

УДК – 711.4

**КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ПЕРЕТИНІВ
МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ З КІЛЬЦЕВИМ РУХОМ ТРАНСПОРТУ**

Бондар О.В., аспірант,
Київський національний університет будівництва і архітектури
olex.va@gmail.com

Анотація. В даній статті представлено дослідження системи критеріїв оцінки вибору типу інженерно-планувального рішення перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом транспорту, також наводяться переваги влаштування такого типу перетину. Проаналізовані різні підходи до визначення пропускної здатності кільцевих перетинів та визначено область доцільного використання перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом транспорту. Визначено, що розмір середньої затримки транспортних засобів значно впливає на режим руху на кільцевих перетинах. Також наводиться класифікація рівнів обслуговування (зручності руху) перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом транспорту в залежності від значення середньої затримки транспорту.

Ключові слова: перетини міських магістральних вулиць, кільцеві перетини, інженерно-планувальне рішення, критерії оцінки.

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ
ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ГОРОДСКИХ МАГИСТРАЛЬНЫХ УЛИЦ С КОЛЬЦЕВЫМ
ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА**

Бондарь А.В., аспирант,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры
olex.va@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлено исследование системы критериев оценки выбора типа инженерно-планировочного решения пересечений городских магистральных улиц с кольцевым движением транспорта, рассмотрено достоинства такого типа пересечений. Проанализированы различные подходы к определению пропускной способности кольцевых пересечений. Определено, что размер средней задержки транспортных средств значительно влияет на изменение режима движения на кольцевых пересечениях. Также приводится классификация уровней обслуживания (удобства движения) пересечений городских магистральных улиц с кольцевым движением транспорта в зависимости от значения средней задержки транспорта.

Ключевые слова: пересечения городских магистральных улиц, кольцевые пересечения, инженерно-планировочное решение, критерии оценки.

**EVALUATION CRITERIA OF ENGINEERING AND PLANNING SOLUTIONS
OF ROUNDABOUTS**

Bondar O.V., post-graduate student,
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture
olex.va@gmail.com

Abstract. This article presents the results of the research of selection criteria for the evaluation of engineering and planning solutions of roundabouts, the advantages of the placement of roundabouts are presented. Different approaches to defining the traffic capacity of roundabouts were analyzed. It was found that the average delay of vehicles significantly affects changes in movement mode in circular intersections. Service level classification (ease of movement) on roundabouts depending on the size of the average delay of transport is considered. The main criteria for the evaluation of engineering and planning solution are the node carrying capacity, minimizing transport costs at the intersection, road safety, the geometrical parameters of circular intersections and the environmental assessment. The node capacity ultimately depends on the length of the interlacing line. The longer is the line of interlacing, the easier is the process of traffic flows interlacing, more cars can move on a circular roadway. Evaluation criteria can be both quantitative and qualitative. In addition, the intersection of urban roads with a circular traffic, must have the opportunity of further development (the construction of interchanges at different levels).

Keywords: crossing city streets, intersections, roundabouts, the evaluation criteria, circular intersections.

Вступ. Швидке зростання кількості автомобілів призводить до збільшення інтенсивності руху в містах, наслідок якого проявляється в загостренні транспортних проблем. Особливо гостро вони виявляються в вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі (ВДМ) – перетинах. Збільшуються затримки в русі транспорту, виникають довгі черги, затори (пробки), що викликає даремну витрату палива, а також підвищений знос перетинів і транспортних засобів. З точки зору екології змінний режим руху, часті зупинки і скупчення автомобілів на перехрестях є причинами підвищеного забруднення повітряного басейну міста продуктами неповного згорання палива. Зростання інтенсивності транспортних і пішохідних потоків негативно позначається на безпеці дорожнього руху. За статистикою 60% всіх дорожньо-транспортних пригод (ДТП) припадає на територію міста, при цьому більше половини виникає на перетинах. Забезпечення швидкого і безпечного руху в сучасних містах вимагає застосування комплексу організаційних, архітектурно-планувальних заходів, які сприяють впорядкуванню руху на існуючій ВДМ [3].

Вулично-дорожня мережа міста складається з перетинів та шляхів сполучення (вулиці та дороги).

Оцінка стану ВДМ є початковою та обов'язковою складовою містобудівного проектування: генеральних планів (у розділах, пов'язаних з ВДМ); комплексних транспортних схем (КТС); проектів детального планування (ПДП); комплексних схем організації руху (КСОР); проектів організації дорожнього руху (ПОДР). Окрім цього, повинна оцінюватись ефективність самих проектних рішень перетинів міських магістральних вулиць. В цьому зв'язку критерії та методи оцінки перетинів міських магістральних вулиць складають один із важливих розділів методичного забезпечення проектування ВДМ.

Цілі і завдання. Разом з тим в нашій країні існує методика оцінки проектних рішень перетинів міських магістральних вулиць, яка включена до нормативних документів та рекомендацій по проектуванню, але вона не дає змогу отримати достовірну інформацію, тому виникає необхідність в більш детальному дослідженні критеріїв оцінювання інженерно-планувальних рішень перетинів.

Постановка проблеми. Одними з найбільш небезпечних ділянок ВДМ є перетини вулиць і доріг в одному рівні, на яких зосереджуються ДТП, спостерігається зниження швидкості руху автомобілів і значно зменшується пропускна здатність вулиць та доріг, яка багато в чому визначається організацією руху на перетинах.

Перетини міських магістральних вулиць з кільцевим рухом володіють наступними перевагами:

- відсутні витрати на регулювання руху;
- розділення конфліктних точок, низька відносна швидкість руху і гострі кути злиття

(переплетення) на кільцевому перетині сприяють більшій безпеці руху;

– втрати часу автомобілями значно менші, ніж на нерегульованих перетинах в одному рівні;

– схема руху на перетині проста і зрозуміла водіям;

– забезпечуються кращі умови для виконання лівого повороту в порівнянні з іншими типами перетинів в одному рівні;

– капітальні витрати на влаштування перетину міських магістральних вулиць з кільцевим рухом істотно менше в порівнянні з перетином в різних рівнях;

– перетини міських магістральних вулиць з кільцевим рухом з малими центральними острівцями і збільшеним числом смуг руху на в'їзді володіють високою пропускною здатністю, яку можна порівняти з пропускною спроможністю перетинів в різних рівнях [6].

Аналіз останніх досліджень. Основним критерієм оцінки ефективності інженерно-планувального рішення перетину міських магістральних вулиць з кільцевим рухом є відповідність пропускної здатності перетину інтенсивності руху транспорту. Метсон Т., Дрю Д.Р., Гук В.І., Вулліс Д. А., Смирнов М.Ф., Красильнікова О.В., Каюмов Б.К., Лобанов Є.М., Уордроп. Д., Самойлов Д.С., та інші відомі дослідники займалися дослідженням пропускної здатності перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. В основу цих методик покладено різні підходи до визначення пропускної здатності перетину та закладаються різні параметри, змінні для розрахунку її. В існуючих нормативних документах відсутнє обґрунтування щодо призначення необхідної кількості смуг руху на проїзній частині кільцевого перетину та їх загальна ширина в залежності від радіуса центрального острівця [1, 2].

Основна частина. При проектуванні перетинів міських магістральних вулиць розглядають кілька варіантів схем інженерно-планувальних рішень перетинів. Основна умова конкурентоспроможності – ускладнення і подорожчання інженерно-планувального рішення повинне покращувати транспортно-експлуатаційні характеристики перетину. Якщо подорожчання будівництва перетину не призводить до зменшення на ньому поточних витрат (транспортних втрат і втрат від ДТП), таке планувальне рішення не може розглядатися як варіант перетину. При виборі типу перетину слід орієнтуватися на досвід експлуатації подібних споруд. На рис. 1 представлені області застосування різних типів перетинів і їх інженерно-планувальних рішень [4].

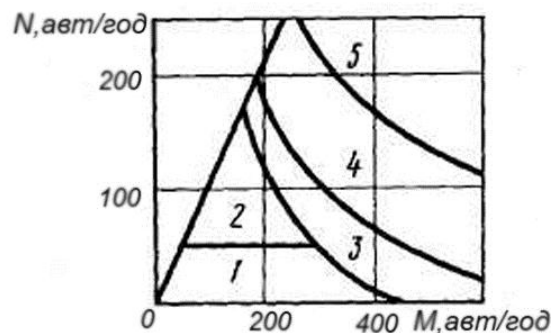


Рис. 1. Области застосування перетинів різних типів:

- 1 – нерегульовані; 2 – частково-каналізовані; 3 – повністю каналізовані і кільцеві перетини;
4 – неповні транспортні розв'язки; 5 – повні транспортні розв'язки

Аналіз літератури дозволяє сформулювати систему критеріїв за допомогою якої можливо оцінювати інженерно-планувальну схему перетину міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. Ці критерії можуть бути як кількісними так і якісними.

Система критеріїв оцінки вибору типу перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом:

– пропускна здатність перетину (авт./год);

– величина транспортних втрат на перехресті (с);

– забезпеченість безпекою руху (кількість ДТП);

- екологічна оцінка (мг/м³);
- планувальна та архітектурна естетичність;
- складність організації руху транспорту та пішоходів;
- рівень обслуговування (зручності руху);
- техніко-економічні показники (зайнята перехрестям площа, вартість будівництва, термін окупності капіталовкладень в будівництво (реконструкцію)).

Пропускна здатність перетину – головний критерій ефективності вибору типу перетину міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. Пропускна здатність кільцевих перетинів залежить від великої кількості чинників: дорожніх умов (ширини проїзної частини, поздовжнього ухилу, радіуса кривих в плані, відстані видимості, тощо), складу потоку автомобілів, наявності засобів регулювання, погодно-кліматичних умов, можливості маневрування автомобілів по ширині проїзної частини і конструкції автомобілів [8]. Основою розрахунку пропускної здатності кільцевих перетинів є динамічні теорії транспортних потоків, оскільки при інтенсивності руху близької або рівної пропускної здатності автомобілі випробовують взаємний вплив і рухаються безперервною колоною в режимі «слідування за лідером» [6].

Існують різні підходи до визначення пропускної здатності перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. Так в українських нормативах (ДБН В.2.3-5-2001) визначена пропускна здатність ділянок перестроювання та вона визначає пропускну здатність всього перетину. Основні геометричні параметри ділянок перестроювання в свою чергу залежать від розрахункової швидкості, радіуса центрального острівця, ширини проїжджої частини кільця [2]. Закордонні методики розрахунку пропускної здатності відрізняються від вітчизняних самим підходом до вирішення задачі. Вони за основний показник приймають пропускну здатність на вході на перетин міських магістральних вулиць з кільцевим рухом. Тому виникає необхідність в більш детальному дослідженні саме цього питання, з метою визначення найбільш ефективної та наближеної до реальних умов руху методики визначення пропускної здатності такого типу перетинів.

Величина транспортних втрат на перетині. Відповідно до ДБН В.2-3-5-2001 саморегульовані (з рухом по кільцю) перехрестя мають безперервний, саморегульований – каналізований рух [2]. На перетинах міських магістральних вулиць з кільцевим рухом з відповідною схемою організації руху транспортні витрати та затримки транспорту є меншими у порівнянні з регульованими перетинами. В залежності від умов, за якими оцінюється вузол, розрахункова швидкість саморегульованого кільцевого перетину змінюється наступним чином (табл. 1) [7].

Таблиця 1 – Зміна розрахункової швидкості в залежності від різних умов

Умова	Розрахункова швидкість (км/год) при швидкості руху на підходах до перехрестях, км/год			
	40	60	80	100
Найбільша пропускна здатність вузла		25...30		
Найменші транспортні втрати на перехресті	25	30	40	45
Забезпечення безпеки руху	25	45	55	70

Одним з найбільш складних аспектів правил дорожнього руху (ПДР) є правила проїзду нерегульованих перетинів, до яких відносяться і перетини з організацією руху по кільцю. У ПДР є такі пункти, що стосуються цього питання:

- п. 16.11. На перехресті нерівнозначних доріг водій транспортного засобу, що рухається по другорядній дорозі, повинен дати дорогу транспортним засобам, що наближаються по головній, незалежно від напрямку їх подальшого руху.

У разі якщо перед перехрестям з круговим рухом встановлений знак 4.10 (Круговий рух) в поєднанні зі знаком 2.1 (Дати дорогу) або 2.2 (Прізд без зупинки заборонено), водій транспортного засобу, що перебуває на перехресті, користується перевагою перед виїжджаючим на такий перетин транспортними засобами.

• п. 16.12. На перехресті рівнозначних доріг водій нерейкового транспортного засобу зобов'язаний дати дорогу транспортним засобам, що наближаються праворуч [9].

Тривалість середньої затримки транспортного засобу отримала широке застосування в якості критерію оптимізації управління на окремому перетині. Встановлено, що середня затримка транспортного засобу тісно корелює з такими показниками, як інтенсивність руху, довжина черги, сумарна затримка, параметри циклу світлофорного регулювання. Точність методики розрахунку величини середньої затримки має принципове значення, так як на основі величини середньої затримки оцінюється довжина черг і визначається сумарна затримка. У нашій країні для практичних розрахунків величини середньої затримки рекомендується формула Вебстера [5].

Безпека дорожнього руху. На перетинах міських магістральних вулиць з кільцевим рухом найбільш небезпечними для руху транспорту є зони можливих конфліктів. Так як саморегульований кільцевий перетин виключає можливість пересічення транспортних потоків, а потоки автомобільних засобів лише зливаються та відгалужуються – то цей вид перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом є найбільш безпечним. Перетин міських магістральних вулиць з кільцевим рухом в якому відсутня лінія переплетіння – з'являється точка пересічення чим збільшується складність вузла та знижується рівень безпеки вузла.

До теперішнього часу вже склалася розвинена теорія кількісної оцінки безпеки руху та накопичений досвід розроблення методик, які відповідають цій теорії:

1. Методи, засновані на даних статистичного обліку ДТП. Оцінка здійснюється за даними фактичної аварійності.

2. Імовірнісні методи визначення можливої кількості ДТП, що використовують статистичні залежності між залежними змінними (кількістю ДТП) і різними факторами-аргументами, що характеризують умови руху на ділянці вулично-дорожньої мережі, яка оцінюється.

3. Методи, засновані на вивченні режиму і характеристик руху на ділянці ВДМ, що оцінюється.

4. Метод конфліктних ситуацій.

У нашій країні при оцінці безпеки руху в містах передбачається виявлення місць концентрації ДТП. Місця концентрації ДТП визначаються на підставі даних про ДТП за період не менше ніж 3 останні роки і показника відносної аварійності. Осередком ДТП у містах вважається ділянка вулично-дорожньої мережі, що не перевищує 400 м, на якій відбулося протягом року три і більше ДТП. Інший критерій – показник відносної аварійності Z – розраховується за формулою (1):

$$Z = A \cdot 106 (365 \cdot N \cdot L \cdot m), \quad (1)$$

де A – сумарна кількість ДТП за останні m років; N – середньорічна добова інтенсивність руху за той же період; L – протяжність ділянки, км [5].

Розглянутих вище показників достатньо для виконання оцінки поточного стану безпеки руху. В Україні застосовуються методи оцінки ймовірної кількості ДТП: для доріг загального користування – лінійний графік коефіцієнтів аварійності; для нерегульованих і кільцевих перетинів – конфліктні точки і їх коефіцієнти аварійності. Однак немає загальноприйнятих методик прогнозування кількості ДТП на перетинах міських магістральних вулиць з кільцевим рухом та пішохідних переходах різних типів.

Екологічна оцінка. Показниками екологічного стану навколишнього середовища, як правило, приймають сумарний викид оксиду вуглецю та окисів азоту за одиницю часу, а також еквівалентний рівень транспортного шуму на відстані 7,5 м від краю проїжджої частини. Допустиму концентрацію токсичних речовин у повітрі ($\text{мг}/\text{м}^3$) визначають як різницю між

гранично допустимою концентрацією і концентрацією токсичних речовин у повітрі від стаціонарних джерел. Оцінку масових викидів по кожному з токсичних компонентів виконують за стандартними методиками, які дозволяють проводити розрахунки як для регульованих перетинів, так і для перегонів міських вулиць і доріг. В даний час є кілька вітчизняних програм, що дозволяють давати оцінку масових викидів від автомобільного транспорту як на міських вулицях, так і замських дорогах загального користування [5].

Рівень обслуговування (зручності руху). Рекомендації по оцінці пропускної здатності ВДМ визначають п'ять рівнів, що характеризують зручність руху, і є комплексними показниками економічності, зручності та безпеки руху. Однак рівень зручності руху більшою мірою дає якісну оцінку і практично не дає кількісної оцінки. В нашій країні на даний час відсутні рекомендації по оцінці рівня обслуговування (зручності руху). Це і повинно бути предметом подальшого дослідження. У таблиці 2 представлена класифікація рівнів обслуговування на кільцевих перетинах (roundabouts), що використовується в США і відповідні значення середніх затримок за умови, що відношення необхідного обсягу до місткості або рівень насичення менше або дорівнює одиниці ($v/c \leq 1,0$) [10]. Якщо $v/c > 1,0$, то рівень обслуговування вважається рівним F.

Таблиця 2 – Рівень обслуговування

Рівень обслуговування (LOS)	Середня затримка (d), с
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 15$
C	$15 < d \leq 25$
D	$25 < d \leq 35$
E	$35 < d \leq 50$
F	$d > 50$

Рівень А – велика частина водіїв безперешкодно проїжджають через перетин. Затримка дуже мала.

Рівень В – вплив потоків в головному напрямку на можливість руху другорядних потоків стає помітним. Затримка при цьому все ще залишається незначною.

Рівень С – водії у другорядному потоці змушені пропускати велику кількість транспортних засобів, що рухаються в головному напрямку. Затримка значно зростає. На підході до перетину починає утворюватися черга транспортних засобів, яка все ж ні з точки зору займаного простору і часу її існування не становить серйозної проблеми.

Рівень D – велика частина водіїв, проїжджаючи підхід до перехрестя, змушена здійснювати відносно тривалі зупинки більше одного разу. Деякі транспортні засоби зазнають великих затримок. Але, не дивлячись на великі довжини черги, вони все ж роз'їжджаються і ситуація все ще залишається стабільною.

Рівень E – утворюється черга, яка при постійній транспортній ситуації не в змозі зменшуватися. Транспортні засоби зазнають великих затримок. Незначна зміна транспортної ситуації може привести до утворення затору. Пропускна здатність перетину (підходу до перетину) вичерпана.

Рівень F – інтенсивність прибуття до перетину протягом значного часу перевищує пропускну здатність підходу. Утворюється дуже довга черга, яка постійно збільшується. Значення затримок при цьому дуже великі. Перехрестя вважається перенавантаженим (перенасичення потоків).

Основними техніко-економічними показниками перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом є: площа території, яку займає перетин (га); вартість будівництва перетину (грн.), строк окупності капіталовкладень (рік) та інші.

Крім цих показників, які мають вартісний вираз і входять безпосередньо до розрахункових формул є ще й ті, які не мають вартісного вираження, але розглядаються як важливі соціальні характеристики перетину. До них слід віднести: можливість і зручність

організації руху громадського транспорту і пішохідних потоків; оцінку планувального рішення з позиції охорони природного середовища (рівня зниження транспортного шуму, забруднення атмосфери, збереження і покращення навколишнього ландшафту, архітектурного середовища) [7]. При порівнянні різних варіантів інженерно-планувальних рішень з близькими за величиною кількісними показниками ці характеристики можуть мати вирішальне значення. Розрахункова швидкість на перетинах міських магістральних вулиць з кільцевим рухом з метою економії міської території рекомендується приймати 30...40 км/год. Іноді, особливо на міських транспортних площах, доводиться суміщати принцип кільцевого саморегульованого руху з світлофорним регулюванням, що сприяє підвищенню пропускної здатності вузла. Кільцевий рух з простим регулюванням особливо вигідний при великій питомій вазі лівоповоротного руху. Згідно ДБН В.2.3-5-2001 сумарне транспортне навантаження перетину міських магістральних вулиць з кільцевим рухом транспорту складає 700...200 авт/год [2]. Економічно ефективним вважається варіант, який вимагає найменших витрат, забезпечуючи при цьому необхідну пропускну здатність [7].

Висновок. Основними критеріями оцінки інженерно-планувального рішення є пропускна здатність вузла, найменші транспортні втрати на перетині, безпека руху, геометрія кільцевих перетинів та в кінцевому рахунку залежать від довжини лінії переплетення. Чим вона довша, тим легше здійснювати процес переплетення транспортних потоків, тим більше автомобілів може пройти по кільцевій проїжджій частині. Також перетин міських магістральних вулиць з кільцевим рухом повинен оцінюватися можливістю подальшого будівництва перетину в різних рівнях (виступати I етапом стадійного будівництва). Також в нашій країні на даний час відсутні рекомендації з оцінки інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом транспорту по рівню обслуговування (зручності руху). Необхідно проводити дослідження з метою створення класифікації рівнів обслуговування в Україні.

Література

1. ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Мінбудархітектури України, 2002. – 102 с.
2. ДБН В.2.3-5:2001. Вулиці та дороги населених пунктів. – К.: Держбуд України, 2001. – 51 с.
3. Ефремов А.Ю. Имитационное моделирование транспортных потоков на кольцевых пересечениях автомобильных дорог / А.Ю. Ефремов, К.Ю. Кузнецов, Ю.С. Легович // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» УКИ'12 – Электрон. дан. – М.:ИПУ РАН, 2012. – С. 143-153.
4. Лобанов Е.М. Транспортная планировка городов / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 239 с.
5. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
6. Неизвестна Н.В. Удосконалення проектування кільцевої розв'язки на одному рівні // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Київ, 2012. – 211с.
7. Осетрін М.М. Міські дорожньо-транспортні споруди. Навчальний посібник для студентів ВНЗ. – К.: ІЗМН, 1997. – 196 с.
8. Осетрін М.М. Фактори, які визначають вибір інженерно-планувальних рішень перетинів міських магістральних вулиць з кільцевим рухом / М.М. Осетрін, О.В. Луценко // Містобудування та територіальне планування, вип. 58. Наук.-техн. Збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К.: КНУБА, 2015. – С. 354-364.
9. Правила дорожнього руху України. – Дніпропетровськ: Моноліт, 2015. – 72с.
10. Highway Capacity Manual 2010. – Transportation Research Board of the National Academics, Washington D.C., 2010. – p. 1650.

Стаття надійшла 23.11.2016