



Получена: 29.09.2020 г.

Приета: 12.10.2020 г.

ТЕНДЕНЦИИ ПРИ ХОРИЗОНТАЛНИТЕ ТРАСИРОВЪЧНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВРЪЗКИТЕ НА ПЪТНИТЕ И УЛИЧНИТЕ ВЪЗЛИ НА РАЗЛИЧНО НИВО

Д. Мартинов¹

Ключови думи: скорост, радиус на хоризонтална крива, пътни възли, улични възли, пътна безопасност

РЕЗЮМЕ

В публикацията са разгледани хоризонталните трасировъчни елементи при връзките на пътните и уличните възли на различно ниво. Правите и преходните криви са утвърдени еднозначно в нормите и за тяхното прилагане не се забелязва промяна в различни нормативни документи, както и в различен етап от тяхното издаване. Интерес представляват кръговите криви и по-специално изборът им на радиус. Тук прави впечатление голямото разнообразие от начини за получаване на минимални стойности на радиусите. В публикацията ще разгледаме именно тях, както и тенденциите в стойностите на самите радиуси. Ще разгледаме какъв е логично да бъде критерият за тяхното избиране, както и до каква степен новите нормативни стойности кореспондират с него. Всичко това ще покаже дали се движим в посока към по добра пътна безопасност.

Въведение

Тук ще разглеждаме основно вида на трасировъчните елементи в ситуация на пътния, респективно уличния възел, както и минималния радиус на хоризонталните криви. Достатъчно ясно във всеки един от нормативните документи е указано кога и как да се използват преходни криви при връзките на възлите, нещо което е непроменено и едва ли ще има развитие. Затова основно ще се спрем на въпроса със стойностите на мини-

¹ Димитър Мартинов, гл. ас. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: martinov@mail.com

малния радиус на хоризонталните криви. В по-старите нормативни документи [1] връзката между скоростта и минималния радиус на хоризонталните криви е дадена прекомерно усложнено. Тя зависи от класа на пътния възел, от това каква е неговата схема, от вида на пътната връзка, както и възможни стойности при различни допускания: препоръчителни, минимални и по изключение. При наредба, третираща уличните възли, и то предходната [3], тъй като настоящата [4] не дава информация за връзката скорост-радиус, са показани случаи за директни и индиректни връзки. Тук даже е приложено и при какъв точно напречен наклон да се извърши отчитането, което допълнително усложнява решението.

Всичко това води до няколко големи недостатъка:

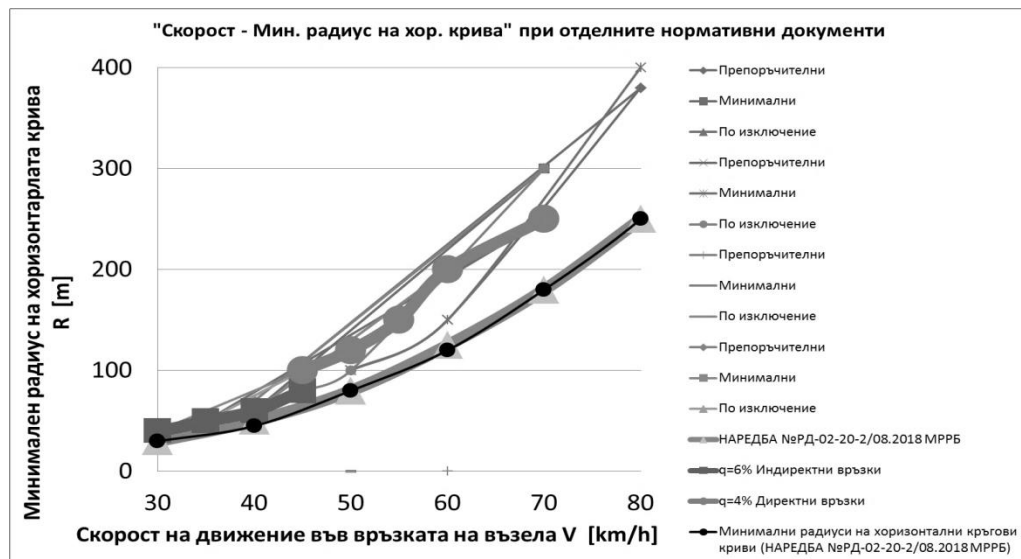
- Тълкуване и съответно възможност за грешка от това към кой тип схема се доближава конкретното решение спрямо ограничен брой схеми предложени в стария нормативен документ. Да се има предвид, че тенденцията при проектиране на пътни възли е използването на типови схеми, които са приложени в новите нормативни документи в много по-разнообразни форми и брой.
- Тълкуване и съответно възможност за грешка при определяне на това какъв е видът на пътна връзка, защото в стария норматив не са дадени данни за полудиректните връзки, а понякога при свободните решения геометрията е усложнена и е възможно неточното определяне на вида на някоя от връзките.
- Не е казано точно кои от стойностите и при какви условия да се приемат, имам предвид препоръчителни, по-изключение, или минимални. Това внася усложнения и ненужни итерации при проектирането на пътния възел, като се има предвид различното тълкуване на стойностите от различните инженери, отговорни за изпълнението на обекта.
- Излишни итерации при определяне на напречния наклон в следствие при уличните възли. Все пак да се извърши проверка дали при избрания радиус не се получава необходимост от по-голям напречен наклон. Да се има предвид връзката между радиуса на хоризонталната крива и напречния наклон.

От друга страна, движението на превозни средства по връзките на пътните и уличните възли не се различава по нищо от това в открит път. Т.е. трябва да е осигурено преминаването без възможност от появата на приплъзване, което е установено веднъж и то еднозначно в частта от нормативния документ, третираща трасировъчните елементи на пътя в ситуация. Нека разгледаме съпоставените в графичен вид данни от различните нормативни документи [1 ÷ 3, 5 ÷ 7] за връзката скорост – минимален радиус на хоризонталната крива, видна на следващата фиг. 1.

1. Съпоставяне на стойности на минимален радиус на хоризонтална крива при възлите в различни нормативи и етапи от тяхното издаване

Масивът от по-тънките линии показва графично връзката при стария норматив за проектиране на пътища „Наредба № 1/2000 г.“ [1]. Вижда се как стойностите блуждаят, предвид различните класове пътни възли, различните типови схеми, видовете връзки,

както и различните възможности за стойности – препоръчителни, минимални и по изключение. Вижда се ясно, че при 60 km/h толерансът от грешка в определяне на радиуса за хоризонтална крива е около 100 m. По-дебелите линии, тези с точки във вид на кръг и квадрат, показват връзката при уличните възли в стария норматив „Наредба № 2/2004 г.” [3]. В същите линии, квадратът е за индиректни връзки с напречен наклон 6%, а кръгът е за директните връзки с напречен наклон 4%. Вижда се, че същите попадат около средата на масива от линии, представящи „Наредба № 1/2000 г.” [1]. Най-ниски стойности, осигуряващи безопасното движение с оглед на приплъзване, са допуснати от новата наредба за проектиране на пътища „Наредба № РД-02-20-2/08.2018 МРРБ” [2], която кореспондира напълно и с немските норми [6, 7]. Графично стойностите са представени с поплътна линия с точки от вид триъгълник, най-ниската крива. Вижда се още, че стойностите почти се припокриват с тези при открит път в същите нормативи [2], представени с тънката черна линия с точки във вид на кръг, отново най-ниската крива. Разликите тук са минимални и са само за две стойности: при скорости от 40 km/h за пътните възли е изписано минимален радиус 50 m, а при открит път 45 m; при скорост от 60 km/h за пътните възли е изписано минимален радиус 125 m, а при открит път 120 m.



Фиг. 1. Съпоставяне на връзката „Скорост – Минимален радиус на хоризонталната крива” при отделните нормативни документи

2. Последни нормативни стойности в българските норми на минималните радиуси на хоризонтални криви и критерият за приплъзване на автомобил

Интересен за отбелязване е фактът, че минималните радиуси на хоризонталните криви за открит път при скорости от 30 до 90 km/h са получени при максималния напречен наклон на настилката от 7%, а същите при пътните възли са, когато максималният напречен наклон е фиксиран на 6%. И като се имат предвид еднаквите нормативни стойности на радиусите на хоризонталните криви и за открит път, и за пътни възли, то може

да се направи еднозначно следният извод. Изводът е, че при пътните възли вероятността от допускане на приплъзване е по-голяма, отколкото в участъци в открит път. Нека разгледаме формулата за определяне на минималните радиуси на хоризонтална крива, дадена в приложенията към нормите. Трябва да се отбележи фактът, че формулата е фундаментална и е получена от пътно динамически модел с разположение на силите, действащи на автомобил в условията на движение в хоризонтална крива:

$$\min R_{\text{кр}} = \frac{V_{\text{пр}}^2}{127(\varphi_y p + \max q_{\text{кр}})}, \quad (1)$$

където $R_{\text{кр}}$ е минимален радиус на хоризонтална крива [m];

$V_{\text{пр}}$ – проектната скорост [km/h];

φ_y – коефициентът на напречно сцепление;

p – относителният дял на използваното напречно сцепление в %, който е $p = 0,50$ при $\min R_{\text{кр}} = 7\%$, $p = 0,40$ при $\max q_{\text{кр}} = 6\%$, $p = 0,10$ при $\max q_{\text{кр}} = 2,5\%$;

$\max q_{\text{кр}}$ – максималният напречен наклон в хоризонталната кръгова крива.

Във формулата коефициентът на напречно сцепление φ_y се приема с израза:

$$\varphi_y = 0,925\varphi_x, \quad (2)$$

където φ_x е коефициентът на надлъжно сцепление, който се определя по формулата:

$$\varphi_x = 0,241 \left(\frac{V_{\text{пр}}}{100} \right)^2 - 0,721 \left(\frac{V_{\text{пр}}}{100} \right) + 0,708. \quad (3)$$

Щом минималните радиуси на хоризонталните кръгови криви са еднакви и за открит път, и за пътни възли, и то за еднакви скорости на движение, то може да изравним и знаменателите във формулата за минимален радиус. Освен това, като имаме предвид и максимално допуснатите напречни наклони, при които са изчислени радиусите, то за коефициента p при пътните възли ще се получи следното:

$$\begin{aligned} 127(\varphi_y p_{\text{път}} + \max q_{\text{кр}}) &= 127(\varphi_y p_{\text{п.възел}} + \max q_{\text{кр}}) \rightarrow \\ \varphi_y p_{\text{път}} + 0,07 &= \varphi_y p_{\text{п.възел}} + 0,06 \rightarrow \\ \varphi_y (p_{\text{п.възел}} - p_{\text{път}}) &= 0,01 \rightarrow \\ p_{\text{п.възел}} &= p_{\text{път}} + \frac{0,01}{\varphi_y}, \end{aligned} \quad (4)$$

където $p_{\text{п.възел}}$ е относителният дял на използваното напречно сцепление в % при пътните възли;

$p_{\text{път}}$ – относителният дял на използваното напречно сцепление в % при пътища.

Понеже видяхме, че φ_y зависи от φ_x , а φ_x от скоростта, то за удобство ще пресметнем увеличението на стойностите на коефициента p при пътните възли за различните скорости в интервала от 30 до 80 km/h. Резултатите са онагледени на следващата таблица.

Таблица 1. Определяне на нарастването на коефициента на относителния дял на използваното напречно сцепление при пътни възли

$V_{\text{пр}}$ [km/h]	φ_x	φ_y	$0,01/\varphi_y$
30	0,51339	0,47488575	0,021057697
40	0,45816	0,42379800	0,023596147
50	0,40775	0,37716875	0,026513331
60	0,36216	0,33499800	0,029850924
70	0,32139	0,29728575	0,033637670
80	0,28544	0,26403200	0,037874197

3. Влияние върху пътната безопасност

От резултатите е видно, че коефициентът p за пътните възли е около 0,53 и е средно с 0,03 по-завишен от този в открит път и за 7% максимално допустим напречен наклон, и с 0,13 за 6% напречен наклон. Стойностите на полученото увеличение на коефициента са в рамките на закръгленията на стойности в таблиците на нормативния документ. Това може да се види, след като от формулата за минималния радиус се изрази коефициентът p . След това същият коефициент може да се пресметне за всяка една от проектните скорости и съответстващата и приета нормативно стойност за минимален радиус на хоризонталната крива. По така получените стойности на коефициента е видно, че същият варира от 0,35 до 0,50, при стойности за скоростта от 30 до 90 km/h и случай с максимален наклон от 7%, за които същият коефициент е прието да е 0,5.

От направени вече изследвания по въпроса с коефициента за използване на напречното сцепление, каквото е и това на Р. Миланов от 1997 г. [8] е видно, че коефициентът може да варира в различни граници, но е уместно да се ограничи с максимална стойност от 0,5, при стойности над 0,7 има опасност от рязко увеличение на аварийността.

Изводи

Настоящото изследване установи, че при пътните възли коефициентът p е със стойност над 0,5, но не превишава критичните за безопасността на движение 0,7. Въпреки всичко, с цел максимална коректност в сметките и приеманията, е разумно в един следващ етап на издаване на нормативния документ, всичко това да се уточни еднозначно. Възможностите са две:

- да се изчислят и съответно приемат нови стойности на минималните радиуси на хоризонталните криви във връзките на пътните възли при макси-

мално фиксирания напречен наклон на настилката от 6% и приетия точен коефициент $p = 0,4$, така както са показани на следващата таблица 2.

- да се приемат стойностите на минималните радиуси на хоризонталните криви така, както са в открит път, но да се приеме максимално допустимият напречен наклон във връзките на пътните възли да е 7%.

От всичко това става ясно, че безопасното движение при връзките на пътните възли е възможно да бъде осигурено, така както е и за открит път. Т.е. връзката между скорост и минимални радиуси на хоризонталните криви да се ползва еднозначно от критерия „опасност срещу приплъзване“. Стойностите да не зависят от това в какъв вид връзка се намира кривата, както и от това какъв е класът на възела, както и неговата типова схема. Разнообразието от стойности да се ограничи за отделните връзки, като за всяка е възможно просто предварително да се приеме минимална скорост на движение.

Изводът от направения анализ е, че е най-разумно е еднозначното определяне на радиуса на хоризонталната крива, единствено спрямо скоростта на движение във връзката на възела. Това ще доведе до:

- по-голяма свобода при проектиране на ситуацията на възела;
- елиминирание от възможни грешки при иначе сложното отчитане;
- еднозначно определяне в следствие на напречните наклони, зависещи от скоростта и приетия вече радиус на хоризонталната крива.

Таблица 2. Предложени стойности на минимален радиус на хоризонтална крива при връзките на пътните възли при $q_{кр} = 6\%$ и коефициент $p = 0,40$

$V_{нр}$ [km/h]	Φ_x	Φ_y	$q_{кр}$ [%]	p	Изчислен R_{min} [m]	Да се приеме R_{min} [m]	По наредба №РД-02-20-2 R_{min} [m]
30	0,51339	0,47488575	6,00	0,40	28,35	30	30
40	0,45816	0,42379800	6,00	0,40	54,89	55	50
50	0,40775	0,37716875	6,00	0,40	93,35	95	80
60	0,36216	0,33499800	6,00	0,40	146,12	150	125
70	0,32139	0,29728575	6,00	0,40	215,65	220	180
80	0,28544	0,26403200	6,00	0,40	304,29	305	250

ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба № 1/2000 и норми за проектиране на автомобилни пътища. МРРБ, май 2000 г.
2. Наредба № 02-20-2 за проектиране на пътища. МРРБ, август 2018 г.
3. Наредба № 2/2004 за планиране и проектиране на комуникационно-транспортни системи на урбанизираните територии. МРРБ, юни 2004 г.
4. Наредба № 02-20-2 за планиране и проектиране на комуникационно-транспортната система на урбанизираните територии. МРРБ, декември 2017 г.

5. RAS-L – Richtlinie für die Anlage von Straßen, Ausgabe 1995.
6. RAL – Richtlinie für die Anlage von Landstraßen, Ausgabe 2012.
7. RAA – Richtlinien für die Anlage von Autobahnen, Ausgabe 2008.
8. *Миланов, Р.* Минимален радиус на хоризонталната крива, коефициент на напречно сцепление и безопасност на движението. // Пътища, стр. от 5 до 9, 6/1997.

TRENDS IN THE HORIZONTAL TRACING ELEMENTS ON THE CONNECTIONS OF ROAD AND STREET JUNCTIONS AT DIFFERENT LEVELS

D. Martinov¹

***Keywords:** speed, radius of horizontal curve, road junctions, street junctions, road safety*

ABSTRACT

The paper examines the horizontal tracing elements at the connections of road and street junctions at different levels. The straight and transition curves are unambiguously confirmed in the norms and for their application no change is noticed in different normative documents, as well as in different stages of their issuance. The circular curves and in particular their choice of radius are also in the focus of interest. Here the great variety of ways to obtain minimum values of radii is impressive. The paper explores them, as well as the trends in the values of the radii themselves. The logical criterion for their selection as well as the extent to which the new normative values correspond to it are considered. All this will show whether we are moving towards better road safety.

¹ Dimitar Martinov, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction and Transport Facilities", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: martinov@mail.com