

УДК 656.1

ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ З НЕРІВНОЗНАЧНИМИ НАПРЯМКАМИ

*П. Ф. Горбачов, д.т.н., професор, Є. В. Любий, к.т.н., доцент, О. М. Белецька аспірант
Харківський Національний Автомобільно-дорожній університет*

Підхід до визначення затримок транспортних засобів на нерегульованому перехресті з нерівнозначними напрямками, а також використовуване припущення про стаціонарності потоку транспортних засобів, що підходять до перехрестя, ідентичний підходу визначення затримок на нерегульованих перехрестях з рівнозначними напрямками. Основною відмінністю є врахування особливостей здійснення маневру транспортними засобами на нерегульованих перехрестях з відносним пріоритетом.

У цьому випадку перший напрямок має відносний пріоритет в порівнянні з другим напрямком (дають можливість завершити рух автомобілю другого напрямку, що виїхав на перехрестя).

Нехай λ_1, λ_2 – інтенсивності транспортних засобів, що під'їжджають до нерегульованого перехрестя з конкуруючих напрямків, с^{-1} ; Δ_1, Δ_2 – час проїзду динамічного габариту транспортного засобу на конкуруючих напрямках, с. Тоді завантаження напрямків буде визначатися як:

– для напрямку 1:

$$\rho_1 = \lambda_1 \Delta_1; \quad (1)$$

– для напрямку 2:

$$\rho_2 = \lambda_2 \Delta_2. \quad (2)$$

В свою чергу, середня тривалість періоду зайнятості проїзду для кожного напрямку визначається наступним чином:

– для напрямку 1:

$$P_1 = \frac{\Delta_1}{1 - \rho_1}; \quad (3)$$

– для напрямку 2:

$$P_2 = \frac{\Delta_2}{1 - \rho_2}. \quad (4)$$

При цьому сумарне завантаження обох напрямків нерівнозначного нерегульованого перехрестя буде визначатися як сума (1) та (2):

$$\rho = \rho_1 + \rho_2, \quad (5)$$

а сумарна інтенсивність транспортних засобів, що під'їжджають до нерегульованого перехрестя нерівнозначних напрямків:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2. \quad (6)$$

Знаючи (5) та (6) з'являється можливість визначення середнього часу проїзду динамічного габариту транспортного засобу через нерівнозначне нерегульоване перехрестя (7) та середню тривалість періоду зайнятості проїздом перехрестя транспортними засобами з двох напрямків (8):

$$\Delta = \frac{\rho}{\lambda}, \quad (7)$$

$$P = \frac{\Delta}{1 - \rho}. \quad (8)$$

Знаючи сумарну інтенсивність транспортних засобів, що під'їжджають до нерегульованого перехрестя нерівнозначних напрямків, можна визначити середній час вільного періоду:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda}. \quad (9)$$

Середній час проїзду транспортних засобів з кожного з нерівнозначних напрямків нерегульованого перехрестя визначається на основі значень середньої тривалості періоду зайнятості проїздом транспортними засобами перехрестя:

– для напрямку 1:

$$T_1 = \frac{P_1}{P_1 + P_2} P; \quad (10)$$

– для напрямку 2:

$$T_2 = \frac{P_2}{P_1 + P_2} P. \quad (11)$$

В роботі використовується припущення про стаціонарності потоку транспортних засобів, що під'їжджають до нерегульованого перехрестя. Звідси випливає, що транспортний засіб, що прибуває до нерегульованого перехрестя може потрапити в три можливі стани: $\{0\}$ – вільне перехрестя; $\{1\}$ – перехрестя зайняте проїздом транспортних засобів з першого напрямку; $\{2\}$ – перехрестя зайняте проїздом транспортних засобів з другого напрямку.

Беручи до уваги цей факт, стаціонарна ймовірність транспортного засобу, що прибуває до перехрестя, потрапити у відповідний стан буде визначатися як (12):

$$p_i = \frac{T_i}{T_0 + T_1 + T_2}. \quad (12)$$

З огляду на прийняте в роботі припущення, а також беручи до уваги формулу розрахунку середнього часу очікування Зільберталя [1], умовний середній час затримки транспортних засобів i -го напрямку, які потрапили в стан затримки, можна визначити з (13):

$$T_i^o = \frac{B_i}{2T_i}, i = 1, 2, \quad (13)$$

де B_i – другий момент періоду зайнятості проїзду на i -му напрямку нерегульованого перехрестя (математичне сподівання випадкової величини, яка була зведена в другу ступінь).

В рамках даної роботи другий момент періоду зайнятості проїзду на кожному напрямку розраховується як:

– для напрямку 1:

$$B_1 = \frac{\Delta_1^2}{(1 - \rho_1)^3}; \quad (14)$$

– для напрямку 2:

$$B_2 = \frac{\Delta_2^2}{(1 - \rho_2)^3}. \quad (15)$$

Таким чином, середня затримка для транспортних засобів головного (першого) напрямку розраховується наступним чином:

$$W_1 = \frac{\lambda_1 \Delta_1^2}{2(1 - \rho_1)}. \quad (16)$$

Середня затримка транспортних засобів другорядного (другого) напрямку розраховується виходячи з необхідності обов'язкового пропуску транспортних засобів, які рухаються по головному (першому) напрямку, тобто:

$$W_2 = \frac{\lambda_1 \Delta_1^2 + \lambda_2 \Delta_2^2}{2(1 - \rho_1)(1 - \rho_1 - \rho_2)}. \quad (17)$$

У свою чергу, середня затримка автомобіля на нерегульованому перехресті нерівнозначних напрямків може бути розрахована як (18):

$$W = \frac{\lambda_1 W_1 + \lambda_2 W_2}{\lambda_1 + \lambda_2}. \quad (18)$$

Представлена методика визначення затримок транспортних засобів на нерегульованих перехрестях з нерівнозначними напрямками потребує експериментальної перевірки своєї працездатності, що є подальшим напрямком дослідження.

Література:

1. Зильберталь А.Х. Трамвайное хозяйство / А.Х. Зильберталь. – М.: Гострансиздат, 1932. – 304с.