

Кірічек Ю.О., д-р техн. наук., Балашова Ю.Б., канд. техн. наук.,
Авраменко Д.С.

**ЗАСТОСУВАННЯ МАЛИХ КІЛЬЦЕВИХ ПЕРЕТИНІВ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА
ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ**

Анотація. Виконано аналіз методів проектування кільцевих перетинів автомобільних доріг. Теоретично обґрунтовані параметри малих кільцевих перетинів автомобільних доріг та області їх застосування. Досліджена інтенсивність руху на вулицях міста Дніпропетровська.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, інтенсивність руху, затори, малі кільцеві перетини, пропускна здатність, безпека руху.

Аннотация. Выполнен анализ методов проектирования кольцевых пересечений автомобильных дорог. Теоретически обоснованы параметры малых кольцевых пересечений автомобильных дорог и области их применения. Исследована интенсивность движения на улицах города Днепропетровска.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, интенсивность движения, пробки, малые кольцевые пересечения, пропускная способность, безопасность движения.

Annotation. The analysis method for designing circular sections of highways is proposed. Ring settings of small sections of roads and their applications are grounded. The intensity of traffic on the streets of Dnepropetrovsk is studied.

Key words: road network, traffic, traffic jam, small circular section, road capacity, traffic safety.

Постановка проблеми

Високий темп зростання інтенсивності руху в населених пунктах за останні 15 років призводить до збільшення затримок автомобільного транспорту та зростання аварійності в місцях перетинів автомобільних доріг. Із загального числа всіх врахованих у нашій країні дорожньо-транспортних пригод - 71,3 % відбувається в містах та інших населених пунктах, при цьому міські перехрестя і площі з перетином транспортних потоків в одному рівні є найбільш небезпечними. У цих місцях виникає до 50% всіх транспортних пригод із смертельними наслідками [13,15]. За даними ДАІ 12,5% дорожньо-транспортних пригод на дорогах міста Дніпропетровська сталися через недотримання черговості проїзду на перетинах в одному рівні, а в цілому на дорогах України в цих місцях відбувається від 8 до 25% всіх ДТП. Закордонна статистика також підтверджує подібну ситуацію, так в Норвегії близько 40 % всіх дорожньо-транспортних пригод відбувається на перетинах в одному рівні (у країнах ЄС в цілому від 10 до 40 %) [21].

Актуальність. Протягом останніх років в Україні за порівняно короткий період часу стався значний підйом рівня автомобілізації. Вулиці практично всіх великих міст України сьогодні переповнені автотранспортом, в той час, як вони не розраховані на сучасні автомобільні потоки. Різке зростання автомобілізації призводить до виникнення заторів, зростання витрат пального, забруднення природного середовища, збільшення кількості ДТП та ін.

Аналіз публікацій. Згідно з даними департаменту ДАІ МВС України, найбільше ДТП в 2013 році сталося в столиці. Слідом за нею йдуть Донецька, Одеська та Харківська області. Замикає п'ятірку «лідерів» Дніпропетровщина. Шанувати правила дорожнього руху намагаються на Західній Україні - у Тернопільській, Рівненській, Чернівецькій та Закарпатській областях. Безпечною можна вважати і Кіровоградську область.

Однак, якщо вираховувати кількість ДТП на 1000 чоловік, на друге місце піднімається Одеська область, третє і четверте посідають Харківський і Донецький регіони, на п'ятому місці - Дніпропетровська область. Загальна кількість аварій по Україні представлена на рис. 2.

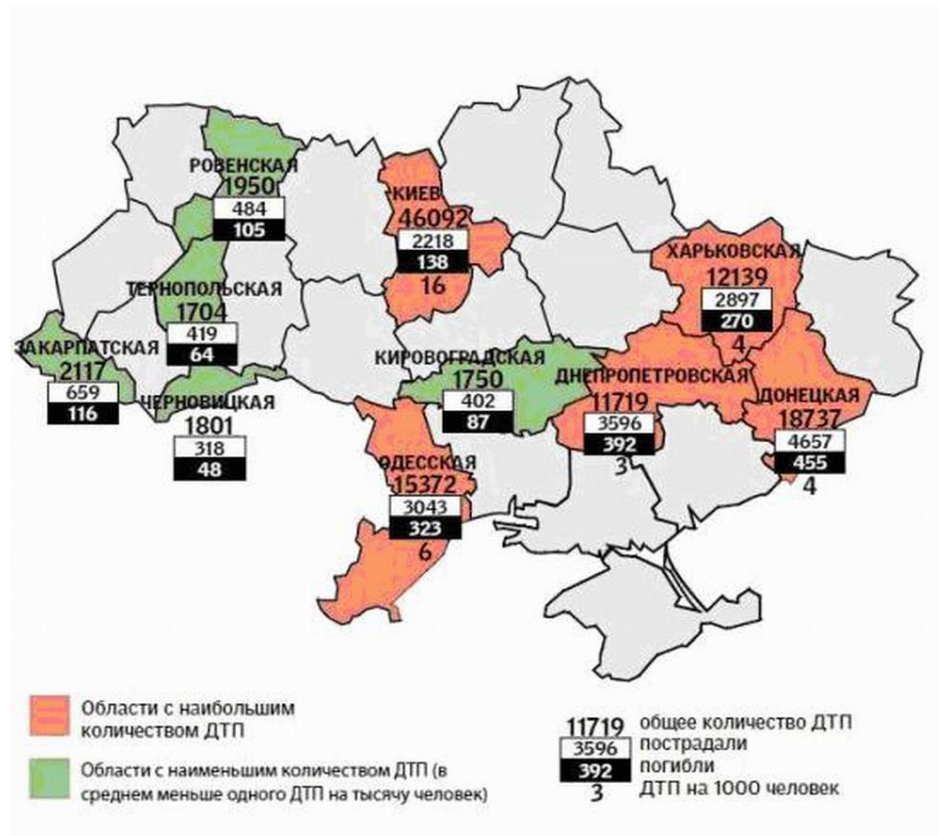


Рисунок 1 - Кількість дорожньо-транспортних пригод у різних областях України

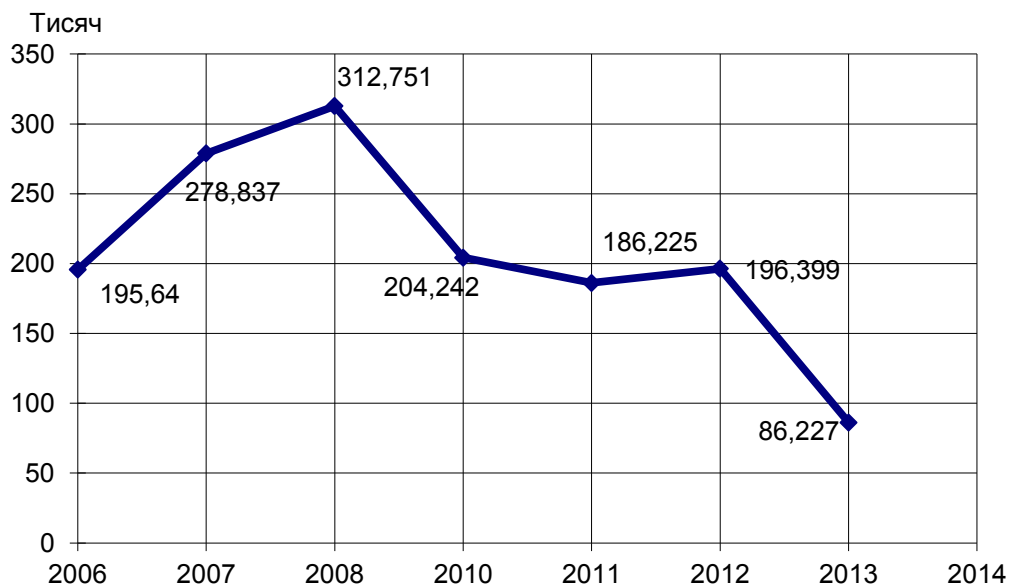


Рисунок 2 - Кількість аварій на українських дорогах 2006-2013 рр.

При цьому в Україні кількість загиблих (на 100 тис. жителів) в три рази вище (рис. 3), ніж у Великобританії та Швеції і в два рази вище, ніж у

Німеччині, Данії та Канаді. Крім того, тяжкість наслідків в Україні в 10-12 разів вище, ніж в інших розвинених країнах [16].

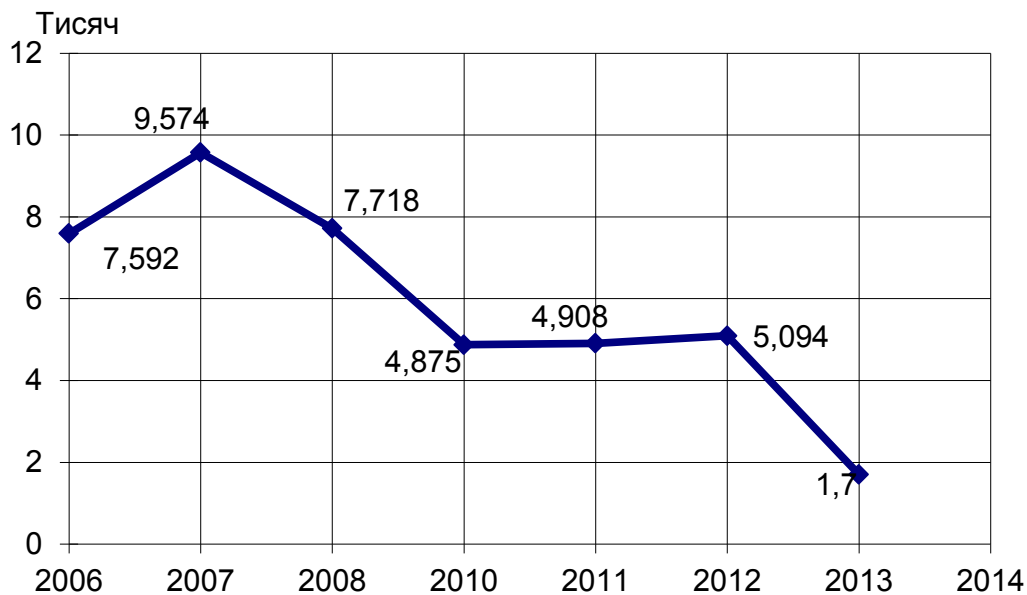


Рисунок 3 - Кількість загиблих за 2006-2013 рр.

У той же час в країнах ЄС при зростаючій автомобілізації (1-2% на рік) число ДТП практично не зростає, а кількість загиблих у ДТП стабільно знижується (1-2% на рік). Статистика також показує, що перетини і примикання автомобільних доріг є, як правило, місцями підвищеної небезпеки. За даними зарубіжних дослідників на перетини та примикання доріг припадає від 10 до 40% від загального числа ДТП, в Україні 8-25% [17]. Крім того дослідження свідчать про те, що перетини автомобільних доріг знижують пропускну здатність, створюють затримки транспортних потоків і в результаті чого є місцями підвищеної концентрації вихлопних газів, шумового та іншого негативного впливу на навколишнє середовище [11,12,13].

Як показує досвід інших країн, істотне підвищення безпеки дорожнього руху та пропускну здатності на перетинах автомобільних доріг у населених пунктах може бути досягнуто шляхом застосування малих кільцевих перетинів, далі - МКП. Так, дослідження результатів модернізації звичайних перетинів в одному рівні в малі кільцеві (Німеччина, земля Ерфткрайс [25]) показали, що кількість ДТП зменшилася на 30%, число легко поранених стало менше на 60%, число важко поранених і загиблих зменшилась відповідно на 87 і 88% . При

цьому розрахунки показують, що загальні економічні втрати від ДТП зменшилися з 6770000 євро до 2580000 євро. Досить високий ефект дають МКП щодо зниження негативного екологічного впливу на прилеглу до перехресть зону, так відносні викиди вуглеводнів (НС), окису вуглецю (СО) і оксидів азоту (NOx) нижче в середньому на 5-10% при проїзді по кільцевому перетинанню, ніж при проїзді через регульовані перехрестя.

Як свідчить аналіз літературних джерел [8,17,18,19,22], стабілізація загальної статистики аварійності, зниження тяжкості наслідків ДТП за кордоном, а також підвищення пропускної здатності перетинів досягнуто, певною мірою, завдяки активному впровадженню малих кільцевих перетинів на дорогах і вулицях населених пунктів. У результаті встановлено, що зміни кількості ДТП після переобладнання перехресть у кільцевий перетин коливається в широких межах (табл. 1). Причому, слід зазначити, що організація кругового руху дозволяє знизити кількість пригод з травматизмом на 25-35%. Це відноситься як до перетинів, які раніше регулювалися обов'язком уступити дорогу, так і до регульованих пересічень. Ризик ДТП з людськими травмами при круговому русі (кількість ДТП на 1 млн. в'їжджаючих на кільцевий перетин транспортних засобів) набагато нижче, ніж для будь-якого іншого типу перетину в одному рівні, але збільшує число пригод з матеріальними збитками.

Таблиця 1 - Вплив переобладнання перетинів на кількість ДТП

	Відсоткові зміни кількості ДТП		
	Вплив на типи ДТП	Найкращий результат	Межі коливання результатів
Кільцевий рух на Т-образному перетині			
ДТП з травматизмом	Всі типи ДТП на перехресті	-27	(-40;-12)
ДТП з матеріальним збитком	Всі типи ДТП на перехресті	+52	(+29; +78)
Кільцевий рух на Х-образному перетині			
ДТП з травматизмом	Всі типи ДТП на перехресті	-35	(-46;-23)
ДТП з матеріальним збитком	Всі типи ДТП на перехресті	+43	(+37; +50)

У деяких дослідженнях [23,24] показано вплив кільцевого руху на кількість ДТП за участю різних груп учасників дорожнього руху. Дослідження вказують на те, що ДТП за участю пішоходів знизилися в тому ж розмірі, як і інші ДТП при введенні кільцевого руху. У відношенні велосипедистів зниження кількості ДТП за їх участю трохи нижче порядку 10-20% (проти 30-40% для загальної кількості ДТП з людськими травмами). Кількість ДТП з матеріальним збитком збільшується при введенні кільцевого руху. Результати різних досліджень з цього питання суперечливі і ненадійні. Вищенаведені результати базуються на дослідженнях, виконаних у Північних країнах.

Статистика дорожньо-транспортних пригод на кільцевих перетинах у Німеччині (у землі Ерфткрайс) [25] показує, що за останні 15 років вони викликали великий резонанс у Німеччині. У результаті все частіше відбувається реконструкція простих перетинів в одному рівні в кільцеві (великі, малі кільцеві перетини, а також міні-кільця). А в землі Баден-Вюртемберг в експлуатації перебувають близько 400 кільцевих перетинів. Поліція цієї землі надала дані по дорожньо-транспортним пригодам по кільцевим перетинам і перетинам зі світлофорним регулюванням. Всього, за період 10 років, було проаналізовано приблизно 95000 ДТП [24]. У результаті аналізу статистики аварійності встановлено, що за останні 3,5 роки загальна кількість пригод з пораненими і загиблими на малих кільцевих перетинах майже в п'ять разів менше, ніж на регульованих перетинах. Матеріальні втрати від пригод, що трапилися на кільцевих перетинах, на 4 % менше, ніж на регульованих перетинах.

У літературі [17] також відзначаються і позитивні впливи на питання охорони навколишнього середовища, так у німецькому дослідженні [25] показано, що викид вуглеводнів, окису вуглецю і оксидів азоту, в грамах на 1 км пробігу на один автомобіль в середньому на 5-10% нижче при проїзді по кільцевому перетину, ніж при проїзді через регульоване перехрестя. У шведському дослідженні [20] показано зниження викидів окису вуглецю на 29% і зниження на 21% викидів окислів азоту після переобладнання перехрестя на круговий рух. Звичайно, були й негативні результати, так наприклад, на

перехресті із знаком "Поступися дорогою" були зафіксовані менш сприятливі результати. Збільшення викиду окису вуглецю на 6% і викидів окислів азоту на 4% - такими були результати після переобладнання в кільцевий перетин [20]. Таким чином, в цілому слід зазначити, що міжнародні експерти, зарубіжні та українські вчені [15,18,19,21] свідчать про те, що в загальному обсязі ДТП відносна аварійність на малих кільцевих перетинах на 30% менше, ніж на простих перетинах в одному рівні. Крім того, на малих кільцевих перетинах вони носять легкий характер, так число загиблих і поранених при ДТП на 75% менше, ніж на простих перетинах в одному рівні [21]. Поряд з підвищенням безпеки дорожнього руху при влаштуванні малих кільцевих перетинів (МКП) збільшується його пропускна здатність. Як показує досвід зарубіжних і вітчизняних вчених [7,14,23], пропускна здатність збільшується на 30-40% порівняно з простими перетинами в одному рівні, а іноді і в порівнянні з перетинами зі світлофорним регулюванням.

Мета статті. Розробка рекомендацій з проектування малих кільцевих перетинів на автомобільних дорогах у населених пунктах для підвищення безпеки руху та пропускної здатності перетинів автомобільних доріг в одному рівні. Удосконалення структури вулиць та доріг місцевого значення в житловій забудові міста Дніпропетровська.

Виклад матеріалу. Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлено і вирішено такі завдання:

1. Аналіз досвіду застосування і методів проектування малих кільцевих перетинів на автомобільних дорогах зарубіжних країн і України.
2. Розробка функціональної класифікації малих кільцевих перетинів і факторів, що визначають вимоги до їх геометричних параметрів.
4. Проведення натурних спостережень за рухом транспортних потоків на простих перетинах у одному рівні для виявлення можливих місць проектування МКП у місті Дніпропетровську.
5. На виділеному перехресті запроектовано малий кільцевий перетин, виконані розрахунок пропускної здатності цього перетину та оцінена ефективність його впровадження.

Однією з істотних причин високого рівня аварійності в місті є диспропорція між розвитком вулично-дорожньої мережі (ВДМ) і зростанням кількості автотранспорту, яке призводить до погіршення умов руху, заторів, зростанню затримок і збільшення витрати палива, погіршення екологічної обстановки, соціальному дискомфорту. Вулично-дорожня мережа в багатьох місцях міста вже вичерпала пропускну здатність і знаходиться в умовах небезпеки утворення затору і створення аварійних ситуацій при пропуску транспортних і пішохідних потоків.

На думку фахівців [1,2,3,4,7,9,10], основу досконалої класифікації міських вулиць і доріг становить поділ міського руху на окремі функціонально однорідні транспортні потоки. Для кожного з них необхідно виділити спеціальні дороги і вулиці, з'єднавши останні найбільш зручним способом у вузлових точках, щоб пішохідні і транспортні потоки рухалися швидше і більш безпечно при максимальному використанні проїжджої частини доріг і вулиць.

Найголовніший недолік існуючої ВДМ полягає в тому, що її планувальні параметри не відповідають сучасним вимогам міського руху. Пропускна здатність транспортних вузлів, що мають перетин в одному рівні обмежена, допустимі швидкості руху низькі, безпека руху транспорту і пішоходів в достатній мірі не забезпечена. Невідповідність планувальних параметрів ВДМ вимогам міського руху виявляється в наступному [6,9]:

- відсутність диференціації вулиць за характером їх використання, при якій враховувалися б потреби руху транспорту і пішоходів;
- наявність великого числа вулиць, використовуваних для руху транспорту, а, отже, і безліч перетинань, що ускладнюють в них рух транспорту і пішоходів.

Перехрестя є місцями, де найбільш часто виникають ДТП і затримки руху. Всього в Днепропетровську вважаються потенційно небезпечними більш ніж 90 ділянок. З них окремо обираються 24 місця концентрації ДТП. У цей перелік попадають ділянки доріг, де відбувається у рік мінімум три аварії або за три роки 5 аварій з потерпілими.

У місті Дніпропетровську, за даними ДАІ, у 2012 році з 971 дорожньо-транспортної пригоди 384 сталися на перехрестях, а у 2013 році таких було з 1000 - 396. Тому саме в цих місцях в першу чергу потрібне застосування заходів з організації дорожнього руху, розробка нових видів перетинів автомобільних доріг.

В умовах сучасної організації руху перехрестя з неорганізованим рухом допускаються лише на другорядних вулицях і дорогах з незначною інтенсивністю руху [4]. Безпека та швидкість проїзду при цьому вирішальним чином залежать від умов бічної видимості і допустимої швидкості, при якій забезпечується можливість виявити автомобіль на перетині напрямків і надати йому пріоритет. Особливу увагу приділяємо перетинам, на яких бічна видимість менше 20 м, так як зазвичай водії, навіть проявляючи обережність, не знижують швидкість нижче 30 км/год [6,7,9]. Такі перетини необхідно в першу чергу позначити знаками пріоритету. Одним з поширених прийомів зниження складності перетинів є заборона на них деяких маневрів, зокрема поворотів наліво, які створюють найбільші небезпеки і затримки руху. Якщо обсяг прямого і лівоповоротного руху на підході до перетину перевищують 40%, а також в разі підвищеного числа конфліктних точок на перетині може бути застосована схема кругового руху. Так у ході поверхневого дослідження ВДМ міста Дніпропетровська були виділені 3 перехрестя вулиць в одному рівні з різною інтенсивністю руху для подальшого аналізу та складу транспортного потоку. Відеозапис проводився за допомогою мобільної відеокамери Samsung i9300. Результати досліджень зведені в таблицях 2, 3.

Виконаний аналіз вулично-дорожньої мережі міста Дніпропетровськ показав, що ВДМ міста потерпає від перенасичення автомобілів, при чому це стосується як магістральних вулиць, так і вулиць в жилих забудовах. Перехрестя є місцями, де, як правило, найбільш часто виникають ДТП і затримки руху. У місті Дніпропетровську, за даними ДАІ, у 2012 та 2013 роках більше 30% дорожньо-транспортних пригод сталися на перехрестях. Тому саме в цих місцях в першу чергу потрібне застосування заходів з організації

дорожнього руху, розробка принципово нових, удосконалення існуючих видів перетинів автомобільних доріг.

Таблиця 2 - Інтенсивність транспортного потоку

Перехрестя	Назва вулиці	Фактична інтенсивність авт/год	Склад транспортного потоку, %			
			Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Мікро-автобуси	Автобуси
вул. Набережна - Заводська - вул. Павлова	вул. Набережна заводська	2772	86,1	4,6	7,6	1,6
	вул. Павлова	928	81,0	9,1	9,1	0,9
просп. Калініна - вул. Леваневського	просп. Калініна	1436	78,3	5,6	15,0	1,1
	вул. Леваневського	680	70,0	1,2	23,5	1,2
вул. Лабораторна - вул. Лазаряна	вул. Лабораторна	709	86,7	3,9	9,0	0,4
	вул. Лазаряна	566	75	-	25	-

Таблиця 3 - Приведена інтенсивність транспортного потоку

Перехрестя	Назва вулиці	Фактична інтенсивність, авт/год	Склад транспортного потоку, шт. авт.			
			Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Мікро-автобуси	Автобуси
вул. Набережна - Заводська - вул. Павлова	вул. Набережна заводська	3456	2388	512	424	132
	вул. Павлова	1280	752	336	168	24
просп. Калініна - вул. Леваневського	просп. Калініна	1816	1124	200	432	60
	вул. Леваневського	951	476	20	320	135
вул. Лабораторна - вул. Лазаряна	вул. Лабораторна	822	713	32	74	3
	вул. Лазаряна	708	531	-	177	-

Висновок

За результатами дослідження розроблено практичні рекомендації із застосування малих кільцевих перетинів, які дозволяють вибрати тип перетину, визначити його геометричні параметри, а також оцінити перспективну пропускну здатність і швидкість руху на МКП з урахуванням їх функціонального призначення. Малі кільцеві перетини рекомендується використовувати для підвищення безпеки руху, так як низькі швидкості руху (15-25 км/год) в зоні малих кільцевих перетинів дозволяють підвищити безпеку руху, а також знизити тяжкість дорожньо-транспортних пригод на перетині. Разом з тим, негативним фактором можна вважати зменшення середньої швидкості проїзду через перетин, що компенсується зменшенням затримок транспортних засобів, що повертають наліво, тому застосування МКП доцільно при відносно рівних інтенсивностях руху на перетинах доріг і значної частки лівоповоротних автомобілів (не менше 40%) від загального потоку. Розроблені рекомендації дозволяють обґрунтовано визначати параметри МКП в залежності не тільки від вимог транспортних потоків, але також з урахуванням використання можливої території модернізованого перетину, що принципово важливо для умов обмежених територій у населених пунктах.

Перспективи. Подібні заходи значно покращують стан автомобільного руху та потребують масового застосування в межах міст України. Між тим для розв'язання задачі в цілому необхідна розробка та реалізація національної програми розвитку автомобільних доріг для міст країни.

Література

1. Бабков, В.Ф. Дорожні умови і безпека руху [Текст]: навч. посібник для вузів / В. Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1982. - 3-е вид., Перероб. і доп. - 288 с.
2. Бабков, В. Ф. Проектування автомобільних доріг [Текст]: підручник для вузів / В. Ф. Бабков, О. В. Андрєєв. - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Транспорт, 1987. - 4.1-2. -368 С.
3. Вілкова, І. М. Про критерії оцінки споживчих якостей автомобільних доріг [Текст] / І. М. Вілкова // Вістн. ВолгГАСУ. Сер.: Будівництво та архітектура. -2005. - № 6.-С. 91-98.
4. Вілкова, І. М. Про методологію функціональної класифікації автомобільних доріг з метою їх модернізації [Текст] / І. М. Вілкова // Дороги і мости: зб. ст. ФГУП РосдорНІІ. - М., 2006. - Вип. 16/2. - С. 30-42.
5. Вілкова, І. М. Система споживчих якостей для обґрунтування модернізації автомобільних доріг [Текст] / І. М. Вілкова // Транспорт, наука техніка, управління: наук. інф. СБ ВІНІТІ. - М., 2007. - № 1. - С. 46-49.
6. ВБН 25-86 Вказівки щодо забезпечення безпеки руху на автомобільних дорогах

[Текст] - Введ. 1987-05-01. - М.: Видавництво-во стандартів, 1987. – 170 с.

7. Гохман, В. А. Перетини і примикання автомобільних доріг: навч. посібник для авт.-дор. спец. вузів / В. А. Гохман, В. М. Візгалов, М. П. Поляков. - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Вища. шк., 1989. - 319 с.: Іл. - ISBN 5-06-000150-4.

8. Жівогладова, Л. В. Оцінка безпеки руху на основі моделювання конфліктного завантаження перехресть [Текст]: Автореф. дис. на соіск. уч. степ. канд. техн. наук Жівогладова Л. В. / Л. В. Жівогладова // Моск. автодоріг, дор. ін-т (держ. техн. ун-т). -М., 2005.-20 с.

9. Клинковштейн, Г. І. Організація дорожнього руху [Текст]: підручник для вузів / Г. І. Клинковштейн, М. Б. Афанасьєв. - М.: Трансбуд, 2001. - 5-е вид., Перероб. і доп. - 247 с.

10. Лебедев, Б. М. Вибір геометричних елементів кільцевих перетинів в плані [Текст] / Б. М. Лебедев // Проектування автомобільних доріг і безпека руху: зб. науч. тр. МАДИ. - М., 1970. - Вип. 30.

11. Луканин, В. Н. Автотранспортні потоки і навколишнє середовище [Текст]: навч. посібник для вузів/В. Н. Луканин [та ін]. - М.:ИНФРА-М, 1998. - 408 с. - ISBN 5-86225-892-2.

12. Луканин, В. Н. Промислово-транспортна екологія [Текст]: підручник для вузів / В.М. Луканіна, Ю. В. Трофименко. - М.: Вища. шк., 2001. - 273 с. - ISBN 5-06-003957-9.

13. Немчінов, М. В. Охорона навколишнього природного середовища при проектуванні та будівництві автомобільних доріг [Текст]: навч. посібник / М. В. Немчінов, В. Г. Сістер, В. В. Сілкін. - М.: Вид-во Асоціації будівельних вузів, 2004. - 240 с.

14. Сільянов, В. В. Методичні вказівки з проектування кільцевих перетинів автомобільних доріг [Текст] / В. В. Сільянов, Б. К. Каюмов. - М.: Транспорт, 1980. - 69 с.

15. Сільянов, В. В. Шляхи підвищення безпеки руху на автомобільних дорогах СНГ [Текст] / В. В. Сільянов, Б. Б. Анохін // Ж. Наука і техн. в дор. галузі. - М., 2000. - № 4. - С. 8-10.

16. Чванов, В. В. Дослідження ризику дорожньо-транспортних пригод на перетинах і примиканнях доріг для обґрунтування заходів з підвищення безпеки руху [Текст] / В. В. Чванов // Дороги і мости: зб. ст. ФГУП РОСДОРНИІ.-М., 2006. -Вип. 15/1.-С. 143-152.

17. Щельвік, Р. Довідник з безпеки дорожнього руху [Текст] / Р. Щельвік, А. Богер, А. Б. Мюссе, Е. Ествік, Т. Ваа; Пер. з норв. під ред. проф. В. В. Сільянова.-М.: МАДІ (ГТУ), 2001.-754 с.-ISBN 5-7962-0015-1.

18. Brilon W.; Stuwe B. Kreisverkehrsplatze - Die Wiederentdeckung einer vernachlassigten Knotenpunktform, RUBIN. - Heft 2/92. - S. 42 - 45

19. Durchweg positive Erfahrungen mit Kreisverkehrsplatzen, wenn die Voraussetzungen stimmen. Polizei Verkehr Bayern + Techn. 2001 46, № 4. - 111 s.

20. Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplatzen. Ministerium fur Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999.

21. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Einsatzkriterien fur Kreisverkehrsplatze ausserhalb bebauter Gebiete. Heft 757, 1998.

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

23. Kramer Die Renaissance der Kreisverkehrsplatze und die Folgen fur das Verhaltensrecht im Strafenverkehr, VD 7/1999. - S. 145-149.

24. Tajima Y. Clogging transition of pedestrian flow in T-shaped channel /Y. Tajima, T. Nagatori // Phyrca. A., 2002, № 1-2. - P. 239-250.

25. Teichmann K. Verkehrssicherheit von Kreisverkehrsanlagen im Erftkreis, 2002.