

**А. А. Кашканов, к.т.н., доцент; О. Г. Грисюк, викладач; О. О. Грисюк, студент**

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ОСНОВІ ПАРАМЕТРІВ ПОТОКУ АВТОТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ**

**Ключові слова:** Автотранспортні засоби, транспортні потоки, проїзна частина, перехрестя, світлофорне регулювання

За даними Департаменту ДАІ МВС України на дорогах країни в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) в 2012 році загинуло 5,1 тис. людей та 37,5 тис. людей отримало травми різного ступеня важкості [1].

Основними причинами виникнення ДТП на автомобільних дорогах України є недотримання водіями і пішоходами Правил дорожнього руху (ПДР) – перевищення швидкості, порушення правил обгону, маневрування, керування транспортними засобами в нетверезому стані, перехід пішоходом проїзної частини у невстановленому місці; помилки водія в керуванні автотранспортними засобами (АТЗ) – недотримання безпечної дистанції та ігнорування вимог технічних засобів організації дорожнього руху (дорожніх знаків, розмітки тощо); зниження працездатності водія; порушення правил експлуатації АТЗ та їх незадовільний технічний стан; поганий стан та утримання дорожнього покриття; незадовільна організація дорожнього руху [2, 3].

Одним з найважливіших чинників забезпечення ефективного функціонування дорожнього руху і його безпеки є оптимізація керування світлофорною сигналізацією. Теоретичні граничні умови застосування світлофорної сигналізації можуть бути визначені виходячи з мінімуму матеріальних втрат, пов'язаних із затримками на перехрестях, які на регульованому перехресті залежать від інтенсивності руху в прямому і пересічному напрямках та прийнятих режимів роботи світлофорів [4].

В сучасних містах ефективно керувати транспортними та пішохідними потоками можливо лише за допомогою обчислювальної техніки. При цьому, керування складається з таких дій:

- отримання інформації про задачі і результати керування;
- аналіз інформації;
- прийняття (з врахуванням програми керування) певного рішення;
- виконання цього рішення;
- здійснення керованого впливу.

Названі дії утворюють систему керування.

В розімкнених системах не враховується інформація про значення керованих величин, в замкнених системах для формування керованих впливів використовують інформацію про значення керованих величин. Передача значення керованої змінної в керуючий пристрій та наступна його обробка забезпечують обернений зв'язок. Перевагою замкнених систем керування над розімкненими полягає в тому, що в них процес керування транспортними потоками залежить від стану транспортного потоку та його характеристик.

Процеси, що проходять в транспортних потоках, складні на стільки, що керування ними звичайними автоматами з «жорсткою» програмою неможливе. Для керування потоками транспорту, особливо в містах, в автоматичний пристрій керування потрібно закласти велику кількість програм керування в різних режимах функціонування системи.

Процес керування з оберненим зв'язком в найпростішому випадку складається з таких операцій: на магістралях в ключових точках встановлюють транспортні детектори – пристрої для збору даних про параметри транспортного потоку. На основі зібраної інформації, яка по каналу оберненого зв'язку поступає в пристрій керування, виробляється рішення про характер впливів на об'єкт, тобто про зміну сигналів світлофора та їх тривалість.

За критерій оптимізації керування світлофорною сигналізацією можна прийняти мінімум затримок автомобілів через очікування дозвольного сигналу [4]. Розглянемо параметри, що впливають на результати оптимізації світлофорного регулювання дорожнього руху потоків автотранспорту. В загальному випадку їх можна поділити на три групи.

1. Параметри керування світлофорною сигналізацією: тривалість циклу регулювання; розподіл тривалості горіння сигналів в межах циклу; зсув фаз відносно сусідніх перехресть.

2. Параметри потоку автотранспорту: інтенсивність руху; швидкість руху; щільність транспортного потоку.

3. Параметри проїзної частини: пропускна здатність перехрестя.

Основна задача: виконання умови

$$N_{cc} > N_{na} > N \text{ при } \Delta t = (T_u - t_3) / 2 \Rightarrow \min ,$$

де  $N_{cc}$  - пропускна здатність перехрестя, яка забезпечується параметрами керування світлофорною сигналізацією;  $N_{na}$  - пропускна здатність перехрестя, яка забезпечується параметрами потоку автотранспорту;  $N$  - інтенсивність руху;  $t_3$  - тривалість зеленої фази світлофора, с;  $T_u$  - тривалість циклу регулювання, с (звичайно 40-100 с при відповідній тривалості жовтої фази 3-7 с);

Пропускна здатність перехрестя, яка забезпечується параметрами керування світлофорною сигналізацією визначається з виразу

$$N_{cc} = \frac{3600 \cdot (t_3 - t_a)}{t_n \cdot T_u},$$

де  $t_a$  - відрізок часу між включенням зеленого сигналу світлофора і пересіканням лінії «Стоп» першим автомобілем, с;  $t_a \approx 1 \dots 3$  с;  $t_n$  - середній інтервал проходження автомобілів через лінію «Стоп», с;  $t_n \approx 2 \dots 3$  с для легкових автомобілів, для вантажних автомобілів  $t_n \approx 3 \dots 5$  с.

Пропускна здатність перехрестя, яка забезпечується параметрами потоку автотранспорту визначається з виразу

$$N_{na} = \left[ \frac{3600 \cdot V}{(l_0 + l_z) + V + 0.1 \cdot V^2} \right] \cdot n \cdot \alpha \cdot \varepsilon ,$$

де  $V$  - швидкість руху, км/год.;  $l_0$  - довжина автомобіля, м;  $l_z$  - запасний відрізок шляху після зупинки заднього автомобіля (приймають 1,5-2 м);  $n$  - кількість смуг проїзної частини;  $\alpha$  - коефіцієнт, який враховує вплив перехресть;  $\varepsilon$  - коефіцієнт багатосмуговості (1 смуга – 1; 2 – 0,9; 3 – 0,82; 4 – 0,74).

Інтенсивність руху пов'язана зі швидкістю простою залежністю

$$N = q \cdot V$$

де  $V$  - швидкість руху, км/год.;  $q$  - щільність транспортного потоку, авт./км.

Розрахунок за вищенаведеними виразами показує, що збільшення  $T_u$  в межах від 40 до 100с може призвести до підвищення  $N_{cc}$  однієї смуги руху лише на 8-12%, тому необхідно застосовувати координоване регулювання, яке охоплює два і більше окремих світлофорних об'єктів при цьому сумарна тривалість зеленого і жовтого тактів повинна бути не меншою 50% тривалості  $T_u$ .

Переваги синхронізації системи світлофорів:

- підвищення швидкості проїзду та скорочення кількості зупинок.
- вирівнювання транспортного потоку за рахунок групування АТЗ та збільшення пропускної здатності перехресть.
- стабілізація швидкості руху окремих АТЗ, скорочення кількості ДТП.
- підвищення дисциплінованості водіїв і пішоходів.

#### Список літературних джерел

1. Кашканов А.А., Грисюк О.Г. Мінімізація невизначеності експертного аналізу вихідних даних при автотехнічній експертизі дорожньо-транспортних пригод // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2013. – Вип. 142.– С. 65-68.
2. Кашканов А.А. Безпека руху автомобільного транспорту : навчальний посібник. / А.А. Кашканов, О.Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2005. - 177 с.
3. Говорушенко Н.Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте: монографія / Говорушенко Н.Я., Волков В.П., Шаша И.К. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 361 с.
4. Самойлов Д.С. Организация и безопасность городского движения. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Д. С. Самойлов, В. А. Юдин, П. В. Рушевский. – М. : Высш. школа, 1981. – 256 с.