



УДК 625.7

• © Л.О. Довгополюк (НТУ)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАТРИМОК ПРИ ПРОЇЗДІ ДОРОЖНЬОЇ РОЗВ'ЯЗКИ В ОДНОМУ РІВНІ

**Анотація.** Розглянуто основні маневри при проїзді дорожньої розв'язки в одному рівні. Представлені залежності для визначення затримок при проїзді дорожньої розв'язки, а також розрахунок кількості автомобілів, які зможуть виконати маневр без затримки. Запропоновано визначення транспортних витрат з урахуванням затримок автомобільного транспорту.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, дорожня розв'язка в одному рівні, швидкість руху, затримки автомобільного транспорту, транспортні витрати.

**Аннотация.** Рассмотрены основные маневры при проезде дорожной развязки в одном уровне. Представлены зависимости для определения задержек при проезде дорожной развязки, а также расчет количества автомобилей, которые смогут выполнить маневр без задержки. Предложено определение транспортных расходов с учетом задержек автомобильного транспорта.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, дорожная развязка в одном уровне, скорость движения, задержки автомобильного транспорта, транспортные расходы.

**Abstract.** In the article the basic maneuvers when driving a road junction in one level. Presented dependences for determination delayed when traveling road solutions, as well as the calculation of the number of vehicles that can perform the maneuver without delay. A definition of transport costs, taking into account delays of truck transport.

**Keywords:** road, road junction in one level, speed, delay road transport, transport costs.

### Вступ

Автомобільна дорога призначена для забезпечення швидкого та безпечного проїзду транспортних засобів. З кожним роком кількість транспорту на дорогах збільшується, поступово вичерпується, не тільки їх ресурс, але і їх пропускна здатність. Тенденція збільшення кількості транспорту є сталою і має властивість лише до зростання. Тому на перехрещеннях автомобільних доріг дуже часто виникають затори автомобільного транспорту.

Для розвантаження транспортного вузла влаштовують дорожні розв'язки в різних рівнях. Проте, варіантом уникнення заторів, є зміна конфігурації дорожньої розв'язки в одному рівні (влаштування додаткових смуг руху). Для прийняття рішення щодо зміни конфігурації дорожньої розв'язки в одному рівні, необхідно провести певні розрахунки, а саме: визначити затримки транспорту, кількість автомобілів, які виконуватимуть маневри без затримок тощо.

### Основа частина

Розрахунок часу проїзду та затримок автомобілів при проїзді дорожньої розв'язки в одному рівні.

Основним фактором при визначенні часу проїзду по кожному напрямку є середня швидкість руху транспортного потоку на ділянці автомобільної дороги. При відсутності даних розраховують середню швидкість транспортного потоку.

Середню швидкість вільного руху визначають в залежності від категорії дороги та складу транспортного потоку:

$$v_{\text{в}} = v_{\text{л}} \cdot a + v_{\text{ван}} \cdot b + v_{\text{ав}} \cdot e + v_{\text{ап}} \cdot d, \quad (1)$$

де  $a, b, e, d$  – частка одиниці різних типів автомобілів в транспортному потоці відповідно легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопоїздів;

$v_{\text{л}}, v_{\text{ван}}, v_{\text{ав}}, v_{\text{ап}}$  – відповідно середні швидкості руху легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопоїздів.

Розрахунки проводять для кожної дороги окремо.

Для визначення транспортних витрат на пересіченнях в одному рівні, необхідно розрахувати час проїзду в межах пересічення з урахуванням часу очікування на виконання маневрів при проїзді пересічення.

Час проїзду по ділянці дороги визначають за формулою:

$$t_i = \frac{L_i}{v_i}, \quad (2)$$

де  $L_i$  – довжина ділянки дороги, м;

$v_i$  – середня швидкість руху на дорозі, м/с.

Відстань гальмування без зупинки:

$$S_i = \frac{v_1^2 - v_3^2}{2 \cdot a_{\text{г}}}, \quad (3)$$

де  $S_i$  – відстань до зменшення швидкості, м;

$v_1$  – початкова швидкість, м/с;

$v_3$  – кінцева швидкість, м/с;

$a_{\text{г}}$  – прискорення при гальмуванні, м/с<sup>2</sup>.

Відстань, необхідну для гальмування із зупинкою, розраховують за формулою:

$$S_2 = \frac{v_1^2}{2 \cdot a_{\text{г}}}, \quad (4)$$



де  $S_2$  – відстань до зупинки, м.

Час проїзду при гальмуванні, визначають за формулою:

$$t_i = \frac{v_1 - v_3}{a_r} \quad (5)$$

а при умові зупинки:

$$t_i = \frac{v_1}{a_r} \quad (6)$$

Відстань при розгоні автомобіля від швидкості  $v_3$  до швидкості  $v_2$  можна розрахувати за допомогою формули:

$$S = \frac{v_2^2 - v_3^2}{2 \cdot a_p} \quad (7)$$

де  $v_2$  – кінцева швидкість при розгоні, м/с;

$a_p$  – прискорення при розгоні автомобіля, м/с<sup>2</sup>.

Час проїзду по кривій, за формулою:

$$t_{\text{дуги}} = \frac{L_{\text{дуги}}}{v_{\text{гол}}} \quad (8)$$

При русі автомобіля із зупинкою, в розгін автомобіля включають і довжину кривої. У такому випадку відстань до точок А, В, С, D буде включати і проїзд відстані, що дорівнює довжині кривої на дорозі.

Кількість автомобілів із затримкою визначають із співвідношення:

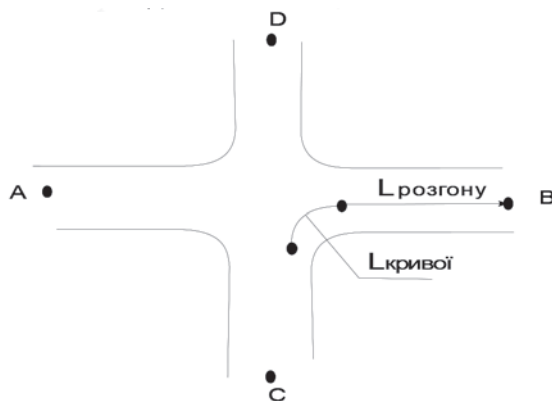
$$N_3 = \frac{t_{\text{заг}}}{t_{\text{осн}}} \quad (9)$$

де  $t_{\text{заг}}$  – інтервал часу, необхідний для виконання маневру, визначають для кожного маневру із зупинки.

$t_{\text{осн}}$  – інтервал часу на дорозі, який залежить від інтенсивності та швидкості руху. На головній дорозі визначають як:

$$t_{\text{осн}} = \frac{N}{3600} \quad (10)$$

Здійснення правого повороту при проїзді пересічення, схематично зображено на **рис. 1**:



**Рис. 1.** Схема виконання правого повороту з другорядної дороги

Детально розглянемо розрахунок часу проїзду пересічення в одному рівні.

Час, за який виконують проїзд по кривій:

$$t_{\text{заг}} = t_k + t_p + t_{\text{min}}, \quad (11)$$

де  $t_k$  – час проїзду кривої, с;

$t_p$  – час розгону до швидкості  $v_1$ , с.

$t_m$  – мінімальний інтервал на головній дорозі (с), при швидкості  $v_1$ .

Час проїзду по кривій можна визначити:

$$t_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{180 \cdot a_p}}, \quad (12)$$

де  $R$  – радіус з'їзду, м.

Кінцева швидкість на кривій, з урахуванням формули (12):

$$v_{\text{кк}} = a \cdot t = a_p \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{180 \cdot a_p}} \quad (13)$$

Час розгону можна визначити за формулою:

$$t_p = \frac{v_1 - v_{\text{кк}}}{a_p} \quad (14)$$

де  $v_1$  – швидкість на дорозі, м/с;

$v_{\text{кк}}$  – швидкість в кінці кривої, м/с.

Відповідно, шлях, який пройде автомобіль при розгоні, можна визначити за формулою:

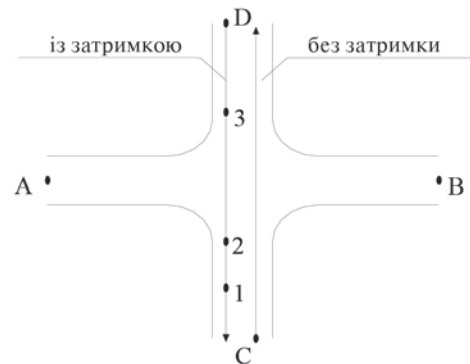
$$S = \frac{v_1^2 - v_{\text{кк}}^2}{2 \cdot a_p} \quad (15)$$

Ідентично розраховують виконання маневрів лівих поворотів:

– з другорядної на головну;

– з головної на другорядну, але в цьому випадку кінцевою швидкістю буде  $v_2$ , тобто швидкість на другорядній дорозі.

Проїзд пересічення за умови перетину одного транспортного потоку з іншим (**рис. 2**).



**Рис. 2.** Схема виконання маневру при перетині транспортних потоків

Якщо аналізувати схему проїзду, то при перетині потоків, проїзд пересічення буде відбуватися з затримкою. Розглянемо такий варіант детальніше.

Час проїзду від точки С до D (швидкість дорівнює  $v_2$ ):

$$t = \frac{S}{v_2} \quad (16)$$

де  $S$  – відстань між точками С і D, м



Швидкості руху при проїзді пересічення із затримкою будуть (по ділянках руху, відповідно **рис. 2**):

$L_{C-1}$  – проїзд із швидкістю  $v_2$ ;

$L_{1-2}$  – гальмування до зупинки від швидкості  $v_2$ ;

$L_{2-3}$  – розгін автомобіля до швидкості  $v_2$ ;

$L_{3-D}$  – проїзд по дорозі зі швидкістю  $v_2$ .

Визначення затримок при проїзді пересічення в одному рівні, при перетині транспортних потоків (згідно з **рис. 2**).

При проїзді із зупинкою визначають значення часу затримки. Спочатку визначають кількість автомобілів, що проїдуть із затримкою:

$$N_{\text{зат}} = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot t_{\text{зат}}}{3600}, \quad (17)$$

де  $N_1$  – інтенсивність на крайній смузі головної дороги, авт./год;

$N_2$  – кількість автомобілів, які виконують маневр, авт./год;

$t_{\text{зат}}$  – час, необхідний для виконання маневру, с.

Відповідно, кількість автомобілів, що проїдуть без затримки (авт./год), можна визначити, використовуючи формулу:

$$N = N_2 - \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot t_{\text{зат}}}{3600} = N_2 \cdot \left(1 - \frac{N_1 \cdot t_{\text{зат}}}{3600}\right). \quad (18)$$

Вартість транспортних витрат на перехрещенні в одному рівні знаходять за формулою:

$$P = T_{\text{річ}} \cdot U_i, \quad (19)$$

де  $U_i$  – вартість використання однієї машинно-години, 200 грн;

$T_{\text{річ}}$  час проїзду та час очікування на виконання маневру пересічення в одному рівні:

$$T_{\text{річ}} = \sum t_i + \sum t_{\text{зат}}. \quad (20)$$

#### Висновки

Урахування затримок під час проїзду дорожньою розв'язкою, дасть змогу більш точно визначити транспортні витрати даної розв'язки та виявити, чи будуть виникати черги автомобілів для можливості виконання маневрів, що своєю чергою дає повну картину роботи дорожньої розв'язки під час експлуатації. Знаючи час, який витратять водії на проїзд розв'язки, можна робити висновок про її ефективність та доцільність, а також про можливість зміни конфігурації дорожньої розв'язки в одному рівні чи необхідність перебудови дорожньої розв'язки в одному рівні на дорожню розв'язку в різних рівнях.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пальчик А.М. Транспортні потоки / Пальчик А.М. – К.: НТУ, 2010.
2. Аппельт Ф. Выбор схемы пересечения / Ф. Аппельт, С.А. Давыдов // Автомобильные дороги, 2010. – №8. – С.35 – 39.
3. Білятинський О.А. Дорожні розв'язки із розгалуженими проїздами / О.А. Білятинський, В.П. Старовойда // Автошляховик України, 2006. – № 4. – С.40 – 41.

## ДО ДНЯ ПАМ'ЯТІ ВИДАТНОГО ДОРОЖНИКА



19 грудня 2015 року виповнюється 100 років із дня народження першого Міністра Міністерства будівництва й експлуатації автомобільних доріг УРСР, лауреата Державної премії Української РСР у галузі науки і техніки, видатного громадського діяча – Миколи Павловича Шульгіна.

За період перебування на посаді Міністра будівництва й експлуатації автомобільних доріг, з листопада 1968 до 29 квітня 1987 року, Миколою Павловичем було досягнуто значних результатів у розвитку дорожнього господарства: сформовано основну опорну мережу автомобільних доріг України, побудовано під'їзди до районних центрів, опорних залізничних станцій, колгоспів і радгоспів, реконструйовано основні магістральні дороги, здійснено перебудову дерев'яних мостів, розвинено галузь машинобудування і індустрію дорожньо-будівельних матеріалів, створено низку

об'єктів соціальної інфраструктури та підготовлено кваліфіковані кадри.

Він став легендою не лише для дорожників, а й для науковців. Адже завдяки своїм організаторським здібностям та наполегливості у 1970 р. створив самостійний дорожній науково-дослідний інститут на базі дорожніх та мостових відділів, виділивши їх з “ДержавтошляхНДІ”. За підтримки Миколи Шульгіна інститут був забезпечений інженерно-лабораторним корпусом, необхідним обладнанням і висококваліфікованими кадрами.

У Миколи Шульгіна було багато здобутків і нагород. Особливим його науковим досягненням стало створення та впровадження машин для відновлення асфальтобетонних покриттів – термопрофілювальників, за що йому присвоєне звання лауреата Державної премії Української РСР у галузі науки і техніки.

Сьогодні ім'я М.П. Шульгіна носить Державний дорожній науково-дослідний інститут та Київський механічний завод “Магістраль”. У музеї дорожньої науки ДП “ДерждорНДІ” зберігаються відзнаки, нагороди, дипломи Миколи Шульгіна. Його вагомий внесок у розвиток дорожнього господарства назавжди залишиться у пам'яті людей.