на перегоні, що особливо актуально в аспекті впливу на процес розпаду (дифузії) пачок ТЗ на перегонах.

Однак “Система гнучкої інформації” [2], як випливає з тексту статті, прив'язана до твердого графіка координації з усіма властивими такому підходу вищезгаданими недоліками і призначена, очевидно, тільки для позапачкових ТЗ. Системи “З передсигналами” і “З показниками швидкості” [1], у свою чергу, розглядаються як локальні, використання яких спрямоване на підвищення пропускної здатності окремого перехрестя. З цих міркувань приведені вище методики [1, 2] можуть розглядатися як оригінальні, оскільки керуючі уставки (рекомендовані швидкості) є функціями поточного часу, тобто мова йде про гнучке керування.

Необхідно відзначити, що в літературі відсутній математичний опис усіх трьох методів, і тому їх реалізація вимагає додаткових досліджень. Проте, сам факт зміни завдання швидкості руху протягом циклу регулювання і створення “транспортної лійки” варто вважати новим і перспективним. У цьому аспекті становить інтерес ще одна публікація [3], де пропонується оригінальний принцип керування дорожнім рухом, названий пасивною координацією.

Як відомо, сучасні АСУДР покликані здійснювати оптимальне керування транспортними потоками на магістралях, в окремих районах чи у загальноміському масштабі. При цьому, як правило, керуючі впливи в існуючих системах замикаються на об'єкт керування за допомогою світлофорної сигналізації. Класичним прикладом можуть служити популярні системи координованого регулювання (СКР), що входять в АСУДР як підлегли. Оптимізація в цьому випадку зводиться до оперативної корекції діючих програм координації стосовно тривалостей фаз і циклу регулювання.

Однак принцип побудови таких СКР диктує умова рівності (кратності) циклів регулювання на всіх перехрестях, причому використовується найбільша з розрахункових величина тривалості циклу. Очевидно, що при такому підході оптимально у відношенні затримки буде функціонувати тільки ключове перехрестя, у той час як на інших тривалість циклу буде завищеною. Внаслідок цього зростають транспортні втрати, викликані затримками на неключових перехрестях і, як показує досвід, найчастіше після впровадження СКР транспортні втрати зростають у порівнянні з ізольованим регулюванням.

Якщо розглянути агрегат (рисунок), що включає два регульованих перехрестя і з'єднуючий їх перегін, то, знаючи тривалості циклів, у будь-який момент часу можна розрахувати значення динамічного фазового зрушення Θ , тобто інтервалу між початками зелених сигналів на суміжних перехрестях у функції поточного часу t . У загальному вигляді вираз для динамічного фазового зрушення $\Theta_{i, i+1}$ у напрямку від перехрестя i до перехрестя j запишеться так:

$$\Theta_{i, i+1} = (T^*/2\pi) \text{Arcsin} (2\pi / T^*) t, \quad (1)$$

де

$$T^* = T_i T_{i+1} / (T_i + T_{i+1}). \quad (2)$$

Тут T_i – розрахункова тривалість циклу на перехресті i ; T_{i+1} – розрахункова тривалість циклу на перехресті $i+1$; t – поточна координата часу.

Знаючи довжину перегону і динамічний зсув, легко розрахувати уставку швидкості, що рекомендується (з урахуванням обмежень), рухаючись з якою від перехрестя i до перехрестя j автомобілі пройдуть перехрестя j без зупинки. Таким чином, між двома ізольованими перехрестями шляхом призначення швидкості руху в кожен момент часу принципово можна організувати неспинний режим руху. При цьому тривалості циклів і фаз залишаються оптимальними для всіх напрямків руху. Такий принцип керування отримав назву пасивної координації.

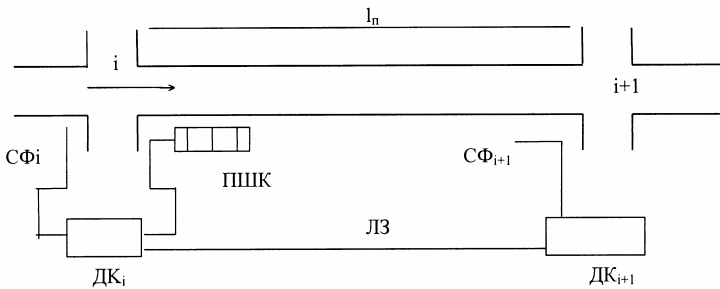
Апаратна реалізація способу не викликає принципових труднощів у зв'язку з розвитком мікропроцесорної техніки, наявністю вітчизняних контролерів з телемеханічним зв'язком і багато позиційних керованих дорожніх знаків.

Слід зазначити, що при такому підході значно спрощуються і мережні задачі, тому що в даному випадку непринципова рівність циклів регулювання на перехрестях і останні можуть розглядатися як ізольовані. З іншого боку, виникає задача доказу відповідності суми локальних оптимумів глобальному.

Методика, викладена в [3], дозволяє організувати беззупинний рух ТЗ у принципі між двома будь-якими зв'язаними по потоці перехрестями (див. формулу (1)). При цьому цикли регулювання на цих перехрестях можуть бути нерівними (тобто оптимальними). Оскільки кожен перегін може бути оснащений показчиками швидкості координації (ПШК), водії ТЗ у будь-який момент часу будуть інформовані про значення швидкості, притримуючись якої,

вони пройдуть наступне перехрестя без зупинки. Кожна з ділянок ВДМ, де рух транспорту регулюється світлофорами СФ, може бути розглянута як агрегат "перехрестя – перегін – перехрестя" (рисунок).

При цьому дорожні контролери $ДК_i$, $ДК_{i+1}$ зв'язують інформаційним провідним каналом (лінією зв'язку ЛЗ), а дорожній контролер $ДК_i$ зв'язаний з покажчиком швидкості руху, що рекомендується. У ролі такого покажчика може бути використане стандартне трипозиційне табло – покажчик швидкості координації – ПШК або ж керований багатопозиційний знак – КЗН. В останньому випадку гнучкість системи зростає, тому що кількість позицій КЗН більше.



Агрегат "перехрестя - перегін - перехрестя"

Процес керування за схемою, наведеною на рисунку, може бути організований кількома способами, наприклад, за допомогою обчислення (щосекундного) динамічного фазового зрушення Θ за формулою (1). Якщо відомі значення циклів регулювання T_i і T_{i+1} , розраховується значення T^* і таймер, вбудований у $ДК_i$, дає значення t . Процесор контролера $ДК_i$ щосекунди розраховує значення $\Theta_{i, i+1}$ за формулою (1), а швидкості руху, що рекомендується на перегоні, – за формулою

$$V_{i,i+1}(t) = l_n / \Theta_{i, i+1}, \quad (3)$$

де l_n – довжина перегону $i, (i + 1)$.

Розраховане значення $V_{i, i+1}$ транслюється на ПШК у ролі керуючої уставки, і на табло висвітлюється значення відповідної швидкості руху, рухаючись з якою ТЗ досягнуть перехрестя $(i+1)$ у момент дії зеленого сигналу.

Місце установки УСК вибирається в межах 30-50 м від перехрестя i ; у такий спосіб у будь-який момент часу і незалежно від

напрямку, з якого ТЗ потрапило на перегін $i, i+1$ (після лівого повороту, після правого повороту, рухаючи прямо), водії будуть інформовані про умови невинного проїзду перехрестя $(i+1)$. Ця обставина вигідно відрізняє пропонуваній метод від координованого регулювання, де умови невинного руху гарантуються тільки ТЗ, що рухається в магістральному напрямку, і не стосуються позапачкових ТЗ.

З іншого боку, очевидно, немає необхідності (і небезпечно!) змінювати уставку УСК кожної секунди. Тому пропонується змінювати значення швидкості, що рекомендується, з періодом, обумовленим дискретними значеннями $V_{i, i+1}$, що розраховуються за формулою (3), відповідно до кратності 5 км/год.

Крім цього, розрахунки $\Theta_{i, i+1}$ за формулою (1) можуть для визначених сполучень умов T_i, T_{i+1}, I_p, t давати значення $V_{i, i+1}$ великі, наприклад, 60 км/год, що часто неприпустимо в міських ВДМ з позицій безпеки руху. У цьому випадку рекомендується збільшити зрушення на величину T_{i+1} , тобто пустити ТЗ на зелений сигнал у наступному циклі регулювання. І навпаки, значення $V_{i, i+1}$ можуть бути менше 30 км/год, що, як підкреслюється в [6], часто ігнорується водіями ТЗ як керуючий вплив. З цього витікає, що на алгоритм керування необхідно накласти обмеження діапазону зміни рекомендованої швидкості $V_{i, i+1}(t)$, а саме:

$$30 \leq V_{i, i+1}(t) \leq 60 \quad (\text{км/год}). \quad (4)$$

Слід зазначити також, що будь-які агрегати ВДМ типу “перехрестя – перегін – перехрестя”, а також будь-які їхні сукупності (послідовні, рівнобіжні, пересічні, зустрічні) можуть безболісно керуватися вищеописаним чином, тому що при цьому не змінюються оптимальні параметри настроювання ізольованого світлофорного регулювання (тривалості циклів і фаз, їх чергування і т.д.). На вже існуючі системи світлофорного регулювання накладаються нові зв'язки, а перегони ВДМ обладнаються покажчиками ПШК. При цьому на кожному агрегаті (у тому числі і на мережі в цілому) принципово можливо забезпечити режими руху не уводячи вимог єдності циклу в системі і сталості фазових зрушень у часі, що повинно істотно підвищити ефективність світлофорної сигналізації в містах.

На практиці цей принцип можна реалізувати простішим програмним шляхом. Для цього дорожні контролери на сусідніх перехрестях синхронізуються по моментах початку їхніх циклів регулювання. Контролери з'єднують загальною лінією зв'язку, в яку в моменти початку відліку часу циклів їх арифметико-логічні пристрої

подають синхронізуючі імпульси, як це зроблено, наприклад, у безцентрових АСУДР 2-1.

1.W.von Stein. Traffic flow with pre-signal and signal funnel. Theory of traffic flow. Amsterdam: Elsevier, 1961, pp. 28 - 56.

2.Координированное регулирование уличного движения / В.М.Полукаров, В.Е.Пятаков, П.В.Рушевский, А.А.Шалатов. – М.: ВНИИБД МВД СССР, 1972. –56 с.

3.Ересов В.И. Повышение эффективности светофорного регулирования методом пассивной координации // Проблемы разработки и внедрения автоматизированных систем управления дорожным движением: Сб. науч. трудов 2-го Всесоюзн. семинара. – Омск: Дом науки и техники Союза НИО СССР, 1990. – С.28-31.

Отримано 24.05.2004

УДК 656.256

М.В.ЛЯХОВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

УПРАВЛЕНИЕ ЭСКАЛАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ ХАРЬКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Рассматриваются актуальные проблемы внедрения ресурсосберегающих технологий на эскалаторных установках Харьковского метрополитена.

Важным условием повышения эффективности функционирования метрополитена является снижение энергозатрат при сохранении объема перевозок. Наиболее энергоемким потребителем метрополитена являются эскалаторные установки.

Известен ряд механических и электромеханических устройств, предназначенных для экономии электроэнергии, расходуемой тяговыми приводами эскалатора, но из-за своей сложности и низкой надежности они не получили практического применения на метрополитене, где чрезвычайно высокие требования к безопасности массовых пассажирских перевозок [1-3].

Целью настоящей работы является анализ существующего положения и разработка комплекса средств, направленного на сбережение энергоресурсов при эксплуатации метрополитенов.

В современных условиях при внедрении ресурсосберегающих технологий главным методом управления технологическим оборудованием метрополитена становится адаптивное управление, основной принцип которого заключается в постоянном поддержании соответствия между потребностями в пассажирских перевозках и имеющимися в наличии энергетическими, материальными и другими ресурсами.

На Харьковском метрополитене эксплуатируется 45 эскалаторных установок с мощностью асинхронных электродвигателей от 40 до