

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БЕТОННИ ПЪТНИ НАСТИЛКИ ПРИ КРЪСТОВИЩА С КРЪГОВО ДВИЖЕНИЕ

Христо Г. Стаменов
stamenovhg@abv.bg

**ВТУ “Тодор Каблешков“, София, ул. “Гео Милев“ №158,
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** бетонна пътна конструкция, кръстовище с кръгово движение*

***Резюме:** Бетонните настилки са надеждна и евтина алтернатива при строителството на пътища в условията на големи натоварвания от движението. Техните предимства са оценени в много държави и в последните 20 години броят на построените с тях кръстовища с кръгово движение постоянно се увеличава.*

Направена е кратка характеристика на кръстовищата с кръгово движение. Разгледани са ефектите върху пътните настилки от движението на превозни средства в кръгови кръстовища. Представени са насоки за проектиране и конструктивни изисквания при кръстовища с кръгово движение с обикновени бетонни настилки с фуги и непрекъснато армирани бетонни настилки.

ВЪВЕДЕНИЕ

В последните няколко години в България масово се строят кръстовища с кръгово движение, както в градовете, така и по републиканската пътна мрежа. Голямата им популярност е продиктувана от предимствата и ползите, които те предлагат в сравнение с други видове кръстовища. Кръговите кръстовища позволяват по-равномерно разпределение на транспортните потоци и подобряват безопасността. В условията на сравнително висока интензивност на движението при по-ниски скорости, чрез тях се повишава пропускателната способност и се намалява броя на пътнотранспортните произшествия.

Характерните конструктивни елементи на кръстовищата с кръгово движение са: центален остров, платно за кръгово движение, разделителни острови, ивица за застъпване и линия за изчакване.

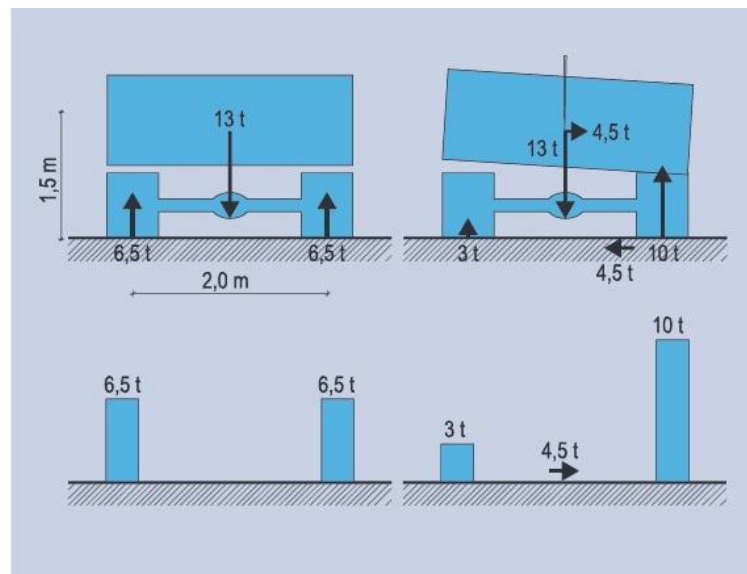
Основните геометрични елементи на кръговите кръстовища са: външен диаметър, радиус на централния остров, ширина на платното за кръгово движение, ширина на ивицата за застъпване, ширина на входовете и изходите, входящ и изходящ радиус, ъгъл на вливане, дължина на ефективното удължение във входа и относително уширение.

Според големината на външния диаметър кръговите кръстовища могат да бъдат малки, стандартни (компактни) и големи. От тези основни видове чрез подходящо преобразуване на останалите геометрични елементи, броя на лентите и организацията на движението, според специфичните функции и особености на околното пространство могат да бъдат разработени следните подвидове: двойни, с допълнителна връзка през централния остров, пръстеновидни, турбо и кръгови кръстовища при пътни възли.

Критериите за избор на даден вид кръгово кръстовище са местоположение, условия на движението, безопасност и стойност. [1]

ЕФЕКТИ ВЪРХУ ПЪТНИТЕ НАСТИЛКИ ПРИ ДВИЖЕНИЕ НА ПРЕВОЗНИТЕ СРЕДСТВА В КЪРГОВИ КЪРСТОВИЩА

Важна част от кръговото кръстовище е настилката, която често е обект на големи натоварвания от движението. При движение в прав участък от пътя, натоварването от превозните средства е равномерно разпределено между колелата. При движение в крива, вследствие на центробежната сила, част от товара се предава от вътрешното към външното колело на превозното средство (фиг.1), което води до хоризонтално радиално натоварване на горния пласт от пътната конструкция. Това натоварване предизвиква срязващи напрежения в най-горния пласт на пътното покритие. [2]



Фиг.1 Разпределение на натоварването при движение в прав участък и в крива

На практика при голяма интензивност с високи стойности на товарното движение, в резултат на центробежните сили и претоварването, причинено от колелата на накланящите се превозни средства, в покритието възникват деформации (коловози, пукнатини и др.) поради недостатъчна носимоспособност на асфалтобетонните настилки и загуба на минерални материали от повърхността. [3]

Подобни натоварвания от движението, комбинирани с условията на околната среда се поемат успешно от твърдите пътни конструкции. Освен това бетонните настилки предлагат голяма дълготрайност, добро сцепление, равеност, безопасност, повисока якост във времето, понижават разходите за поддръжка и осветление, намаляват разхода на гориво, екологично чисти са – не увреждат околната среда и могат да бъдат рециклирани, полагат се и се ремонтират бързо и лесно и позволяват пренастилане.

Поради тези причини, ефекти и предимства в последните 20 години в много държави (Холандия, Белгия, Швейцария, Австрия, Германия, Франция, САЩ), твърдите пътни конструкции намират все по-голямо приложение при проектирането и строителството на кръстовища с кръгово движение. Например в Швейцария между 2003г. и 2010г. построените кръгови кръстовища с бетонна пътна конструкция са 118[4], а в Австрия към 2013г. са 150[5].

ПРОЕКТИРАНЕ НА КРЪСТОВИЩА С КРЪГОВО ДВИЖЕНИЕ С БЕТОННИ ПЪТНИ НАСТИЛКИ

При кръстовища с кръгово движение се проектират и изпълняват следните видове бетонни покрития:

- обикновено бетонно покритие с fugи със или без дюбели;
- бетонно покритие армирано със стоманени мрежи с fugи със или без дюбели;
- бетонно покритие армирано с дисперсна армировка с fugи със или без дюбели;
- непрекъснато армирани бетонни покрития;

Възможни са и комбинации с използване на хибридна армировка.

Всички общи принципи и правила, които се прилагат при конвенционалните бетонни и стоманобетонни настилки, важат и при бетонните покрития при кръстовищата с кръгово движение.

Насоки за проектиране на кръстовища с кръгово движение с фугови бетонни покрития:

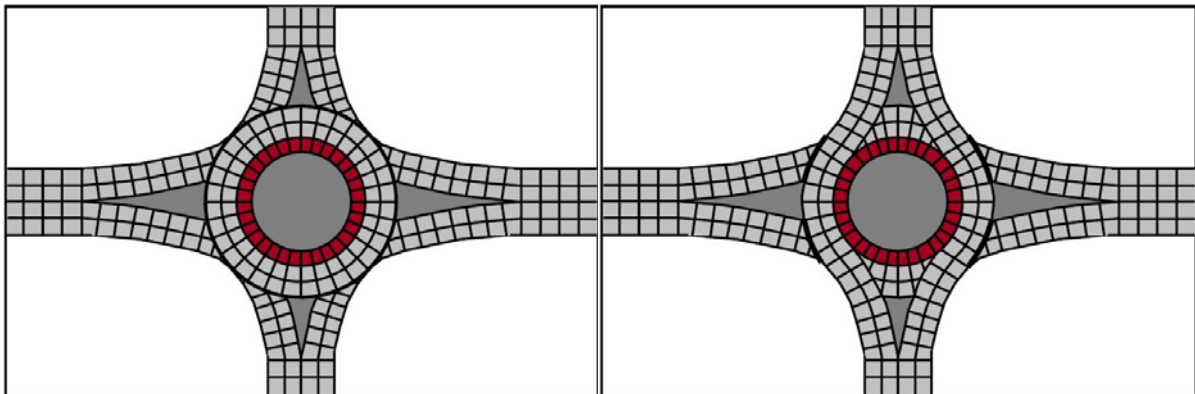
При фуговите бетонни покрития напречните fugи в кръга започват от центъра, докато надлъжните fugи следват кръга.

Процесът на геометрично проектиране включва две концепции за радиален модел на fugите:

- отделяне на кръга от входно – изходните платна (фиг.2);
- проектиране на част от кръговището като „главно направление“ (фиг.3);

За отделяне на кръга са възможни две решения:

- чрез надлъжна fuga;
- чрез изолационна fuga;



Фиг.2 Отделяне на кръга от входно – изходните платна

Фиг.3 Проектиране на част от кръговището като „главно направление“

Радиалните натискови fugи в кръга е възможно да бъдат продължения на надлъжните fugи на входовете/изходите.

Решението за отделяне чрез надлъжна fuga е по-сложно за изпълнение. Входовете/ изходите на кръговището с кръгово движение се свързват с покритието от кръга посредством анкери от оребрена армировъчна стомана с диаметър 16мм през разстояние 50-75см.

Решението за отделяне чрез изолационна fuga е по-лесно за изпълнение. Наличието на изолационна fuga прави невъзможно свързването чрез анкери между кръгът и входовете/изходите и изисква уплътнители, но се позволява по-голямо движение на плочите. За подобряване на предаването на товарите от движението под изолационната fuga може да се изпълни бетонна греда.

Шахтите и отводнителните тела или се изолират, или са разположени в средата на плочите, или се пресичат от фугите.

След избора на вариант трябва да се вземат под внимание следните правила и конструктивни изисквания при оформлението на фугите:

Максимални разстояния между фугите:

- 24 пъти дебелината на бетона (при нестабилизиранни основи);
- 21 пъти дебелината на бетона (при стабилизиранни основи);
- максимално 4,6м при магистрали и скоростни градски пътища;
- максималното разстояние между напречните фуги трябва да се ограничи до 6м при дебелина на плочата 25см; 5м при дебелина на плочата между 20см и 25см и 4м за плочи с дебелина по-малка от 20см; армираните плочи могат да бъдат с 25 до 50% по-голяма дължина в зависимост от количеството армировка;
- при ширина на пътното платно по-голяма от 5м се оформя надлъжна фуга с анкери;
- отношението между дължина и широчината на плочите трябва да бъде от 0,7 до 1,2 (1,5 по изключение);
- площта на плочите трябва да бъде до 25м² (по-големи плочи се армират локално);
- най-късата страна на плочата трябва да бъде 50-100см (по изключение 30см);
- плочите не трябва да имат ъгли по-малки от 75⁰ (по изключение 60⁰). Най-добре е ъглите да са близки до 90⁰ (или се армират локално);
- минималният брой напречни фуги при кръстовище с кръгово движение е 4;
- трябва да се избягват: плочи с необичайни форми и създаване на вътрешни ъгли (L – образни плочи);
- свързващите пътища (входове и изходи) се настилат с бетон на дължина най-малко 30м;
- при съществуващи свързващи пътища от бетон, между тях и кръстовището се оформят разширителни фуги; ако свързващите пътища са с покритие от асфалтобетон се изпълняват изолационни фуги;
- дюбелите и анкерите се влагат в средата на плочата по дебелина;
- фугите се режат на 1/3 от дебелината на плочата;
- броят на напречните фуги може да се намали чрез влагане на дисперсна армировка;
- при използване на дисперсна армировка, дълбочината на рязане на фугите е 50% от дебелината на плочата; дюбелите във фугите се поставят по-ниско – на 1/3 от дебелината на плочата, считано от долната повърхност; типичните дози на стоманените фибри са между 30 и 50кг/м³ бетонна смес;
- армирането на бетона със стоманени мрежи, стоманени и синтетични фибри позволява намаляване на дебелината и увеличаване на дължината на плочите; обикновено се използват армировъчни мрежи с диаметър на прътите 8-10мм и размери 150/150мм;
- напречният наклон към външната част на кръстовището е 2%;

Разработва се план на фугите в следните 6 стъпки:

Стъпка 1 (Фиг.4): Изчертават се всички ръбове на настилката и задната част на бордюрите в план. Изчертават се местата на всички, шахти, отводнителни съоразения и дренажни отвори така, че фугите да могат да ги пресичат.

Стъпка 2 (Фиг.5): Изчертават се всички ленти на входовете/изходите и кръговата част. Ако кръгът е изолиран от входовете/изходите, лентите не се продължават през кръга. Ако се преминава през кръга трябва да се определи кое от направленията ще

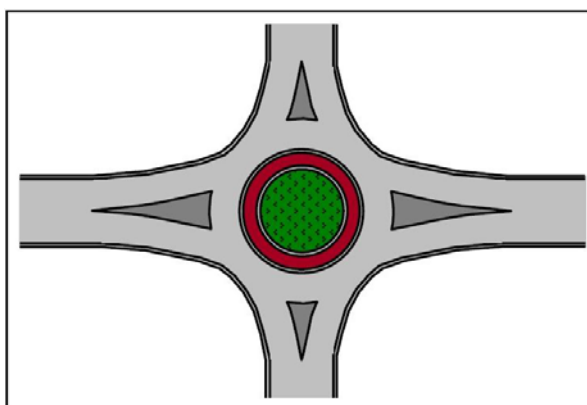
бъде „главно“. Ширините не трябва да бъдат по-големи от максимално препоръчителните.

Стъпка 3 (Фиг.6): Добавят се напречните фуги в кръга, излизащи от неговия център. Най-големия размер на трапецовидните плочи трябва да е по-малък от максимално препоръчителния. Тези фуги се удължават до задния край на бордюрите и канавките.

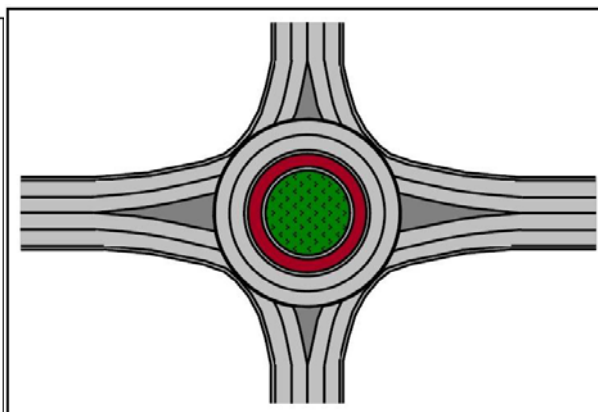
Стъпка 4 (Фиг.7): При входовете и изходите се предвиждат фуги в местата, в които настилната променя своята ширина (от ръбовете на медианата на острова, началото и края на кривите, тангентите, изтъняванията, обръщанията на бордюрите и т.н.). Тези фуги продължават до задната част на бордюрите и канавките.

Стъпка 5 (Фиг.8): Добавят се напречни фуги между вече оформените в Стъпка 4. Разстоянията между фугите трябва да бъдат равни и да не надвишават максимално допустимите.

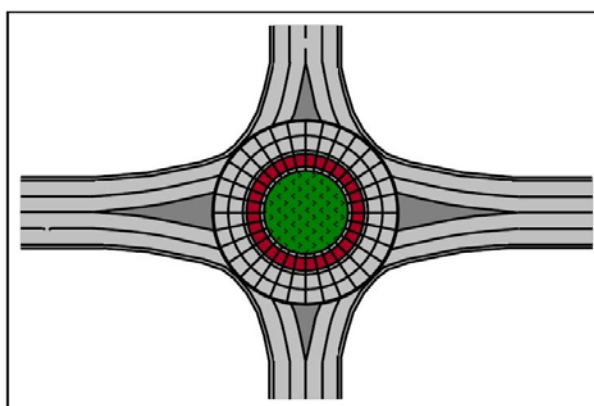
Стъпка 6 (Фиг.9): Извършват се корекции на обекти в плочите, премахват се L – формите, малките триъгълни плочи и др.[6]



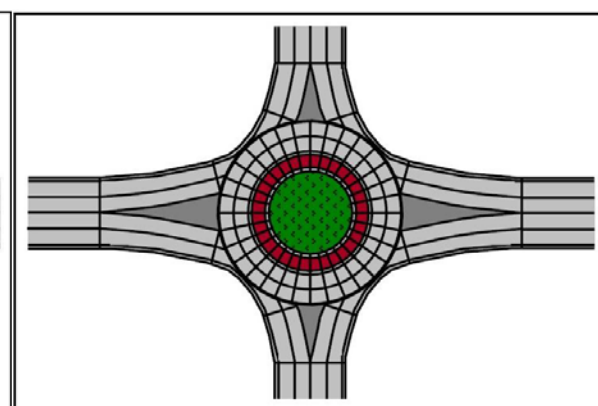
Фиг.4 Стъпка 1



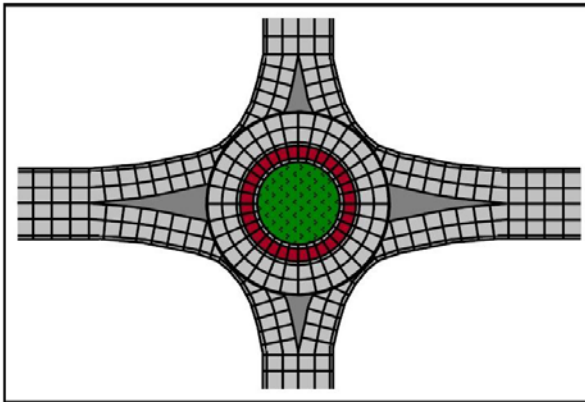
Фиг.5 Стъпка 2



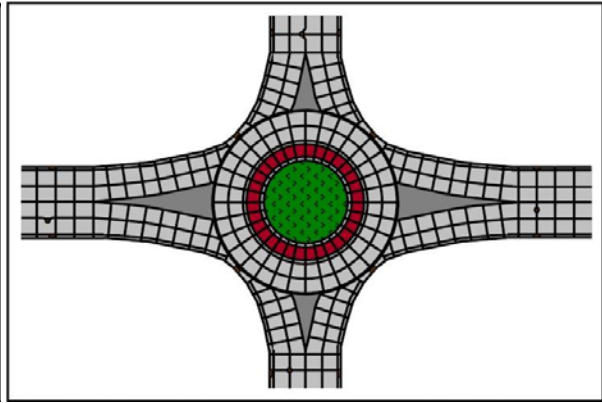
Фиг.6 Стъпка 3



Фиг.7 Стъпка 4



Фиг.8 Стъпка 5



Фиг.9 Стъпка 6

Конструктивни изисквания при кръстовища с кръгово движение с непрекъснато армирани бетонни покрития:

При кръстовища с кръгово движение с покритие от непрекъснато армиран бетон трябва да се спазват следните конструктивни изисквания:

- за предпочитане са основи от каменни материали без свързващо вещество;
- не се препоръчва основа от слаб бетон или циментова стабилизация с цел да се избегне възможна поява на отражателни пукнатини;
- препоръчва се междинен разделителен пласт от асфалтобетон. Той създава добра основа за разполагане на армировката, осигурява еднаква дебелина на бетонното покритие, спомага за образуване на модела на пукнатините и предпазва основата от ерозия;
- липсват напречни натискови фуги и евентуално надлъжна. Конструктивни фуги се изпълняват по необходимост при прекъсване на полагането;
- надлъжната армировка се разполага в средата на плочата или най-много на 1/3 от горната повърхност върху напречната;
- минималният процент на армиране зависи от класа на бетона; препоръчителните стойности са около 0,6 – 0,7;
- максимална ширина на пукнатините – 0,40мм;
- надлъжната армировка трябва точно да следва кривината;
- напречната армировка е перпендикулярна на надлъжната или образува ъгъл 60° с допирателната към централната линия на пътното платно;
- дължината на снаждането на надлъжната армировка зависи от якостта на бетона и диаметъра на прътите, но е най-малко $35d$; снаждането се извършва шахматно;
- при ширина на пътното платно по-голяма от 5м, напречната армировка се приема с диаметър като надлъжната;
- в краищата при външния и вътрешния кръг се добавят по 3 допълнителни надлъжни пръта;
- външният и вътрешният кръг се отделят от бордюри и други конструкции с изолационна фуга с ширина 6мм;
- при етапно изпълнение, за да се избегне снаждането в един радиален сектор армировъчните пръти се оставят с дължина 1, 2, 3, 4 и 5м.

В табл.1 са представени примерни конфигурации за армиране на кръгово кръстовище с непрекъснато армирано бетонно покритие

Таблица 1

Дебелина на покритието, (мм)	200	230	250
Номинален диаметър на надлъжната армировка, (мм)	16	16	16
Номинален диаметър на напречната армировка, (мм)	14	14	14
Разстояние между горната повърхност на надлъжната армировка и горния край на покритието, (мм)	80	80	80
Височина на опората (фиксатора), (мм)	90	120	140
Осово разстояние между надлъжните пръти, (мм)	150	130	120

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

През последните няколко години кръстовищата с кръгово движение придобиха голяма популярност в България. Вече са построени и се експлоатират значителен брой от тях, а други са на етап проект или в процес на изграждане. Едновременно с това многократно бяха изтъквани предимствата им, различията в зависимост от местоположението им – в градска или извънградска среда и недостатъците на нормативната уредба в страната, свързана с тях. Въпреки това, минимално внимание е отделено на един важен и скъп елемент – конструкцията на пътната настилка.

Твърдите пътни конструкции притежават комплекс от предимства, които ги правят устойчиво решение в дългосрочен план. Оценявайки предимствата им, много страни прилагат бетонните настилки при кръгови кръстовища с кръгово движение. Първите твърди конструкции са на не повече от 20 години и се считат за „млади“ настилки, но резултатите от използването им при кръгови кръстовища се оценяват като много добри.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ников, О., Методика за определяне на пропускателната способност на кръгови кръстовища, София 2014
- [2] W.A.Kramer, Rotondes in beton, “net even anders”, Cement&Beton Centrum, october 2012,
Aangepast augustus 2013
- [3] Luc Rens, Concrete Roundabouts, EUPAVE, December 2013
- [4] Rolf Werner, Ing. HTL/STV, Beratung und Expertisen für Verkehrsflächen in Beton, Bonstetten (Schweiz); Dipl.-Ing. Martin Peck, Munchen (Deutschland); Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger, Wien (Osterreich), Kreisverkehrsflächen in Beton: Erfahrungen in der Schweiz, Deutschland und Osterreich
- [5] Dipl.-Ing. Dr. Johannes Steigenberger, Erfahrungen mit Kreisverkehrsflächen in Beton, 13 März 2013
- [6] Concrete Roundabouts, ACPA, June 2005

APPLICATION OF CONCRETE PAVEMENTS FOR ROUNDABOUTS

Hristo G. Stamenov
stamenovhg@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,
BULGARIA

Key words: *concrete road pavement, roundabouts*

Abstract: *Concrete pavements are reliable and inexpensive alternative in road construction under heavy traffic loads. Their advantages have been highly assessed in many countries and for the past 20 years the number of concrete roundabouts has been steadily increasing.*

The features of roundabouts are briefly described. The effects of vehicle traffic on pavements at roundabouts are also examined.

The paper presents guidelines of design and construction requirements for roundabouts with jointed plain concrete pavements and continuously reinforced concrete pavements.