



Получена: 14.05.2021 г.

Приета: 16.08.2021 г.

## СИГУРНИ ХОРИЗОНТАЛНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ПЪТИЩАТА – ОСНОВЕН ФАКТОР ЗА БЕЗОПАСНОСТ НА ДВИЖЕНИЕТО

**В. Николов<sup>1</sup>**

***Ключови думи:** скорост, прав участък, радиус на хоризонтална крива, параметри на преходна крива, безопасност на движението*

### РЕЗЮМЕ

Настоящата статия разглежда насоките за проектиране и строителство на сигурни хоризонтални елементи на автомобилните пътища. Визуални, психологически, хармонични, но и чисто технически условия са обсъдени в допълнение на нормативните път-но-динамични модели за избор на стойности за параметрите. Дискутирани са евентуални проблеми при осигуряване на безопасността на автомобилното движение. Предложени са решения за тяхното преодоляване или минимизиране.

### Въведение

В общ смисъл понятието „сигурност“ е състояние на увереност, надеждност, вяра, категоричност, защитеност, безопасност. За инженерните и техническите системи сигурността означава безотказност и устойчивост на функциониране. Съгласно Наредбата за проектиране на пътища [1] трасето на пътя в ситуация е хоризонталната проекция на неговата ос, комбинация от прави, кръгови и преходни криви. Проектът на пътя трябва да осигури всички условия за организирано, комфортно и безопасно движение (чл. 18).

За правите участъци са характерни посока и дължина, а за кръговите криви се ограничават радиус и дължина. Критериите за техните стойности се определят от приетия път-но-динамичен модел. При кривите моделът показва разположението на силите, действащи на един автомобил при движението му в хоризонтална крива.

---

<sup>1</sup> Валентин В. Николов, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: nikolov\_hpc@abv.bg

В статията се разглеждат принципно елементите права и кръгова крива и по-обстойно тези на преходната крива и тяхното влияние върху сигурността.

## 1. Сигурни прави участъци на пътя

За да се получи баланс на сигурността, елементите на един път трябва да бъдат проектирани така, че да осигуряват нормални условия за движение на мнозинството от автомобилите, водачите, пътниците и товарите. Това се постига чрез използване на скоростта за цялостен контрол на проектирането. Правите участъци, като важна част от ситуацията на пътя, имат единствено ограничения за дължина, зададени в наредбата [1].

### 1.1. Минимална дължина

Минималната дължина на правата в пътя е в зависимост от посоката на съседните ѝ хоризонтални криви. Въпросът беше подробно разгледан в публикация [2].

При обратно завиващи (контра) криви, нормативните документи не дават ограничение, т.е. кривите могат да се допират в инфлексна точка. В случаите, когато не се прилагат преходни криви, и по специално при скорости, равни и по-ниски от 30 km/h, е препоръчително да се остави минимална дължина на правата, поне равна на дължината на един автомобил (тежкотоварен автомобил – влекач с ремарке – 18 m).

Прав участък с минимална дължина между две еднопосочни кръгови криви не е разумно проектно решение. Визуално в края на правия участък втората крива се вижда като илюзия за обратна крива, или дори се получава заблуда, че двете криви са една обща, когато правата е твърде къса. Такова проектно решение нарушава хомогенността на цялостното трасиране на пътя и лесно предизвиква грешки от водача. Тъй като дефектът, генериран от тази линейна комбинация, лесно създава илюзия, е необходимо да се ограничи минималната дължина на правата между еднопосочните кръгови криви. Тогава съседните криви няма да бъдат видими за водача едновременно, избягвайки горните недостатъци. За това се препоръчва минималната дължина ( $m$ ) между две еднопосочни кръгови криви да не е по-малка от 6 пъти проектната скорост  $V_{пр}$  (km/h).

Дадените в табл. 2 на наредбата [1] стойности трябва да се възприемат като такива между краищата на преходните криви към еднопосочните кръгови криви.

### 1.2. Максимална дължина

При проектирането на традиционни пътища широко се използват прави линии, но в повечето случаи дългите прави са трудни за координиране с терена. Твърде голямата дължина не способства за хомогенно възприемане на трасето на пътя. Дългите прави участъци могат лесно да накарат шофьорите да се чувстват отегчени и уморени и да създадат затруднения при точно визуализиране на разстоянието между две превозни средства, пораждайки нетърпение у водачите, желание по-скоро да се оттеглят от правата линия и да увеличат и сериозно да превишат скоростта, което лесно може да доведе до възникване на пътнотранспортни произшествия. Следователно, когато се използва права линия, тя не трябва да е твърде дълга. Според много изследвания, за проектна скорост  $V_{пр}$  по-голяма или равна на 60 km/h, съответният максимално дълъг прав участък трябва да бъде изминат за около 70 s, което отговаря на еквивалентна на дължина от 20  $V_{пр}$ .

## 2. Сигурни кръгови хоризонтални криви

Проектирането на кривите се базира на зависимост между скоростта и кривината и връзките им с надвишението (на напречния профил) и напречното сцепление.

Центростремително ускорение на автомобил, движещ се в крива, действа към центъра на кривината и се поддържа от компонент от теглото на превозното средство, свързан с надвишението на пътното платно, напречното сцепление, развито между гумите на превозното средство и настилката, или от комбинация от двете.

При движение с постоянна скорост по крива с надвишение, така че стойността на напречното сцепление  $\varphi_y$  да е нула, центростремителното ускорение се поддържа от компонент от теглото на превозното средство и теоретично не е необходима кормилна сила [7]. Превозното средство, което се движи по-бързо или по-бавно от скоростта на баланса, развива триене в гумите и в такъв случай върху волана трябва да се прилага усилие, за да се предотврати движението навън или към вътрешността на кривата.

От множество изследвания са установени пределни стойности за степента на надвишение ( $\max q_{кр}$ ) и на необходимото напречно сцепление ( $\varphi_y$ ) за проектиране на кривата. Използването на тези установени гранични стойности във формулата за кръговата крива позволява определяне на минимален радиус на кривата за различни проектни скорости. При прилагане на криви с радиуси, по-големи от този минимум, надвишението и напречното сцепление имат стойности под съответните им граници.

Изборът на радиус влияе на всички останали елементи на кривата като: дължина, положението ѝ спрямо върха на полигона и подусловия като дължина на правите.

Определени критерии за избор на радиус обаче пряко влияят върху пътната безопасност. Такъв е критерият, защитаващ автомобилите срещу приплъзване (меродавен в нормативните ни документи за пътищата и улиците), преобръщане и видимост.

### 2.1. Минимален радиус по критерия срещу приплъзване

#### А. Влияние на надвишението

Степента на надвишение не трябва да е по-голяма от тази, при която превозните средства, стоящи или пътуващи бавно, биха се плъзнали към центъра на кривата, когато настилката е заледена. При по-високи скорости феноменът на частично хидропланиране се появява на криви с лошо отводняване, където водата да се натрупва върху настилката. Плъзгане се получава при задните колела, когато ефектът на смазване на водния филм намалява наличното напречно сцепление под нуждите на триене при завиване.

В публикацията [2] беше подробно изяснено как от равновесието на силите при движението на автомобил в хоризонтална крива с конкретен радиус, напречен наклон, вид настилка и скорост на движение се получава формулата за минималната стойност на радиуса на хоризонталната кривата, така че да не се получи приплъзване:

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

Относителният дял на използваното напречно сцепление  $p$  зависи от максималния напречен наклон в крива:  $p = 0,50$  при  $\max q_{кр} = 7\%$ ;  $p = 0,40$  при  $\max q_{кр} = 6\%$ ;  $p = 0,10$  при  $\max q_{кр} = 2,5\%$ . Коефициентът на напречно сцепление  $\varphi_y$  зависи от надлъжното сцепление  $\varphi_x$ :

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

## Б. Влияние на напречното сцепление

Горната граница на коефициента на напречно сцепление е точката, в която гумата ще започне да се плъзга – това е известно като точката на предстоящо приплъзване. Тъй като пътните криви са проектирани така, че превозните средства да могат да избягват приплъзване със запас на безопасност, използваните стойности за коефициента на напречно сцепление  $\phi$ , при проектирането трябва да бъдат значително по-малки от коефициента на сцепление при хлъзгане. Това се постига чрез коефициента  $p$ .

Коефициентът на напречно сцепление при предстоящо приплъзване зависи и от редица други фактори, сред които най-важни са скоростта на превозното средство, видът и състоянието на пътната настилка и видът и състоянието на гумите на превозното средство. Максималният коефициент на напречно сцепление, необходим при проектирането, трябва да бъде онази част от максималното налично напречно сцепление, която може да се използва от по-голямата част от водачите с комфорт и без вероятност от плъзгане. Въпросът с коефициента за относителния дял на използваното напречно сцепление е разгледан подробно от Мартинов, Д. [3] и са предложени съответни препоръки за стойности при пътните възли с оглед безопасността на движението.

Ключово съображение при избора на максимални коефициенти на напречно сцепление при проектирането е това ниво на странично ускорение, което предизвиква у шофьорите чувство на дискомфорт и инстинктивна реакция срещу по-високата скорост.

### **2.2. Минимален радиус по критерия срещу преобръщане**

Въпросът за минимален радиус по критерия срещу преобръщане беше обстойно разгледан в [2]. Както и при критерия, осигуряващ опасността от приплъзване, се разглеждат силите, действащи на автомобила при движението му в хоризонтална крива.

### **2.3. Минимален радиус по критерия за видимост**

За автомобилните пътища видимостта не е меродавен критерий за избиране на радиус, но е важен фактор за безопасността на движение, който задължително се контролира по нормите за проектиране. Проверява се страничната видимост. За двулентови пътища меродавна е вътрешната лента, а за пътища със средна разделителна ивица (СРИ) лявата лента, тъй като тя се ограничава от по-малка ширина до препятствието. Според изследване на Мартинов, Д. [4], критерият за видимост се изразява в ограничаване на ширината на полето на видимостта, така че то да не напуска очертанията на пътното платно. Тогава меродавна при пътища със СРИ става вече дясната активна лента за движение. Така обезпечена видимостта няма да зависи от различните конструктивни елементи на земното тяло пътя и от разположени пътни принадлежности.

## **3. Сигурни преходни криви**

Когато превозните средства преминават от прави участъци към кръгови криви, кривината се променя непрекъснато. Участъкът с променяща се кривина се нарича преходна крива. За преходни криви обикновено се използват клотоиди.

Преходните криви трябва да са достатъчно дълги, за да се избегне нарастването на центробежното ускорение или шофьорът да не трябва да завърта волана твърде рязко, а да направи шофирането безопасно, удобно и линейно оптимално гладко.

### 3.1. Условия за правилен подбор на преходната крива

А. Нарастването на центробежното ускорение не трябва да бъде твърде бързо.

Когато превозното средство се движи в преходна крива от началото до края ѝ [8] за време  $t$  (s), центробежното ускорение, генерирано от центробежната сила, е:

$$a = \frac{V_{\text{пр}}^2}{\rho}, \text{ [m/s}^2\text{]}. \quad (3)$$

По време на този процес радиусът на кривината  $\rho$  равномерно се променя от  $\infty$  до  $R$ , а центробежното ускорение равномерно се увеличава от 0 до  $V_{\text{пр}}^2/R$ , като скоростта на нарастване на генерираното ускорение се изразява чрез коефициента  $j$  – уравнение (4).

Проучването [5] подробно разглежда динамичния критерий при движението на автомобила в преходната крива. Ограничения на параметъра  $A$  на преходната кривоидна се приемат поради много големи стойности на коефициента на нарастване на центробежното ускорение –  $j$ .

$$j \geq \frac{V_{\text{пр}}^3}{47R_0 L_{\text{пр}}}, \text{ [m/s}^3\text{]}. \quad (4)$$

Коефициентът  $j$  е индикатор за определяне на степента на преход в кривата. Обикновено този параметър се нарича „фактор на прехода“, с мерни единици ( $\text{m/s}^3$ ).

Нивото на комфорт на пътниците зависи от  $j$ . Шорт през 1909 г. предложил  $j$  да не надвишава  $0,6 \text{ m/s}^3$ , така че пътниците да усещат, че превозното средство все още е стабилно.

Дължината на преходната крива може да бъде получена за определена скорост на превозното средство и определен радиус на кръговата крива, когато е избран. Изборът на стойност на  $j$  трябва да се основава главно на изискванията на шофиране, включително на възможността за лесно управление на превозното средство и по-точно, поддържане на превозното средство в лентата му. Ако преходната крива  $L_{\text{пр}}$  е твърде къса и скоростта е твърде висока, шофьорът ще бъде напрегнат и неистово действащ, като бързо завърта волана, дори може да отклони превозното средство от нормалната линията и да причини пътни инциденти. Практиката е доказала, че докато стойността на  $j$  отговаря на изискванията на шофиране, може да се осигурят изискванията за комфорт на пътниците.

Предложената стойност на Шорт от  $0,6 \text{ m/s}^3$  е твърде голяма за високоскоростни пътища и твърде малка за нискоскоростни пътища. При проектната скорост за автомагистралите от  $120 \text{ km/h}$  се изисква минималната граница от  $0,3 \text{ m/s}^3$ .

Б. Отговаряне на изискванията на визуалните (оптико-естетически) условия

За добро възприемане на пътя от гледна точка на водачите на превозните средства и за да се избегнат оптически изкривявания на перспективните образи по трасето, изследванията и практиката са показали, че минималният ъгъл на завиване в преходните криви е  $\tau = 3^\circ 10' 59'' = 0,05556 \text{ rad}$ , а максималният ъгъл е  $\tau = 28^\circ 38' 052'' = 0,5 \text{ rad}$ . Така е получено изискването параметърът  $A$  на преходната крива да бъде ограничен от  $1/3 R$  до  $R$  [8], съответстващи на минималния и максималния ъгъл на завиване. В изследването [5] е констатирано, че условието  $A \geq R/3$  е меродавно при по-големи радиуси на кръговите криви, т.е. динамичният критерий, разгледан в т. А, е по-всеобхватен. Препоръчва се при проектиране на пътища да се прилагат минимални стойности на параметъра  $A$  на кривоидна, обезпечаващи максимални стойности на параметъра  $j$  в рамките до  $2 \text{ m/s}^3$  и то за ниските и средните скорости ( $30 - 70 \text{ km/h}$ ).

В. Времето за шофиране не трябва да бъде твърде кратко.

Независимо от параметрите на преходната крива, водачите трябва да имат достатъчно време да коригират посоката си. Ако посоката на пътя се обърне твърде рязко, това също може да накара пътниците да се чувстват неудобно.

Следователно, най-краткото време за пътуване по кривите на прехода трябва да бъде ограничено [8]. Най-краткото време за пътуване в преходни криви е прието 3 (s) и по този начин минималната дължина на преходните криви се установява от уравнение (5).

$$L_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пр}} t}{3,6} = \frac{V_{\text{пр}}}{1,2}, [\text{m}]. \quad (5)$$

Преходните криви трябва да са достатъчно дълги, за да се избегне бързо нарастването на центробежното ускорение, водачът да не се налага да завърта волана твърде бързо, а да направи шофирането безопасно, удобно и линейно оптимално гладко.

### **3.2. Минимални $L$ и $A$ по критерия – Максимален допълнителен надлъжен наклон от надвишението**

Преходната крива съвпада с рампата на надвишението, т.е. дължината ѝ  $L$  влияе върху допълнителния надлъжен наклон. В наредбата за проектиране последният е със стойности от 0,9 до 2,0% в зависимост от проектната скорост. Сумата от основния и допълнителния наклон, може да надхвърли максимално допустимия надлъжен наклон за съответната проектна скорост. Това води до влошаване на параметрите на транспортния поток, движещ се по пътната отсечка.

### **3.3. Максимални $L$ и $A$ по критерия – Минимален допълнителен надлъжен наклон от надвишението**

При големи дължини на преходната крива съществува вероятност от много малки допълнителни надлъжни наклони във външния ръб на настилката. Участъкът на външната лента, където напречният наклон се преоформя (завърта) от  $-q$  до  $+q$ , е много дълъг. В една не малка зона от дължината на пътя ще се получат много малки напречни наклони на повърхността на пътната настилка. Когато тези участъци съвпадат с минимално употребените надлъжни наклони, се получава опасността от зануляване на резултантния наклон и недобро отводняване на настилката. Ето защо е нужно да се ограничи минималната стойност на допълнителния надлъжен наклон от надвишението. Д. Мартинов в [6] показва начин за установяване на този минимален допълнителен надлъжен наклон. Предложени са рационални схеми за преодоляване на проблема.

Първата възможност е чрез ускорено завъртане на настилката. Скоростта на това преоформяне обаче трябва да се съобрази с изискванията, дадени в т. 4.1.Б по долу.

## **4. Надвишение в крива. Приложение на надвишението**

Напречният профил на път с едно платно за движение в правите участъци обикновено е с двустранен покривообразен профил. При пътища с две платна за движение всяко от платната е с едностранен напречен профил.

Напречният наклон на платното за движение в хоризонталните криви е насочен към центъра на кривата (само по изключение, за по-добро повърхностно отводняване, се допуска обратен напречен наклон, насочен към върха на кривата).

Промяната на напречния наклон от права в хоризонтална крива, съгл. НПП, чл. 43, се извършва по протежение на преходен участък, в който платното за движение постепенно се завърта (по правило около оста на пътя) и се оформя рампа на надвишението (понижаването) на ръбовете му. Преоформянето на наклона се извършва по дължината на преходната крива, като максималната стойност на напречния наклон се постига в края на прехода и се запазва постоянен по дължината на кръговата крива.

Целта на надвишението на външния ръб на настилката е да компенсира центробежната сила в известна степен. Но този процес започва след нулевия напречен профил (преминаването от двустранен в едностранен напречен профил) т.е. едва в участъка на нарастване на надвишението до пълното му развитие в кръговата крива. До нулевия профил кривината  $\rho$  намалява вследствие на преходната крива, но обратен напречен профил за противодействие на центробежната сила все още не е достигнат.

#### **4.1. Развитие на надвишението по дължина**

##### А. Критерии за определяне на дължината на развитие на надвишението [9]:

- проектната скорост;
- скоростта на преоформяне (завъртане) на настилката, т.е. контрол на комфорта на пътниците в превозното средство;
- контрол на външния вид – относителната разлика в нивата между вътрешния и външния ръб на изминатия път.

Дължината на развитие на надвишението трябва да бъде достатъчна, за да осигури задоволително удобство при управление на автомобила, както и визуално плавно пространствено развитие на пътното платно.

##### Б. При двулентови двупосочни пътища

Дължината на надвишението се определя от скоростта на промяна на наклона на настилката. Тази скорост не трябва да надвишава 2,5% в секунда от времето за пътуване при проектната скорост. По изключение при трудни проектни условия, напр. среда с ниска скорост, планински терен и др., и при проектните скорости до 70 km/h, може скоростта на завъртане на настилката да е до 3,5% в секунда при проектната скорост.

##### В. Пътища с две платна и по-широки настилки.

Надвигението по тези пътища се развива на по-големи дължини с изисквания за:

- подобрени критерии за комфорт на пътниците, които ограничават максималната скорост на въртене на настилката до 2% в секунда при проектната скорост;
- критерии за външен вид, който ограничава относителната разлика в нивата между вътрешния и външния ръб до стойност, подходяща за проектната скорост.

#### **4.2. Развитие на надвишението в надлъжен профил**

Допълнителният надлъжен наклон от надвишението, съчетан с проектния надлъжен наклон, могат да надвишат допустимия надлъжен наклон. Това пряко влияе върху параметрите на транспортния поток, скоростта и комфорта на придвижване.

При големи дължини на преходна крива е вероятен много малък допълнителен надлъжен наклони във външния ръб на настилката. В случаите на участъци с малки надлъжни наклони това води до опасността от слабо и недобро отводняване. Т.е., участъкът

на външната лента, където напречният наклон се преоформя (завърта) от  $-q$  до  $+q$ , е много дълъг. Така в една не малка зона от дължината на пътя ще се получат много малки напречни наклони на повърхността на пътната настилка [2]. В [6] е показан начин за установяване на минимален допълнителен надлъжен наклон, а в НПП [1] са ограничени и максимумът и минимумът на допълнителния надлъжен наклон.

### 4.3. Проблеми при приложението на надвишението

След изчертаване на профилите на двата ръба на настилката всички нередности, произтичащи от взаимодействия между прехода на надвишението и надлъжните профили, трябва да бъдат премахнати чрез въвеждане на плавни криви. Така ще разкрият и равните площи на настилката, нежелани поради необходимостта от бързо отводняване на повърхностните води, и същите могат да бъдат ограничени на етапа на проектиране.

В пресечени и планински райони стандартните нива на надвишение и/или дължината на развитие не може да бъдат постигнати. В такива случаи трябва да се използват най-високите допустими нива на надвишение и най-кратките дължини на развитие [9].

#### А. Върху мостови съоръжения

Преходът на надвишение върху мост има почти същия ефект като вертикална крива в същата ситуация и почти винаги води до грозен вид на моста и парапета. По възможност, хоризонталните криви трябва да започват и завършват на достатъчно разстояние от моста, така че никоя част от прехода на надвишението да не се попада върху моста. НПП, чл. 42, т. 8 допуска при мостови съоръжения с дължина над 20,00 m в хоризонтална кръгова крива напречният наклон на платното за движение да е до 5,00%.

#### Б. Обратен напречен наклон

Обратен напречен наклон трябва да се избягва, освен при криви с радиуси, достатъчно големи, за да се считат за прави участъци от пътя. НПП, чл. 42, т. 6 допуска по изключение обратен напречен наклон  $q_{обр} = -q_{пр}$  в криви с минимум радиуси, съгласно табл. 11. Обратен напречен наклон не трябва да се използва в комбинация с друг фактор, който би могъл да увеличи силата върху автомобилната гума или да причини намаляване на силите на триене, които могат да се развият на границата на настилката с гумата, например:

- на подходите към кръстовища поради силите на триене, необходими за спиране;
- в райони, подложени на аквапланинг или заледяване;
- при спускане.

#### В. Стръмни спускания

Прекомерното използване на максимално надвишение при стръмни наклони може да увеличи надлъжния наклон на външния ръб. Обикновено надвишението е единственият геометричен елемент, който може да варира в тези ситуации и понякога ще е необходимо или то да се намали, или да се удължи дължината на развитието му.

Надвишението обаче трябва да се увеличи при наклони надолу, за да се противодейства на ефекта от комбинацията от надлъжен наклон и кривина върху стабилността на моторните превозни средства – особено при съчленените товарни автомобили. В сравнение със силите на теглото, които действат върху превозно средство в хоризонта-



лен участък, когато превозното средство се движи по наклон надолу, силата на теглото на предната ос се увеличава, а на задната ос намалява. Това преместване на товара ефективно намалява спирачната сила, която може да се подава от задната ос, така че, когато превозното средство се движи близо до максималната безопасна скорост за надвишена крива при наклон и при задействане на спирачките, задните колела вероятно ще губят сцепление и това може да доведе до завъртане на превозното средство.

#### Г. Контра криви (вж. и т. 1.1)

Обратните (контра) криви могат да създадат проблеми при постигането на подходяща скорост на преоформяне на настилката за развитие на надвишението. Където е възможно, трябва да се предвиди права или преходни криви между обратните криви, за да се даде възможно време, необходимо за завъртане на волана на автомобила. За това действие на водача времето е от 2 до 4 секунди и в този период превозното средство се движи по трасето на разстояние между 0,8 V и 1,1 V метра (V е в km/h). Това позволява дължината на правата или преходните криви между обратните криви да бъде намалена до 0,6 V (m). В стръмни, до планински райони, където не е практично да се осигури това разделяне между кривите, трябва да се осигури достатъчна ширина, за да могат водачите да осъществят спирално трасе в ширината на платното за движение.

Две важни проверки трябва да се направят във всички ситуации на обратни криви:

1. За добро повърхностно отводняване в точката на обръщане на кривата. Като общо правило надлъжният наклон на пътя в този участък трябва да бъде между 1% и 3%.
2. Когато се използват изцяло кръгообразни криви, радиусите им трябва да бъдат най-малко равни и желателно доста над радиуса, необходим за нулево пресичане при проектната скорост на хоризонталното трасиране.

Контра кривите създават нестабилност на съчленените тежки превозни средства:

- големите сили от наклоняването, които се развиват в допирателните точки на кривата, може да причинят проблеми на водачите с управлението;
- загубата на надвишение при подхода към допирателните точки на кривата. Шофьорите са склонни да преодоляват кривите със скорости, близки до границите на стабилност и всяко влошаване на качеството на пътя, като намаляване на напречния наклон, може да доведе до загуба на контрол.

#### Д. Еднопосочни криви (вж. и т. 1.1)

Еднопосочните хоризонтални криви, съединени от къса права, създават нехомогенно трасиране, известно като хлътване. Такова съчетание трябва да се избягва, защото:

- много е трудно да се направи визуално приятно вертикално трасиране на ръбовете на пътната настилка;
- невъзможно е да се осигури правилното ниво на надвишение през двете криви; и
- водачите могат да срещнат проблеми, свързани с разстоянията на видимост и условията на спиране на подходите към подобни криви участъци от пътя.

Проблемите с хомогенността, видимостта и безопасността могат да бъдат избегнати чрез замяна на подобни криви с една крива (вж. и НПП [1], Глава четвърта).

## 5. Повърхностно отводняване на настилка

### 5.1. Общи положения

Отводняването по ръба на настилка се постига посредством пътни окопи, бордюри, риголи, готови отводнителни улеи и др. Съгласно чл. 210, ал. 5 на НПП, Глава двадесет и седма [1], най-малкият допустим надлъжен наклон на пътния окоп е 0,5%, но за ефективно отводняване се препоръчва 1%. Тези стойности гарантират добро отводняване по ръба, но за повърхността на настилка трябва да се правят проверки за натрупване на повърхностни води и условия за възникване на аквапланинг.

При хоризонтални участъци с отводняването от повърхността на асфалтова настилка може да възникнат проблеми при напречен наклон, по-малък от 2,0%.

Проблеми с отводняването на покритието също могат да се случат и:

- при стръмни надлъжни наклони поради увеличаването на дължината на пътя на дренажния поток чрез комбинацията от напречния наклон и надлъжния наклон;
- в лентите за влизане и излизане, където маневрите за сливане и спиране са често срещани;
- на подходите към кръстовища и криви с малък радиус, където често се случва много рязко спиране.

С оглед на потенциалните проблеми с отводняването в зоните за развитие на надвишението, дължината на повърхностните дренажни потоци и дълбочината на водата в тези зони трябва да бъдат проверени както във всички нови проекти, така и в рехабилитационните проекти, включващи геометрични подобрения. Решението на проблемите с отводняването на повърхността обикновено включва промяна в ситуацията, в надлъжния профил, дори и в двете части на проекта.

### 5.2. Мерки за подобряване на повърхностното отводняване [9]

- Претрасиране на пътя. Развитието на надвишението понякога може да бъде преместено на място, което осигурява подобро повърхностно отводняване.
- Препроектиране на надлъжния профил на пътя.
- Съкращаване на развитието на надвишението.
- Преместване на проектната линия (на надлъжния профил) далеч от пътните ленти.
- Осигуряване на покривообразен напречен профил. Големи напречни наклони не се препоръчват, защото могат да създадат проблеми със стабилността за тежките превозни средства и, което е по-важно, тези наклони са много трудни за изпълнение с достатъчна точност, за да се коригира проблемът с повърхностното отводняване.
- Изпълняване на настъргани отводнителни ивици през пътната настилка.

В публикация [6] подробно е разгледано и анализирано повърхностното отводняване в преходните криви. Предложени са и съществени принципи насоки за подобряване на отводняването при преходни криви:

- Допълнителен надлъжен наклон на рампата на надвишението;
- Вариантна преценка за местоположението на рампата на надвишението, както и диференциране на скоростта на развитието му (т.е. различна скорост на преоформяне по дължина на рампата). Ускореното завъртане на настил-

ката от двустранен напречен наклон до едностранен, равен на двустранния в прав участък, изглежда много привлекателно решение. Трябва обаче много прецизно да се прецени сигурността и комфортът на пътуване. Не трябва да се допуска скорост на развитие на надвишението, по-голяма от посочената в т. 4.1.Б. Тогава този участък трябва да се преодолее за минимум 2 s и по този начин минималната му дължина при проектни скорости над 70 km/h трябва да бъде:

$$L = \frac{V_{\text{пр}} \cdot 2}{3,6} = \frac{V_{\text{пр}}}{1,8}, [\text{m}]. \quad (6)$$

- Вид, структура, обработка на повърхността на пътното покритие в рампата.

## Заклучение

Нарастването на интензивността на автомобилното движение, постоянната модернизация на автомобилния парк (като динамични, скоростни и товарни характеристики, повишаването на претенциите за комфорт, скорост и хармоничност на пътуването, както и необходимостта от опазване на околната среда и биоравновесие поставят изключително високи изисквания към проектирането, строителството и поддържането на пътните елементи. Те трябва да бъдат проектирани и изградени така, че да предоставят необходимите удобства и сигурност както на пътуващите, така и на работещите и живеещите в съседство с пътищата.

В статията, наред с основните предпоставки за определяне на характеристиките на хоризонталните пътни елементи, са разгледани множество допълнителни условия за безопасно пътуване.

Критериите за дължините на ситуационните прави (минимални и максимални) са свързани с визуални проблеми за водачите и с изискването за хомогенност на пътното трасе. Предложени са начини за преодоляване на тези проблеми.

При кривите, наред с използването на основния пътно-динамичен модел за движение на автомобила, трябва да се провери опасността от странично приплъзване. Но при главните пътища е много по-разумно да се работи с критерия – видимост. В нормите за проектиране не е обърнато внимание на високите стойности на нарастване на страничните ускорения, предпоставка за напрегнатост на водача и пътуващите. Разгледани са проблемите при прилагане на надвишението в преходните криви и са предложени решения за тяхното преодоляване, както и ограничения за някои от тях.

Анализирани са рисковете при повърхностното отводняване на настилната, особено в преходните криви. Предложени са мерки за подобряване на отводняването.

Настоящото изследване дава редица решения за комфортно и безопасно пътуване.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Naredba № 02-20-2 za projektirane na patishta. MRRB, avgust 2018 g.
2. *Nikolov, V. V. Izbor na parametri za horizontalni trasirovachni elementi pri avtomobilnite patishta – nasoki za razvitie. // Godishnik na Universiteta po arhitek-tura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, tom 54, broj 2, 07.2021.*

3. *Martinov, D.* Tendentsii pri horizontalnite trasirovachni elementi na vrazkite na patnite i ulichnite vazli na razlichno nivo. // Godishnik na Universiteta po ar-hitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 4, стр. от 1013 до 1019, 12.2020 г.

4. *Martinov, D.* Vidimostta kato kriteriy za izbor na radius na horizontalna kriva pri avtomagistrali i skorostni patishta. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 53, брой 2, стр. от 509 до 521, 07.2020 г.

5. *Martinov, D.* Narastvane na tsentrobezhnoto uskorenie v prehodni krivi. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 51, брой 7, стр. от 167 до 175, 10.2018 г.

6. *Martinov, D.* Otvodnyavane na patnata nastilka v prehodni krivi. // Godishnik na Universiteta po arhitektura, stroitelstvo i geodezia – Sofia, ISSN 1310-814X – печатно издание, ISSN 2534-9759 – onlayn издание, том 52, брой 2, стр. от 545 до 554, 07.2019 г.

7. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 7th Ed 2018 AASHTO, 934 p.

8. Yu-Long Pei, Y-M He, B Ran, J Kang, Y-T Song. Horizontal Alignment Security Design Theory and Application of Superhighways. MDPI – Sustainability 2020, 12, 2222, 14 p.

9. State Highway Geometric Design Manual Section 4 Horizontal Alignment. Transit New Zealand, 2005, 30 p.

## **RELIABLE HORIZONTAL ELEMENTS OF ROADS – A MAIN FACTOR FOR TRAFFIC SAFETY**

**V. Nikolov<sup>1</sup>**

***Keywords:** speed, straight, horizontal curve radius, transition curve parameters, road safety*

### **ABSTRACT**

The paper deals with the guidelines for the design and construction of secure horizontal road elements. Visual, psychological, harmonious, but also purely technical conditions are discussed in addition to the normative road-dynamic models for selection of values for the parameters of elements. Possible problems in ensuring traffic safety are argued. Solutions are proposed for overcoming or minimizing them.

---

<sup>1</sup> Valentin Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Road Construction and Transport Facilities”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolov\_hpc@abv.bg