

Рябушенко О.В.,

Левчук В.Ю.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет; e-mail: oibdrkhadi@ukr.net

ВПЛИВ РАДІУСУ ЗАКРУГЛЕННЯ
ПЕРЕХРЕСТЯ НА ЗАТРИМКУ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

УДК 656.13

Отримані залежності впливу радіусу закруглення проїзної частини перехрестя на затримку транспортного засобу для випадку безконфліктного повороту.

Ключові слова: *дорожній рух, перехрестя, транспортна затримка, швидкість руху*

Вступ. Дорожній рух є системою, що задовольняє одну із фундаментальних потреб людства – потребу у пересуванні у просторі ресурсів, товарів та безпосередньо людей. Від якості функціонування цієї системи залежить якість життя всіх членів суспільства. На шляху євроінтеграції Україні доведеться вирішувати проблеми удосконалення якісних показників вулично-дорожньої мережі (ВДМ) та удосконалення організації дорожнього руху, щоб довести їх стан до рівня провідних європейських міст.

Висока щільність ВДМ з одного боку забезпечує зручність під'їзду до різних об'єктів, особливо в центральній діловій частині міста, дозволяє розосереджувати транспортні і пішохідні потоки, створювати розгалужену мережу пасажирського транспорту. Але, з іншого боку, висока щільність ВДМ, обумовлює наявність великої кількості перехресть, нераціональні параметри яких призводять до затримок та втрати часу при пересуванні. Під затримками руху найчастіше розуміють втрату часу транспортними засобами при проходженні ділянки ВДМ зі швидкістю, меншою за можливу при ідальних умовах [1,2]. Під оптимальною швидкістю руху розуміють швидкість сполучення, яка забезпечує мінімум втрат часу, палива, витрат, пов'язаних зі зносом автомобіля, втрат від ДТП та ін. У якості основного критерію найчастіше виступає саме мінімізація втрат часу, оскільки цей показник, в разі потреби, може бути визначений безпосередньо на ділянці ВДМ [2,3]. З усіх факторів, що обумовлюють час затримки автомобіля при проїзді перехрестя, впливу геометричних параметрів перехрестя, приділено не достатньо уваги. І хоча, наприклад, зменшення затримок при збільшенні радіусу закруглення прорізної частини перехрестя є очевидним наслідком, досліджень ступеню впливу цього фактору зустрічається в літературі небагато.

Основна частина. Вимоги до геометричних параметрів перехрестя в Україні встановлюються нормативом [3]. Зокрема встановлюється, що радіуси заокруглень проїзних частин вулиць і доріг по їх бортовому каменю та розділювальних смуг на магістральних вулицях (дорогах) і дорогах у промислових і комунально-складських зонах слід приймати не менше 12 м; на транспортних площах - не менше 15 м. В обмежених умовах і при реконструкції допускається зменшувати зазначені радіуси відповідно до 6 та 10 м. На інших вулицях і дорогах радіуси заокруглень повинні бути не менше 6 м. Але подекуди історично складена забудова не дозволяє спроектувати та реалізувати достатні радіуси закруглення на перехрестях.

Розглянемо найпростіший варіант руху автомобіля в зоні перехрестя при повороті праворуч за відсутності будь-якого конфлікту з іншими учасниками руху. Затримка автомобіля в цьому випадку обумовлюється необхідністю зниження швидкості на повороті від V_1 до V_2 , для забезпечення безпеки руху, та подальшим розгоном знову до швидкості V_1 (рис. 1). Тобто, проїзду автомобіля перехрестям із нульовою затримкою відповідає пунктирна лінія на графіку.

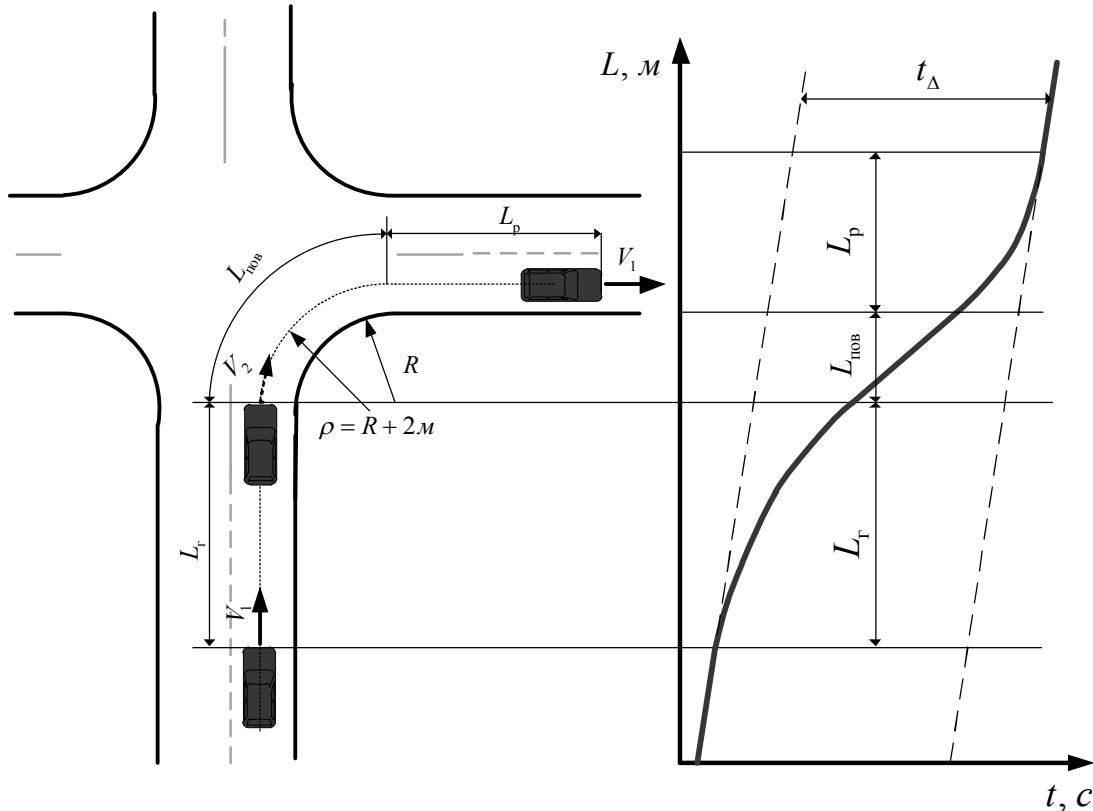


Рис. 1. - Схема руху автомобіля на перехресті при безконфліктному повороті праворуч та відповідна $t - L$ діаграма

Загальна затримка автомобіля в цьому випадку може бути представлена як сума:

$$t_{\Delta} = t_{\Delta r} + t_{\Delta \text{пов}} + t_{\Delta p}, \quad (1)$$

де $t_{\Delta r}$ - затримка, пов'язана з гальмуванням автомобіля перед поворотом, с;

$t_{\Delta p}$ - затримка, пов'язана з розгоном автомобіля за поворотом, с;

$t_{\Delta \text{пов}}$ - затримка, пов'язана з рухом на повороті, с.

Затримка при гальмуванні визначається як різниця часу гальмування t_r та часу, що втратив би автомобіль рухаючись тією ж ділянкою з постійною швидкістю V_1 :

$$t_{\Delta r} = \frac{V_1 - V_2}{j_r} - \frac{L_r}{V_1}. \quad (2)$$

де j_r - сповільнення при гальмуванні автомобіля перед поворотом, м/с^2 ;

L_r - довжина ділянки гальмування, м.

При припущенні про рівносповільнений рух автомобіля, можна визначити

$$L_r = \frac{V_2^2 - V_1^2}{-2 \cdot j_r}. \quad (3)$$

Тоді отримаємо:

$$t_{\Delta r} = \frac{V_1 - V_2}{j_r} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{-2 \cdot j_r \cdot V_1} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 2 \cdot V_1 - V_2^2 + V_1^2}{2 \cdot j_r \cdot V_1} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot j_r \cdot V_1}. \quad (4)$$

Аналогічним чином визначається затримка при розгоні:

$$t_{\Delta p} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot j_p \cdot V_1} \quad (5)$$

Якщо прийняти, що траєкторія руху автомобіля на повороті представляє собою дугу окружності з радіусом ρ , можна записати

$$t_{\Delta \text{пов}} = \frac{L_{\text{пов}}}{V_2} - \frac{L_{\text{пов}}}{V_1} = L_{\text{пов}} \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1 \cdot V_2} = \frac{\alpha}{180} \cdot \pi \cdot \rho \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1 \cdot V_2}, \quad (6)$$

де α - кут повороту на перехресті.

Таким чином, вираз для визначення сумарної затримки автомобіля при виконанні повороту при $\alpha = 90^\circ$ може бути записаний як:

$$t_{\Delta} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2 \cdot V_1} \cdot \left(\frac{1}{j_p} + \frac{1}{j_r} \right) + \frac{\pi}{4} \cdot \rho \cdot \frac{V_1 - V_2}{V_1 \cdot V_2} \quad (7)$$

Тобто, як і очкувалося, затримка автомобіля при безконфліктному повороті на перехресті залежить від співвідношення швидкостей руху прямою ділянкою дороги на підходах до перехрестя та криволінійною ділянкою на повороті. Із залежності (7) також виходить, що збільшення радіуса повороту призводить до зростання затримки через збільшення довжини траєкторії руху на повороті. Але більш вагомим є вплив радіуса повороту на величину швидкості руху автомобіля. Тому при збільшенні радіуса закруглення значно збільшиться швидкість руху на повороті V_2 , що призведе до зменшення затримки автомобіля.

У якості розрахункової швидкості руху V_2 буде не вірно використовувати критичну швидкість за умов забезпечення стійкості, оскільки при повороті водій завжди обирає швидкість значно меншу від критичної (з запасом). В різних літературних джерелах розрахункову швидкість на повороті рекомендується обирати в межах $V_p = (0,5 \dots 0,85) V_{\text{кр}}$. За даними професора Ю.А. Врубеля [4], швидкість, яку обирають водії при русі криволінійною ділянкою (в м/с), пропорційна її радіусу із емпіричним коефіцієнтом 0,33.

З урахуванням цього, а також прийнявши радіус заокруглення проїзної частини на перехресті $R = \rho - 2$ м, можна записати:

$$t_{\Delta} = \frac{(V_1 - 0,33 \cdot (R + 2))^2}{2 \cdot V_1} \cdot \left(\frac{1}{j_p} + \frac{1}{j_r} \right) + \frac{\pi \cdot (R + 2)}{4} \cdot \frac{V_1 - 0,33 \cdot (R + 2)}{0,33 \cdot (R + 2) \cdot V_1} \quad (8)$$

Тепер можна графічно проілюструвати безпосередньо вплив радіуса закруглення проїзної частини перехрестя на затримку транспортного засобу при безконфліктному повороті праворуч (рис. 2). В розрахунках було прийнято $j_r = 3 \text{ м/с}^2$ та $j_p = 1 \text{ м/с}^2$.

Як бачимо з графіку, при збільшенні радіуса закруглення проїзної частини на перехресті затримка поворотного автомобіля зменшується. Також очевидна майже відсутність впливу збільшення радіуса закруглення при низьких швидкостях руху на підході до перехрестя, наприклад в умовах передзаторового стану або при наявності перешкод.

Більшість перехресть в центральній діловій частині великих міст України мають

радіуси закруглень в межах від 6 до 15 метрів. В межах цього діапазону, як видно з графіків, залежність затримки автомобіля при повороті від радіусу закруглення є майже лінійною. Зі збільшенням швидкості на підході до перехрестя майже пропорційно збільшується затримка (рис. 3). Відповідний регресійний коефіцієнт може бути приблизно прийнятий рівним 0,3.

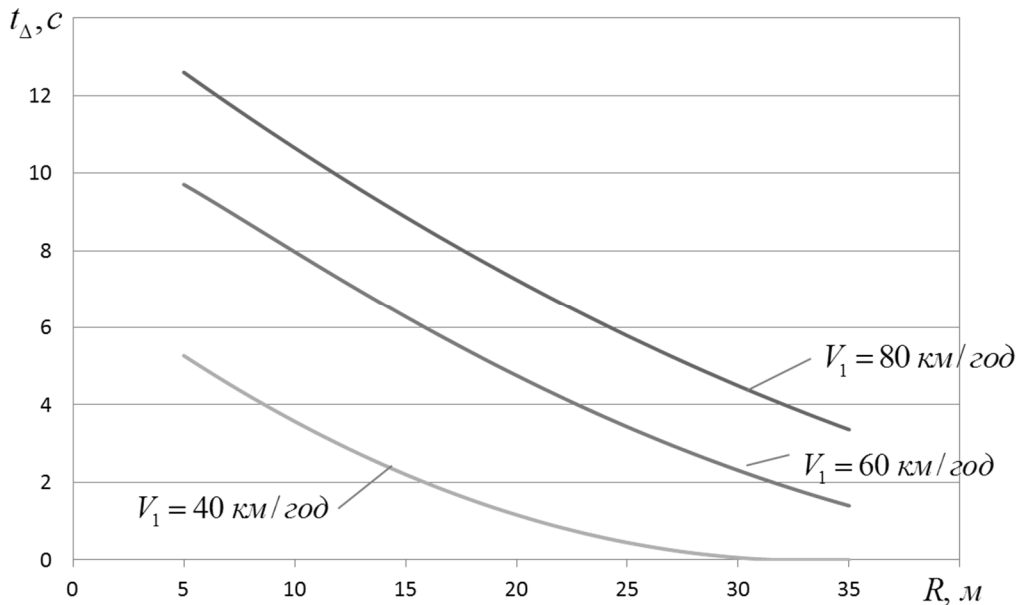


Рис. 2 – Залежність затримки автомобіля від радіусу закруглення проїзної частини при різних початкових швидкостях

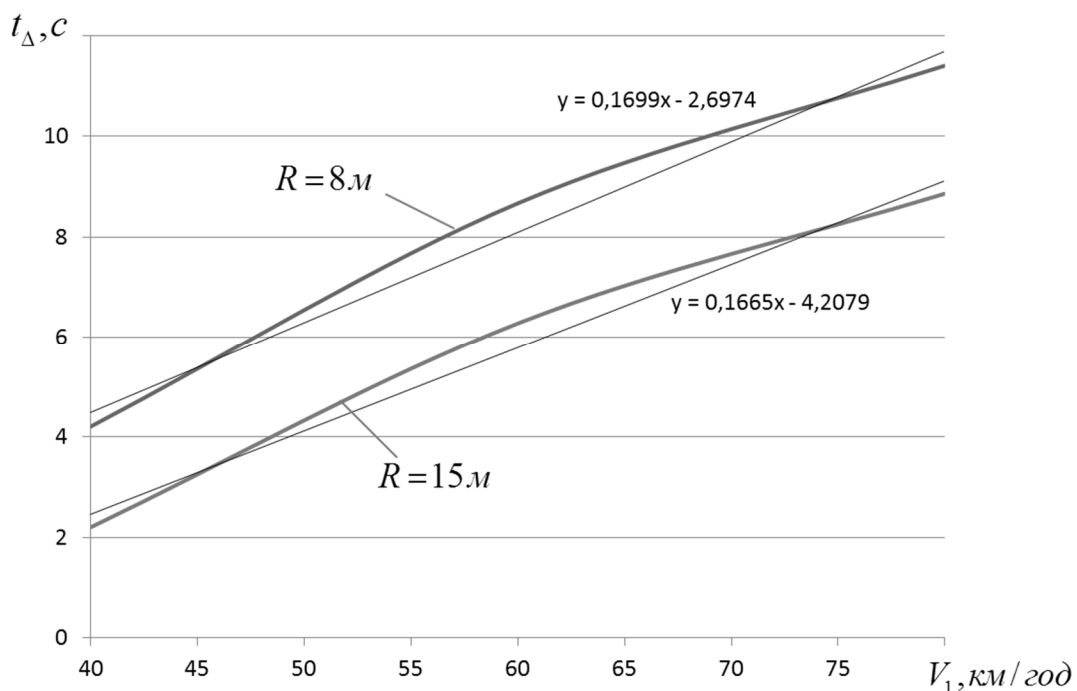


Рис. 3 – Залежність затримки автомобіля від швидкості руху на підході до перехрестя

Аналогічно залежність затримки від швидкості на підході до перехрестя можна прийняти лінійною з коефіцієнтом 0,17, який майже не залежить від величини радіусу закруглення.

Таким чином, для приблизної оцінки затримки одиночного автомобіля при безко-

нфліктному повороті на перехресті можна використовувати спрощену лінійну залежність:

$$t_{\Delta} = -0,3 \cdot R + 0,18 \cdot V_1, \quad (9)$$

де R - радіус закруглення на повороті, м;

V_1 - швидкість на підході до перехрестя, км/год.

Запропонована модель даватиме адекватний результат при виконанні умови $V_1 \geq 1,18 \cdot R$.

Таким чином, можна приблизно вважати, що збільшення радіусу закруглення на 10 метрів призводить до зменшення затримки автомобіля, що повертає, на 3 секунди, а збільшення швидкості руху на підході до перехрестя на 10 км/год призводить до зростання затримки автомобіля, що повертає, на 1,8 секунди.

Висновки. Наведені розрахункові залежності та графіки, які дозволяють проаналізувати вплив радіусу закруглення перехрестя на затримку транспортного засобу при безконфліктному повороті. Запропонована спрощена модель дозволяє проводити узагальнену оцінку зміни транспортної затримки при зміні геометрії перехрестя.

Література

1. Системологія на транспорті. Кн. IV. Організація дорожнього руху. К.: Знання України., 2012. – 451 с.
2. Григоров М.А., Дашенко О.Ф., Усов А.В. Проблеми моделювання і управління рухом транспортних потоків у великих містах: Монографія. – Одеса: Астропринт, 2004. – 272 с.3.
3. ДБН В.2.3-5-2001 [3]. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. Видання офіційне. - Держбуд України. – Київ, 2001. – 49 с.
4. Врубель Ю.А. Характеристики дорожнього движения: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» / Ю.А. Врубель. - Минск.: БНТУ, 2007. - 268 с.

Summary

Ryabuhenko O., Levchuk V. Influence of radius of crossing rounding on of transport vehicle delay

The high closeness of street road network of metropolises results in the presence of large number of crossing. Often the historically folded building of central part of city does not allow to provide the optimal geometrical parameters of crossing. The inefficient parameters of crossing, for example insufficient radiuses of rounding of trafficway, result in large transport delays.

The simplest chart is examined in the article, when a car turns on crossing without a conflict with other participants of road traffic. The delay of car in this case is related to the decline of speed at a turn and subsequent acceleration. The size of delay of car depends on the rate of running speed near the crossing and radius of turn. Most crossing in the cities of Ukraine have radiuses of rounding of trafficway from 6 to 15 meters. Within the limits of this range dependence of delay of car on the radius of rounding of trafficway it is possible to consider linear. The increase of radius of rounding on 10 meters results in the decline of delay of car on the average on 3 seconds. In the article the simplified model is offered for the estimation of influence of radius of rounding of crossing on a transport delay at the conflict-free turning.

Keywords: road network, crossing, transport delay, radius of rounding.

References

1. Systemolohiya na transporti. Kn. IV. Orhanizatsiya dorozhn'oho rukhu. K.: Znannya Ukrainy., 2012. – 451 s.
2. Hryhorov M.A., Dashchenko O.F., Usov A.V. Problemy modelyuvannya i upravlinnya rukhom transportnykh potokiv u velykykh mistakh: Monohrafiya. – Odesa: Astroprint, 2004. – 272 s.
3. DBN V.2.3-5-2001 [3]. Sporudy transportu. Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv. Vydannya ofitsiyne. - Derzhbud Ukrainy. – Kyiv, 2001. – 49 s.
4. Vrubeľ U. A. Harakteristiki dorozhnogo dvizheniya: uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov special'nosti 1-44 01 02 «Organizaciya dorozhnogo dvizheniya» / U.A. Vrubeľ. - Minsk.: BNTU, 2007. - 268 s.