

Довгополюк Л.О., канд. техн. наук

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАТРИМОК НА ДОРОЖНІХ РОЗВ'ЯЗКАХ В РІЗНИХ РІВНЯХ

Анотація: представлено розрахунок затримок автомобільного транспорту при виконанні маневрів вливання в основний потік; визначення транспортних витрат з урахуванням затримок транспорту.

Ключові слова: автомобільна дорога, дорожня розв'язка в різних рівнях, час проїзду, час затримки, транспортні витрати.

Аннотация: представлено расчет задержек автомобильного транспорта при выполнении маневров вливания в основной поток; определение транспортных расходов с учетом задержек транспорта.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная развязка в разных уровнях, время проезда, время задержки, транспортные расходы.

Annotation: The calculation of delays of road transport in carrying out maneuvers infusion into the main stream; determining transport costs, taking into account transport delays.

Keywords: road, road junction at different levels, time travel, time delay, transport costs.

Вступ

Збільшення інтенсивності руху на автомобільних дорогах викликає необхідність проектування перехрещень та примикань у різних рівнях, для збільшення пропускної здатності.

Проте, конкретний вибір дорожньої розв'язки потребує техніко-економічного обґрунтування, основою якого є сумарні дорожньо-транспортні витрати. Дорожні витрати – це вартість будівництва дорожньої розв'язки, а транспортні витрати повинні складатися з сумарного часу проїзду та затримок автомобільного транспорту. В існуючих методах не враховуються затримки, а враховується лише час проїзду, тому метод визначення затримок є актуальним.

1 Визначення меж порівняння дорожньої розв'язки в різних рівнях

При порівнянні дорожньої розв'язки автомобільних доріг на різних рівнях виділяють ділянки доріг, що перетинаються, на яких розміщуються всі варіанти розв'язок. Розташування ділянок показано на рис. 1, по одній дорозі ділянка АВ, по другій – CD.

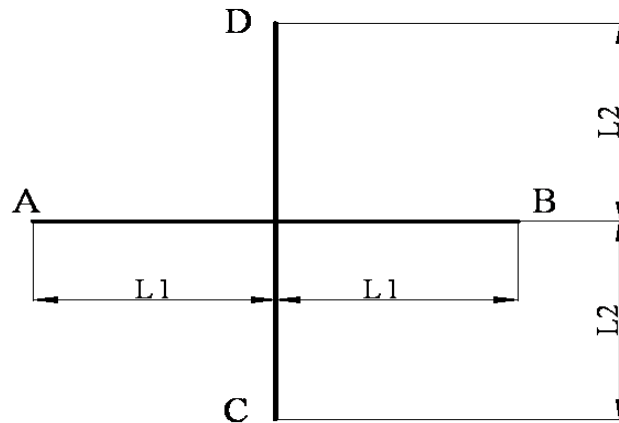


Рисунок 1 – Межі дорожньої розв'язки, на якій проводиться порівняння варіантів дорожньої розв'язки

Межі вибираються так, щоб на них розмістилися усі елементи дорожньої розв'язки у найвіддаленішому варіанті дорожньої розв'язки по відношенню до центру перетину осей автомобільних доріг.

Сумарні дорожньо-транспортні витрати складаються з капітальних витрат на будівництво дорожньої розв'язки та вартості часу проїзду автомобільного транспорту за перший рік експлуатації дорожньої розв'язки.

Для визначення транспортних витрат необхідно знати час проїзду дорожньою розв'язкою в різних рівнях. Час проїзду по напрямку дорожньої розв'язки:

$$T_{\text{пр}} = \sum_n^{i=1} t_i, \quad (1)$$

де t_i – час проїзду i -тої ділянки напрямку автомобільної дороги, год.;

n – кількість ділянок з однорідними умовами руху (однаковою швидкістю).

Час проїзду, який потрібний транспортному засобу для проїзду дорожньої розв'язки визначається довжиною ділянки та, відповідно, швидкістю руху по ній:

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

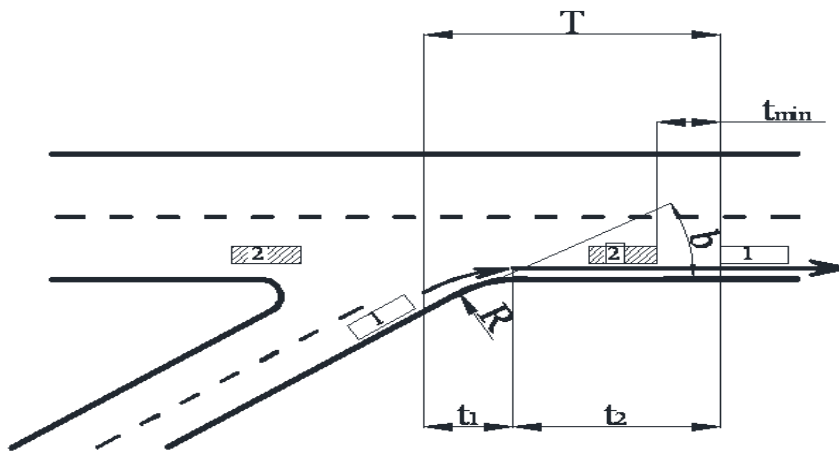
де l_i – довжина i -тої ділянки напрямку автомобільної дороги, км;

v_i – швидкість руху транспорту на i -тій ділянці напрямку автомобільної дороги, км/год.

2 Визначення затримок транспорту на з'їздах

Врахування лише часу проїзду дорожньою розв'язкою при визначенні транспортних витрат справедливе лише, коли транспортний потік рухається вільно. Зростання інтенсивності руху значно впливає на час проїзду, особливо при злитті транспортних потоків. На дорожніх розв'язках в різних рівнях, злиття транспортних потоків, в більшості випадків, відбувається при виконанні маневру правого чи лівого повороту. Злиття транспортних потоків можливе при наявності чи відсутності перехідно-швидкісної смуги.

1) Випадок, коли перехідно-швидкісна смуга відсутня.



t_1 – час проїзду кривої (довжини дуги повороту), с; t_2 – час, необхідний для розгону від швидкості на з'їзді до швидкості на головній дорозі, с; t_{\min} – мінімальний безпечний інтервал між автомобілями, с

Рисунок 2 – В'їзд на головну дорогу із з'їзду без перехідно-швидкісної смуги:

При виконанні правого повороту в'їзду на головну дорогу із з'їзду транспортний потік проходить дві відстані:

– відстань, необхідну для здійснення правого повороту по кривій $L_{\text{пов}}$:

$$L_{\text{пов}} = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot b, \quad (3)$$

де R – радіус з’їзду (при повороті на головну дорогу), м;

b – кут примикання, $^\circ$;

– відстань, необхідну для здійснення розгону від швидкості на з’їзді ($v_{\text{з’їзду}}$) до середньої швидкості руху на головній дорозі ($v_{\text{гол}}$), при відповідному прискоренні:

$$L_{\text{роз}} = \frac{v_{\text{гол}}^2 - v_{\text{з’їзду}}^2}{2 \cdot a_p}, \quad (4)$$

де $v_{\text{гол}}$ – середня швидкість руху на крайній смузі головної дороги, м/с;

$v_{\text{з’їзду}}$ – швидкість руху на з’їзді, м/с;

a_p – середнє прискорення автомобіля при розгоні, м/с².

Час розгону ($t_{\text{роз}}$) складається з часу проїзду кривої (t_1) при швидкості проїзду кривої $v_{\text{з’їзду}}$ та часу, необхідного для розгону (t_2) від швидкості руху на з’їзді до швидкості руху на основній дорозі. Час розгону запропоновано визначати за формулою:

$$t_{\text{роз}} = t_1 + t_2 = \frac{L_{\text{пов}}}{v_{\text{з’їзду}}} + \frac{v_{\text{гол}} - v_{\text{з’їзду}}}{a_p}. \quad (5)$$

Загальний час, необхідний для виконання маневру:

$$T = t_{\text{роз}} + t_{\text{мін}}, \quad (6)$$

де $t_{\text{мін}}$ – мінімальний безпечний інтервал між автомобілями, с:

$$t_{\text{мін}} = 3,6 \cdot \frac{(1 + l_{\text{авт}}) \cdot e^{\frac{v_{\text{гол}}}{v_0}}}{v_{\text{гол}}}, \quad (7)$$

де v_0 – швидкість, що відповідає пропускній здатності, км/год;

$l_{\text{авт}}$ – середня довжина автомобіля у транспортному потоці, м:

$$l_{\text{авт}} = 4,5 \cdot a + 7,0 \cdot b + 10,5 \cdot c + 12,0 \cdot d, \quad (8)$$

4,5; 7,0; 10,5; 12,0 – середня довжина типу автомобілів, відповідно легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів, м;

a, b, c, d – відсоток відповідно легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів.

e – основа натурального логарифму.

Для визначення часу затримки транспорту при виконанні маневру в'їзду, знаходимо кількість автомобілів, які можуть чекати моменту виконання маневру (використовуючи систему масового обслуговування):

$$p = \frac{T}{t_{\text{заг}}} \cdot N_2 = \frac{T}{\frac{3600}{N_1}} \cdot N_2 = \frac{T \cdot N_1 \cdot N_2}{3600}, \quad (9)$$

де $\frac{T}{t_{\text{заг}}}$ – кількість автомобілів, які можуть чекати моменту виконання

маневру в частках одиниці;

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

N_2 – інтенсивність на з'їзді, авт./год.

T – загальний час виконання маневру;

$t_{\text{заг}} = \frac{3600}{N_1}$ – інтервал на головній дорозі,

Час очікування виконання маневру при в'їзді на основну (другорядну) дорогу із з'їзду без влаштування перехідно-швидкісної смуги визначається за формулою:

$$t_{\text{заг}}^{\text{сеп}} = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot t_{\text{заг}}^2}{7200}, \quad (10)$$

де $t_{\text{заг}}$ – значення інтервалу руху, необхідного для виконання маневру, с;

N_1 – інтенсивність руху транспортного потоку на з'їзді, авт./год.;

N_2 – інтенсивність руху транспортного потоку на основній (другорядній) дорозі, авт./год.

Час очікування виконання маневру за рік становитиме:

$$T_{\text{річ}}^{\text{заг}} = t_{\text{заг}}^{\text{сеп}} \cdot K \cdot F \cdot N_1. \quad (11)$$

2) Випадок, коли перехідно-швидкісна смуга наявна.

Час очікування виконання маневру при в'їзді на основну (другорядну) дорогу із з'їзду при влаштуванні перехідно-швидкісної смуги визначається часом, необхідним для зміни смуги руху $t_{зм. см.}$.

$t_{зм. см.}$ – час, необхідний для виконання маневру влиття в транспортний потік на основній (другорядній) дорозі, с. Визначається в залежності від середньої довжини автомобіля в транспортному потоці ($l_{авт}$) та швидкості руху (v) за формулою:

$$t_{зм. см.} = (0,0164 \cdot l_{авт} + 0,0069) \cdot v^2 - (0,0112 \cdot l_{авт} + 0,4364) \cdot v + 0,0276 \cdot l_{авт} + 2,1475, \quad (12)$$

де v – швидкість руху при виконанні маневру влиття на основну (другорядну) дорогу, км/год.

Час очікування виконання маневру за рік становитиме:

$$T_{річ}^{загр} = T \cdot K \cdot F \cdot N_1. \quad (13)$$

Час очікування виконання маневру автомобілями при віднесеному розвороті:

$$t_{загр}^{загр} = t_{загр}^{сер} + t_{загр}^{смо} = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot t_{загр}^2}{7200} + \frac{N_1^4}{(N_v \cdot (N_v - N_1))^2} = N_1 \cdot \left(\frac{N_2 \cdot t_{загр}^2}{7200} + \frac{N_1^3}{(N_v \cdot (N_v - N_1))^2} \right). \quad (14)$$

Час очікування виконання маневру автомобілями при перетині потоків.

У випадку, коли транспортні потоки при проїзді дорожньої розв'язки перетинаються, виникає необхідність порівняти існуючий та необхідний безпечний інтервали для виконання даного маневру:

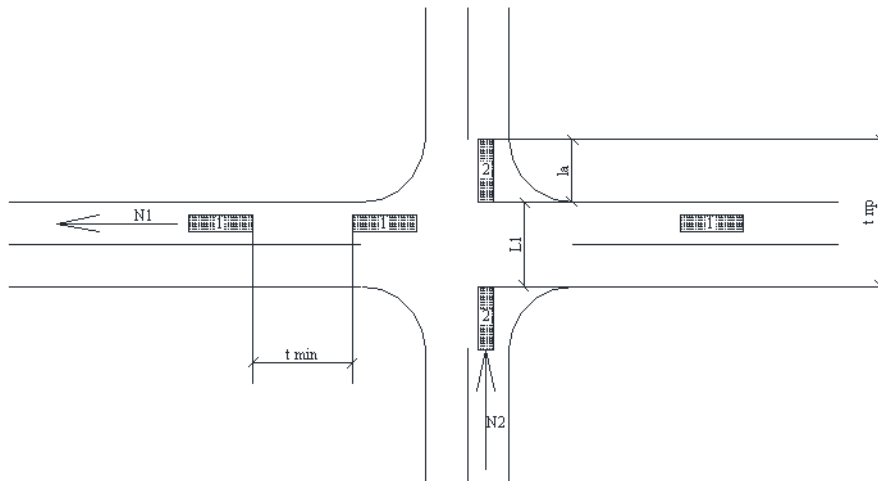


Рисунок 3 – Схема виконання маневру при перетині транспортних потоків

Час, необхідний для здійснення маневру:

$$T^{\text{необ}} = 2 \cdot (t_{\text{min}} + t_{\text{пр}}), \quad (15)$$

де $t_{\text{пр}}$ – час, який необхідний для проїзду $L_{\text{пр}} = l_1 + l_a$, с.

Час очікування визначається як:

$$t_{\text{затр}}^{\text{зар}} = (N_2 - N_2 \cdot \frac{t_{\text{пр}}}{t_{\text{пр}} + t_{\text{min}}^{\text{ичн}}}) \cdot \frac{t_{\text{пр}}}{2}, \quad (16)$$

де $t_{\text{min}}^{\text{ичн}}$ – існуючий безпечний інтервал між автомобілями на дорозі при наявній інтенсивності руху:

$$t_{\text{min}}^{\text{ичн}} = \frac{3600}{N_1}, \quad (17)$$

де N_1 – інтенсивність руху на основній (другорядній) дорозі, авт./год.

Вартість транспортних витрат знаходиться за формулою:

$$P = (T_{\text{річ}} + \sum T_{\text{річ}}^{\text{затр}}) \cdot U_i. \quad (18)$$

Висновок

Цей метод, на основі техніко-економічного обґрунтування, дозволяє правильно вибрати схему дорожньої розв'язки з урахуванням затримок.

Література

1. Аппельт Ф. Выбор схемы пересечения / Ф. Аппельт, С.А. Давыдов // Автомобильные дороги, 2010. – №8. – С.35–39.
2. Білятинський О.А. Дорожні розв'язки із розгалуженими проїздами / О.А. Білятинський, В.П. Старовойда // Автошляховик України, 2006. – №4. – С.40–41.
3. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.3 – 4:2007. – [Чинний від 2007-31-10]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – С. 42 – 43.

Рецензенти

А.В. Мішутін, д-р техн. наук, ОДАБА (Одеса)

Ф.П. Гончаренко, канд. техн. наук, ДП “Укрдипродор” (Київ)

Reviewers

A.V.Mishutin, Dr.Tech.Sci., OSACEA (Odesa)

F.P.Honcharenko, Ph.D., “Ukrdiprodor” (Kyiv)