



- © О.П. Дзюба, канд. техн. наук, доцент,
- © О.М. Павловська, аспірант (НТУ)

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ДИНАМІЧНОГО АДАПТИВНОГО СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ

Анотація. Запропоновано концепцію адаптивного динамічного безконфліктного регулювання на перехресті з можливістю зміни кількості фаз у циклі з урахуванням фазових переходів залежно від величини інтенсивності руху транспорту на підходах до перехрестя.

Ключові слова: алгоритм, аналіз, класифікація, регулювання гнучке, автоматизовані системи, рух дорожній, управління.

Анотация. Предложено концепцию адаптивного динамического бесконфликтного регулирования на перекрестке с возможностью изменения количества фаз в цикле с учетом фазовых переходов в зависимости от величины интенсивности движения транспорта на подходах к перекрестку.

Ключевые слова: алгоритм, анализ, классификация, регулирование гибкое, системы автоматизированные, движение дорожное, управление.

Annotation. Were proposed concept the implementation of the adaptive dynamic conflict-regulation at the intersection with the possibility of changing the number of phases in the cycle with phase transitions depending on the intensity of traffic on the approaches to the intersection.

Keywords: algorithm, analysis, classification, management flexibility, automated systems, the movement of road and management.

Вступ

Пропускна здатність вулично-дорожньої мережі в містах визначається пропускною здатністю її перехресть. Дефіцит смуг руху проїжджих частин на підходах до перехресть призводить до надмірних затримок і заторів у русі. В умовах обмежених ресурсів єдиною можливою шляхом зменшення затримок на перехрестях є вдосконалення методів регулювання руху. Тож актуальність дослідження у цьому напрямі очевидна.

Головним принципом світлофорного регулювання на перехрестях є надання періодичного пріоритету в русі учасникам дорожнього руху, напрямки яких конфліктує між собою [2]. Розрізнення у часі транспортних потоків підвищує безпеку дорожнього руху, однак водночас принципово пов'язане з виникненням затримок [5]. Так, з одного боку, чим більша кількість фаз, тим довша затримка, з другого, – тим менше конфліктних

ситуацій, відповідно вища безпека дорожнього руху. Постає завдання підвищення пропускної здатності перехрестя з дотриманням вимог безпеки дорожнього руху.

Основні параметри, необхідні для організації світлофорного регулювання, такі:

- тривалість циклу ($T_{ц}$);
- послідовність переключення і тривалість фаз ($T_{ф}$);
- тривалість зеленого сигналу світлофора (t_3);
- тривалість перехідного інтервалу ($t_{пер}$);
- кількість фаз у циклі ($N_{ф}$).

Зазначені параметри можуть бути як постійними, так і змінюватись залежно від світлофорного режиму.

Одним із перспективних методів підвищення пропускної здатності перехрестя з дотриманням вимог безпеки дорожнього руху є впровадження динамічного адаптивного світлофорного

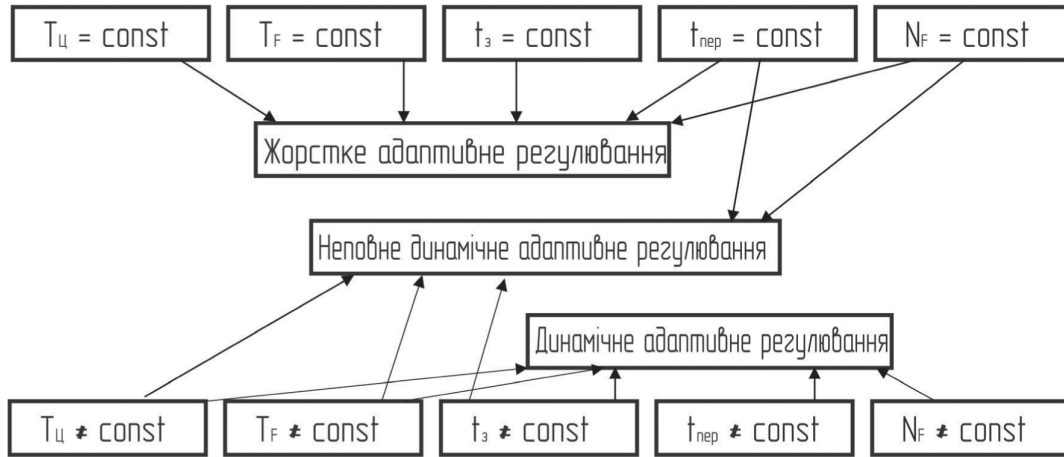


Рис. 1. Характеристика режимів адаптивного регулювання

регулювання дорожнього руху, яке дає можливість розробити максимально раціональне управління транспортними потоками.

Розробкою науково-методичної бази адаптивного світлофорного регулювання займалися – В.І. Єресов [2], Х. Іносе, В.Т. Капітанов [3], Ю.А. Кременець [5], В.П. Поліщук [1], М.П. Печерський, Д.С. Самойлов [4], Т. Хамада, П. Фрешо [6] та інші. Всі ці роботи спрямовані на формування науково-методичної бази для проектування і реалізації неповного динамічного адаптивного регулювання. Напрацювання, спрямовані на реалізацію повного динамічного адаптивного світлофорного регулювання, нам невідомі.

Метою роботи є розробка концепції динамічного адаптивного світлофорного регулювання дорожнього руху.

Основна частина

Розглянемо можливість реалізації динамічного режиму регулювання на прикладі перехрестя (рис. 1), на якому рух транспортних засобів відбувається при жорсткому чотирифазному циклі регулювання.

Класично при такому управлінні рух у фазах (F) відбувається так:

F1 – рух дозволяється транспортним потокам по головній дорозі (W-O), окрім напрямку ліворуч



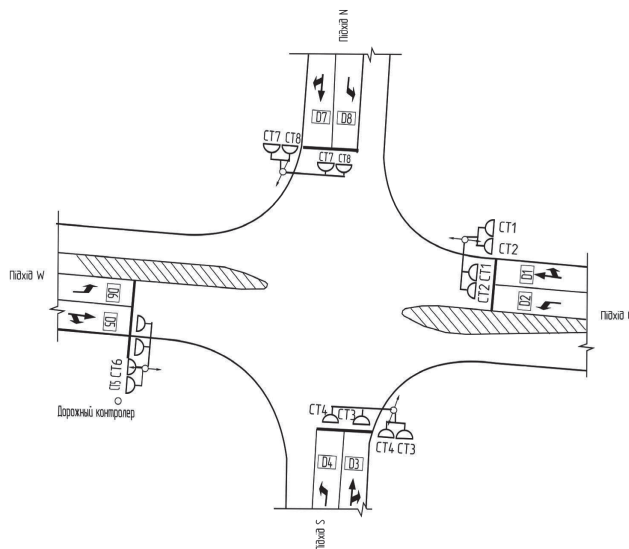
F2 – з головного напрямку дозволяється рух тільки ліворуч



F3 – рух дозволяється транспортним потокам по другорядній дорозі (S-N), окрім напрямку ліворуч



F4 – з другорядного напрямку дозволяється рух тільки ліворуч



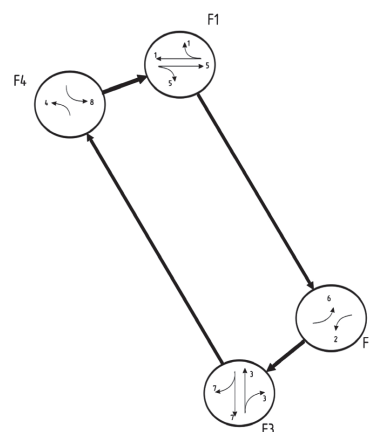
Умовні позначення:

СТ – світлофор транспортний;

D – детектор транспорту;

Підхід W, O, S, N – відповідно західний, східний, південний, північний підходи.

Рис. 1. Схема розміщення дорожніх детекторів і світлофорів для організації динамічного адаптивного регулювання руху на перехресті



При жорсткому регулюванні послідовність включення фаз фіксована F1 – F2 – F3 – F4, як зображено на рис. 2.

Рис. 2. Жорстке світлофорне регулювання на перехресті



Доведено, що затримки при чотирифазному циклі регулювання більші ніж при двофазному, натомість конфліктні ситуації відсутні. Основною гіпотезою підвищення пропускної здатності при багатофазному регулюванні вважається можливість пропуску фаз на основі аналізу зміни величини інтенсивності руху транспорту, що може реалізуватись при використанні динамічного адаптивного регулювання.

Для такого адаптивного режиму управління необхідно:

- на кожній смузі встановити детектори транспорту Д1-Д8, які повинні мати зв'язок із транспортним контролером (рис. 1);

- кожний напрямок руху забезпечити світлофорним об'єктом СТ1 – СТ8 (рис. 1);

Розглянемо ситуацію. Наприклад, працює F1, після якої при жорсткому управлінні обов'язково повинна включитися F2. При динамічному адаптивному режимі регулювання, якщо детектори Д4 і Д2 не фіксують транспортний засіб, а Д3 чи Д7 фіксують, можна пропустити F2, завдяки чому скорочується $T_{\text{ц}}$ (рис. 3).

Також можливий такий варіант. Наприклад, детектори Д4, Д2, Д3 і Д7 не фіксують транспортний засіб, а Д4 чи Д8 фіксують. Тоді можливо пропустити F2 та F3 і перейти одразу до F4. Таким чином значно скоротиться $T_{\text{ц}}$ і при цьому дотримується безконфліктний роз'їзд транспортних засобів (рис. 3).

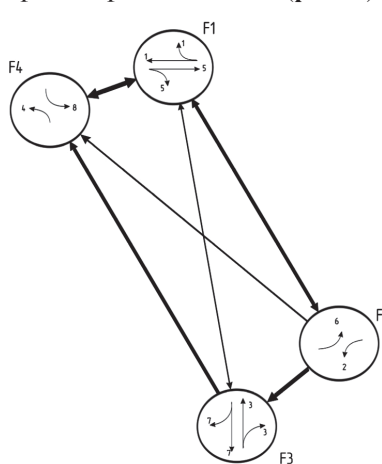




Рис. 3. Схема переключення основних фаз при динамічному адаптивному регулюванні

перехід” між F1 та F2. У ній буде дозволено рух з напрямку 6, а також дозвіл продовжувати рух

у напрямку 5 (неконфліктні напрямки)  – F5 (рис. 4-а);

- працює F1, детектор Д6 і Д2 одночасно не фіксують прибуття автомобіля, а фіксує тільки Д2, тоді для підвищення пропускної здатності можна

виділити фазовий перехід F6 між F1 і F2, в який буде дозволено рух з напрямку 2, а також дозвіл продовжувати рух у напрямку 1 (неконфліктні

напрямки)  – F6 (рис. 4-б);

- працює F5 ($T_F \neq \max$), а Д2 фіксує прибуття автомобіля, то повинна ввімкнутися F2 (рис. 4-в);

- працює ($T_F = \max$) і Д2 фіксує прибуття автомобіля, то повинна ввімкнутися F6 (рис. 4-г);

- працює F6 ($T_F \neq \max$), а Д6 фіксує прибуття автомобіля, то повинна ввімкнутися F2 (рис. 4-д);

- працює F6 ($T_F = \max$) і Д6 фіксує прибуття автомобіля, то повинна ввімкнутися F5 (рис. 4-е);

Якщо відпрацювали F5 і F6, то F2 обов'язково повинна пропускатись, тому що для лівих поворотів відпрацьовано максимальний дозволений час. До того ж з кожної фази можна перейти на будь-яку наступну за умови, що “не фіксуються автомобілі з відповідних напрямків” (рис. 4-к).

Фазові переходи мають місце і на другорядному напрямку (S-N). Тоді для підвищення пропускної здатності потрібно виділити F7 і F8 між F3 та F4. Схема фазових переходів зображена на рис. 5.

На закінчення сформульовано основні умови динамічного адаптивного регулювання.

Умова 1. У F1 повинен відбуватися рух за найбільш завантаженими напрямками.

Умова 2. Мікропроцесор контролера кожний раз перевіряє можливість переходу від фази, що триває, до будь-якої наступної або повернення до першої.

Умова 3. Включення будь-якої попередньої фази можливе через повернення до F1 (окрім фазових переходів між собою один раз).

Умова 4. Новий світлофорний керівний цикл завжди починається з F1 і містить різну кількість фаз різної тривалості.

Умова 5. Тривалість керівного циклу може змінюватися залежно від інтенсивності руху мінімум від, наприклад, 40 с до максимум 120 с (використання більшої тривалості керівного циклу не є заданим).

Умова 6. Основна послідовність F1 – F2 – F3 – F4 повинна залишатись пріоритетною, тому мікропроцесори контролера повинні спочатку перевірити можливість перемикавання наступної фази за класичним варіантом.

Умова 7. В одній фазі може відбуватися рух потоків, що не конфліктують.

Висновки

У статті запропоновано концепцію динамічного адаптивного безконфліктного регулювання на перехресті з можливістю зміни кількості фаз у циклі з урахуванням фазових переходів залежно від величини інтенсивності руху транспорту на підходах до перехрестя. Таке адаптивне динамічне світлофорне регулювання дає змогу без

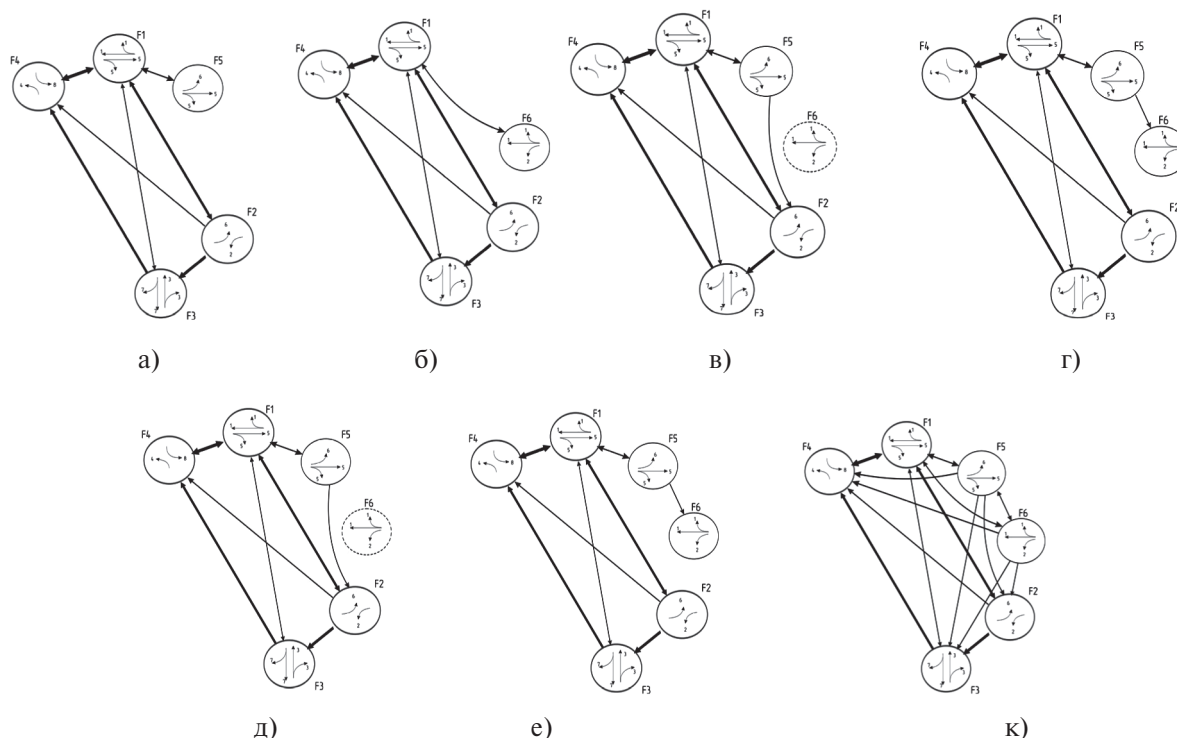
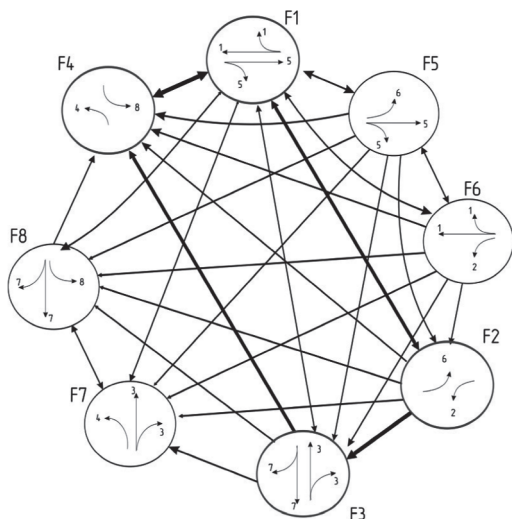


Рис. 4. Приклад схеми управління на перехресті з використанням фазових переходів між першою і другою фазами



Умовні позначення:
F1-F8 – ввімкнення фази відповідно 1-8;
1-8 – дозволений напрямок руху у фазі з напрямку відповідно 1-9.

Рис. 5. Приклад схеми управління на перехресті з використанням фазових переходів

реконструкції перехрестя підвищити його пропускну здатність із дотриманням вимог безпеки дорожнього руху.

Напрямом подальших досліджень є розробка науково-методичної бази для проектування

і реалізації динамічного адаптивного регулювання. Це дасть змогу визначити граничні умови застосування динамічного адаптивного регулювання на перехрестях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гаврилов Е.В. Организация дорожного руху. Підручник. Книга IV / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Лінник, В.П. Поліщук. – К., 2007. – 452 с.
2. Єрсев В.І. Автоматизовані системи управління дорожнім рухом / В.І. Єрсев, П.Л. Кулай: – Посібник для студентів спеціальності 5.100.401 “Організація дорожнього руху”. – Полтава, Друкарня УМВС, 2004, 152 с.
3. Капитанов В.Г. Управление транспортными потоками в городах / Капитанов В.Г., Хилажев Е.Б. – М.: Транспорт, 1985. – 94 с.
4. Самойлов Д.С. Организация и безопасность дорожного движения / Д.С Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевський: – Учебник для вузов. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа. 1981. – 256 с.
5. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец. – Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1995. – 255 с.
6. Frešo, P.: “Členenie systému riadenia dynamickej dopravu”. Silničníobzor 7, roč. 47, NADAS Praha 1986, str. 201-202.