УДК 629.60.002.8 (046)

[1]**Степанчук О.В.,** к.т.н.
[2]**Васюкович Д.Б.,** аспірант

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПО МАГІСТРАЛЬНИМ ВУЛИЦЯМ З КІЛЬЦЕВИМ РУХОМ

[1,2]Національний авіаційний університет
[1,2]e-mail: dinavasiukovych@gmail.com

Для визначення шляхів та методів підвищення пропускної здатності міських магістралей з кільцевим рухом слід виявити структуру, параметри та змінні транспортного потоку, що дозволить знайти причинно-наслідкові зв'язки між одиницями потоку в процесі руху та отримати шляхи вирішення основних проблем в процесі проектування та експлуатації даного типу перетину.

Ключові слова: *кільцевий перетин, транспортний потік, транспортний потенціал, лінія злиття, час затримки, швидкість руху.*

Актуальність теми

Магістралі з кільцевим рухом отримали широке розповсюдження у містах України як спосіб забезпечення неперервного руху транспортних потоків за всіма напрямками при незначних розмірах інтенсивності та відсутності перетину потоків пішохідним рухом. Та все ж, кільцевий перетин, хоч і дозволяє перерозподілити рух в різні напрямки без влаштування перетинів в різних рівнях, все ж має певні недоліки, пов'язані зі зниженням пропускної здатності, так як в більшій мірі залежить від дожини лінії злиття, тобто, розмірів кільця. Чим більше кільце, тим зручніше автомобілям перелаштуватися.

Перетини в одному рівні є одними з найнебезпечніших місць вулично-дорожньої мережі. Це пов'язано з тим, що перехрестя представляють собою область максимального впливу факторів взаємодії транспортного потоку з дорожніми умовами на виникнення ДТП. У Німеччині на перетинах і примиканнях в одному рівні відбувається в середньому 33% всіх ДТП, в Англії та Італії — 26%, в США – 21%, в Україні – 30%. В даний час питання забезпечення безпеки руху стали проблемою світового значення, вивченням якої займається Організація Об'єднаних Націй А отже, слід приділяти особливу увагу геометричним елементам перетину під час проектування для збільшення безпеки руху, швидкості, зручності автомобілів.

Аналіз досліджень та публікацій

Питання розрахунку елементів кільцевих перетинів піднімалося в роботах таких вітчизняних учених: В.Ф. Бабкова, В.А. Гохмана, В.І. Гука, Б.К. Каюмова, Є.М. Лобанова, М.М. Позднякова, та ін. [1; 2; 3; 4; 5; 6] та зарубіжних дослідників: W. Brilon, W. Günter, Russell [7; 8; 9] та ін.

На розподіл автомобілів по ширині проїжджої частини і утворення рядів руху впливають такі фактори: діючі правила дорожнього руху; спосіб організації поворотного руху і частка повертаються автомобілів; інтенсивність руху в одному напрямку; склад транспортного потоку; кількість смуг руху на підході до перетину, громадський транспорт у складі транспортного потоку; розміщення пункту зупинки щодо перетину та ін.

Відмічається, що під час проектування кільцевих перетинів особливу увагу слід приділяти геометричним елементам плану, вертикальному плануванню. Від правильності вибору параметрів елементів перетину будуть залежати умови видимості та сприйняття обстановки й напрямку вулиць, які перетинаються для уникнення аварійності, умови взаємодії автомобіля та водовідводу, швидкості руху, скорочення часу проїзду та підвищення пропускної здатності мережі вулиць в цілому.

Постановка завдання

Для визначення основних закономірностей розподілу транспортних потоків на магістралях з кільцевим рухом слід визначити таке поняття як «лінія злиття» та швидкість руху автомобіля на підході до перетину та по кільцю.

Вирішення поставленого завдання

Транспортний потік представляє собою складну систему, що складається з транспортних потоків, проїжджої частини та зовнішнього середовища. Основним принципом системи «транспортний потік» є цілісність процесу руху, тобто першочерговим є цілісність потоку, а другорядним – положення та швидкість автомобілів в потоці. Силовою функцією, що впливає на швидкість автомобіля в потоці, є його інтенсивність.

Слід ввести таке поняття як транспортний потенціал, що характеризує накопичення транспортних засобів на певній ділянці дороги чи вулиці. Тобто, транспортні засоби, що рухаються до кільцевого перетину певною групою чи колоною мають певний запас працездатності, яку вони здійснюють під час руху. Це зовнішня працездатність потоку, обумовлена координатним розподіленням потоків по осі проїжджої частини.

Значення транспортного потенціалу E_T визначається інтенсивністю руху N, що описується відповідними законами досягнення автомобілями місця затримки, тобто початку кільцевого перетину, тривалістю затримки для вливання в потік й імовірністю затримки. Тривалість затримки перед перетином носить ймовірнісний характер, так як залежить від інтенсивності руху.

Затримки на перетинах із саморегульованим режимом руху на «лініях злиття» виникають при перелаштуванні автомобіля з однієї смуги руху на іншу та зайнятості «смуги злиття» та в результаті зменшення швидкості руху автомобіля по кільцю:

$$\alpha_{ср} = \alpha_{л.з.}\alpha_{к}, \qquad (1)$$

де $\alpha_{л.з.}$ - коефіцієнт затримки на «лінії злиття», $\alpha_{л.з.} = \frac{T_i}{T_{iз}}$, $\grave{O}_i -$ час, затрачений на рух по розглянутій ділянці вулиці без зменшення швидкості, $T_i = \frac{\hat{L}_i}{V_j}$; $\hat{L}_i -$ ділянка вулиці одиничної довжини з перетином; $V_j -$ швидкість транспортного потоку по j-ій смузі, $T_{iç} -$ час руху з урахуванням затримки, $T_{iз} = \frac{\hat{L}_i}{V_j} + P(t_{зт})t_{зт}$; $P(t_{зт})$ - ймовірність затримки, $t_{зт}$ - середній час затримки;

$\alpha_{\hat{e}} -$ коефіцієнт затримки під час руху по кільцю, $\alpha_{к} = \frac{V_к}{V_i}$, $V_{\hat{e}} -$ швидкість руху по кільцю, радіусом R.

Фактичний час проїзду руху автомобіля через кільцевий перетин визначимо як суму ймовірностей руху без затримки по вільній лінії злиття $(1 - P(t_{зт}))\frac{l_{лз}}{V_к}$ та ймовірність руху із затримкою $P(t_{зт})(\frac{l_{лз}}{V_к} + t_{оч})$, де тривалість очікування $t_{оч}$ встановимо, скориставшись методами теорії масового обслуговування [3].

Таким чином,

$$T_{iз} = (1 - P(t_{зт}))\frac{l_{лз}}{V_к} + P(t_{зт})(\frac{l_{лз}}{V_к} + t_{оч}),$$

де $l_{ëç} -$ довжина лінії злиття.

Тривалість очікування, як середній час обслуговування, залежить від часу руху по колу $T_к = 1/\tau_к$ без затримки та зайнятості лінії злиття іншими автомобілями, тобто від загальної завантаженості перетину.

$t_{оч} = \frac{1}{\tau_к}\frac{1}{1-\psi_к}$, де $\psi_к = \frac{Q}{Q_m}$, де Q, Q_m – відповідно щільність та максимальна щільність транспортного потоку.

$$t_{оч} = \frac{l_{лз}}{V_к}\frac{Q_m}{Q_m - Q}.$$

Ймовірність затримки визначається як стаціонарна ймовірність зайнятості поперечника іншими автомобілями. Для найпростішого потоку автомобілів дана ймовірність рівна коефіцієнту завантаженості ψ [3],

$$P(t_{зт}) = \psi = \frac{Q}{Q_m} = \frac{Q_m}{Q_m - Q}.$$

Звідси, тривалість затримки:

$$T_{із} = (1-\psi)\frac{l_{лз}}{V_к} + \psi(\frac{l_{лз}}{V_к} + \frac{l_{лз}}{V_к}\frac{1}{1-\psi}),$$

або

$$T_{із} = \frac{l_{лз}}{V_к} + \frac{l_{лз}}{V_к}\frac{\psi}{1-\psi}. \quad (2)$$

Відповідно, коефіцієнт затримок на лінії злиття

$$\alpha_{лз} = \frac{l_{лз}/V_к}{\frac{l_{лз}}{V_к}(1+\frac{\psi}{1-\psi})} = \frac{Q_m}{Q_m - Q}. \quad (3)$$

Підставивши значення з формули (3) в (2), отримаємо коефіцієнт затримки автомобіля на кільцевому перетині

$$\alpha_{ср} = \frac{V_к}{V_i}\frac{Q_m}{Q_m - Q} = \frac{V_к}{V_i}(1-\psi). \quad (4)$$

В рамках досліджень, проведених на кільцевих перетинах міста Києва, був досліджений вплив різниці швидкостей потоку, що вливається в основний та кільцевий потік на умови руху потоків, що переплітаються.

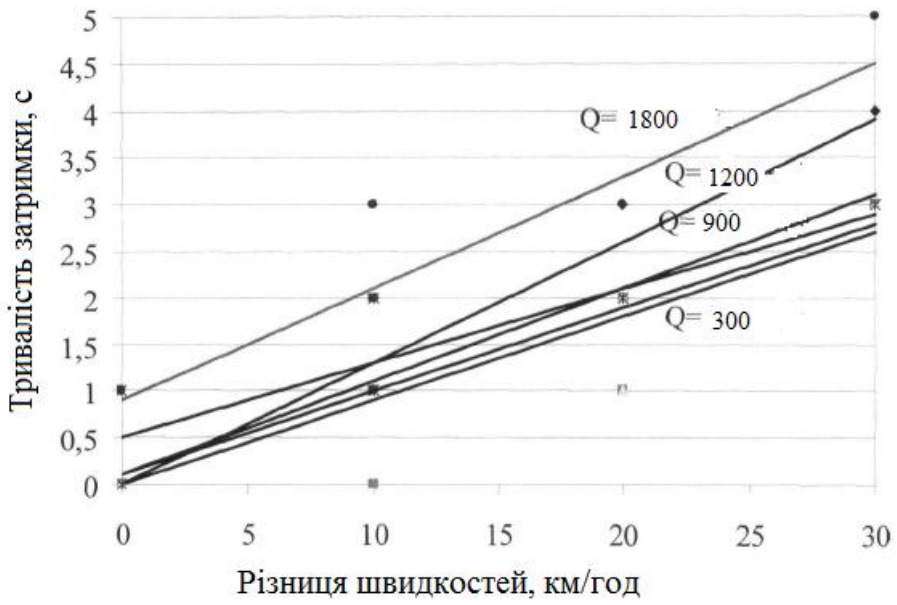

Рис. 1. Залежність часу затримки на ділянці переплетення від різниці швидкостей вхідного потоку та кільцевого

Експеримент відбувався таким чином, щоб виключити вплив довжини ділянки переплетення. Швидкість потоку, що вливається та кільцевого змінювалася від 20 до 50 км/год. Різниця між ними коливається відповідно 0…30 км/год. Об'єм руху на ділянці переплетення 600…1800 од./год.

На основі отриманих результатів були отримані та побудовані лінійні залежності часу затримки від різниці швидкостей кільцевого та потоку, що вливається.

Слід відмітити, що найменша затримка руху на ділянці переплетення відмічається при різниці швидкостей рівній нулю. Це підтверджується й рекомендаціями, що радіус кривої в'їзду повинен відповідати швидкості руху кільцевого потоку [6].

Так як отримані залежності мають лінійний характер, то для підвищення безпеки руху та ефективності функціонування методами проектування та організації руху слід прагнути до зниження різниці швидкостей між потоками. При кожному збільшенні об'ємів руху на 200 од./год час затримки збільшуватиметься на 1,5 с при різниці швидкостей, рівній нулю, а при різниці, рівній 30 км/год – час затримки збільшуватиметься в середньому на 1 с.

Висновки.

В результаті проведених досліджень, слід зробити висновки про те, що пропускна здатність магістралі з кільцевим рухом залежить насамперед від пропускної здатності лінії злиття.

Затримки на перетинах із саморегульованим режимом руху на «лініях злиття» виникають при перелаштуванні автомобіля з однієї смуги руху на іншу та зайнятості «смуги злиття» та в результаті зменшення швидкості руху автомобіля по кільцю.

Фактичний час проїзду руху автомобіля через кільцевий перетин визначається як сума ймовірностей руху без затримки по вільній лінії злиття.

На основі отриманих результатів були отримані та побудовані лінійні залежності часу затримки від різниці швидкостей кільцевого та потоку, що вливається.

Найменша затримка руху на ділянці переплетення відмічається при різниці швидкостей рівній нулю. Для підвищення безпеки руху та ефективності функціонування методами проектування та організації руху слід прагнути до зниження різниці швидкостей між потоками.

Список літературних джерел

1. Бабков В. Ф. Проектирование автомобильных дорог : учебник для вузов / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – Ч.1-2. – 368 с.

2. Гохман В. А. Пересечения и примыкания автомобильных дорог : учеб. пособие для авт.-дор. спец. вузов / В. А. Гохман, В. М. Визгалов, М. П. Поляков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1989. – 319 с. : ил. – ISBN 5-06-000150-4.

3. Гук В.И. Решение практических задач автомобильного движения на основе теории массового обслуживания // Транспортные системы городов различной величины. – К.: Будівельник, 1974. – №8. – с. 38-48.

4. Каюмов Б. К. Исследование граничных интервалов времени на кольцевых пересечениях / Б. К. Каюмов ; МАДИ // Проектирование автом. дорог и безопасность движения : сб. науч. трудов МАДИ. – М. : МАДИ, 1979. – вып. 163. – С. 1-150.

5. Лобанов Е. М. Пропускная способность автомобильных дорог / Е. М. Лобанов [и др.]. – М. : Транспорт, 1970. – 152 с.

6. Поздняков М. Н. Совершенствование организации дорожного движения на кольцевых пересечениях : Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук Поздняков М. Н. / М. Н. Поздняков. – Волгоград : Волгогр. гос. техн. ун-т, 2005. – 23 с.

7. Brilon W.; Stuwe B. Kreisverkehrsplätze – Die Wiederentdeckung einer vernachlässigten Knotenpunktform, RUBIN. – Heft 2/92. – S. 42 – 45

8. Gates Timothy J., Maki Robert E. Converting old traffic circles to modern roundabouts: Michigan state university case study / Department of Civil and Environmental Engineering 2001.

9. Russell E. R., Luttrell G., Rys M. Roundabout studies in Kansas. – Montreal, Quebec, Canada 2002.