

RISCUL ACCIDENTELOR ÎN TRAFIC RUTIER ÎN CAZUL PARCURGERII CU VITEZA DE PROIECTARE A CURBEI CIRCULARE ÎN PLAN CU RAZA MINIMĂ ADMISIBILĂ

Ghenadie Pogorlețchi

Universitatea Tehnică a Moldovei

ABSTRACT: This article talks about the need to take into account the variation of the parameters included in the formula to determine the minimum radius of the curve in the plan in order to improve road safety. Using the methods of probability theory, the risk of traffic accidents was determined on circular curves with radii of 600 and 800 meters, provided that the car was moving at a calculated speed. Based on the calculation results, the need to change the current standard for design is proved public roads.

Traseul drumului în plan are porțiuni rectilinii numite aliniamente și porțiuni de curbe, care racordează aliniamentele adiacente. Lungimea aliniamentelor, frecvența curbelor și mărimea razelor curbelor depind de relieful regiunii, de viteza de proiectare, de condiții geologice, hidrologice și alte condiții naturale și locale, care determină existența unor puncte obligatorii și necesitatea evitării unor zone speciale.

Folosirea pentru racordarea aliniamentelor a curbelor cu raze mari nu este totdeauna posibilă, de aceea se pune problema stabilirii valorii admisibile a razelor, precum și problema amenajării curbelor, astfel încât parcurgerea acestora să se poată efectua cu viteza de proiectare în condiții de siguranță și confort. Utilizarea curbelor prezintă unele dezavantaje:

- 1) sporirea lungimii traseului, care poate deveni foarte importantă dacă frecvența curbelor este mare;
- 2) sporirea volumului lucrărilor de terasamente și de suprastructură pentru executarea supralărgirii curbelor având raze mici;
- 3) confortul și siguranța circulației sunt mai reduse în curbe, mai ales în cazul circulației cu viteze mari, când pentru evitarea derapajului și chiar răsturnarea autovehiculelor sunt necesare amenajări speciale ale curbelor [5].

Automobilul care parcurge o curbă circulară este solicitat de forța centrifugă F_c care tinde să scoată automobilul din curbă, producând alunecare transversală (derapaj) sau chiar răsturnarea automobilului. Forța centrifugă se aplică în centrul de greutate al automobilului și se determină prin formula următoare:

$$F_c = m_a \cdot V^2 / R, \quad (1)$$

unde: m_a - masa automobilului, kg; V - viteza automobilului, m/s; R - raza curbei circulare, m.

Dacă automobilul se mișcă cu viteza constantă, atunci mărimea forței centrifuge este invers proporțională cu mărimea razei curbei circulare [1]. Pentru combaterea acțiunii negative forței centrifuge și asigurarea circulației autovehiculelor în deplină siguranță în secolul trecut au fost argumentate formula pentru determinarea razelor minime admisibile și condițiile de amenajare a curbelor în spațiu. Raza minimă este raza pentru care profilul transversal este supraînălțat, luând în considerare aderența și declivitatea transversală maximă admisă:

$$R_{\min} = V^2 / g(\varphi_t + i_{ts}), \quad (2)$$

unde: V - viteza automobilului, m/s; g - accelerația gravitației, m/s^2 ; φ_t - coeficientul de aderență transversală; i_{ts} - declivitatea transversală a supraînălțării părții carosabile [1].

Normativul de proiectare [2] reglementează mărimile razelor minime ale curbelor circulare în plan în funcție de viteza de proiectare (tabelul 7). În condiții grele de desfășurare a traseului razele minime ale curbelor în plan pot fi reduse cu 10-15 % pe baza unui calcul tehnico-economic [2].

Spre regret formula (2) corespunde condițiilor de circulație simplificate în comparație cu condițiile reale care sunt posibile pe drum. Trebuie de luat în considerare faptul că este posibilă variația parametrilor prezentate în formula (2). De exemplu, mărimea razei curbei circulare variază din cauza greșelilor care au comis în procesul de efectuare a lucrărilor de trasare. Viteza automobilului nu este constantă, coeficientul de aderență variază de-a lungul căii, declivitatea transversală nu este stabilă din cauza greșelilor care au comis constructorii drumului. Ca rezultat este posibilă variația F_c , care influențează negativ asupra stabilității transversale a autovehiculelor, provocând accidente în trafic rutier. Trebuie de argumentat mărimile minime admisibile ale razelor curbelor circulare în plan luând în considerare variațiile parametrilor sus-numite. Din aceste motive trebuie de utilizat posibilitățile teoriei riscului care va lua în considerare faptul că toate parametrii de calcul sus-numite vor fi variate în limitele anumite în cazul parcurgerii curbei în plan.

Probabilitatea apariției evenimentelor nedezirabile se numește **risc**. Noțiunea **riscul accidentelor în trafic rutier** r_v în cazul când automobilul se mișcă cu viteza V este o caracteristică de calitate care demonstrează gradul de pericol a unui element geometric al drumului:

$$r_v = n_v / N_v, \quad (3)$$

unde: n_v – numărul accidentelor în trafic rutier din cauza imperfecțiunii elementului geometric al drumului; N_v – numărul total al autovehiculelor care au parcurs un sector de drum cu acest element geometric imperfect.

Riscul r_v când automobilul parcurge o curbă cu raza R se determină prin formula următoare:

$$r_v = 0,5 - \Phi(u), \quad (4)$$

unde: $\Phi(u)$ este integrala probabilității care se determină folosind tabelele speciale a funcției Laplace normalizate; u – funcție integrand.

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}} du, \quad (5)$$

$$u = (R - R_m) / \sqrt{(\sigma_R^2 - \sigma_{R_m}^2)}, \quad (6)$$

unde: R – mărimea razei curbei circulare în plan, m ; R_m - mărimea razei curbei circulare în plan, care corespunde riscului egal cu 50 %; σ_R – derivație standard R , m ; σ_{R_m} - derivație standard R_m , m .

Componenta transversală a coeficientului de aderență total φ care împiedică deplasarea transversală a automobilului, care parcurge o curbă în plan, se determină prin formula următoare:

$$\varphi_t = \sqrt{(\varphi_1 - \mu_x^2)}, \quad (7)$$

unde: φ_1 – componenta utilizată a coeficientului de aderență longitudinală φ_L ; μ_x – coeficientul forței de tracțiune.

$$R_m = v^2 / 127 (\varphi_t + i_{ts}), \quad (8)$$

$$\varphi_1 = (0,7 - 1,0) \varphi_L, \quad (9)$$

$$\varphi_L = \varphi_{20} - \beta_\varphi (v - 20), \quad (10)$$

unde: φ_{20} – coeficientul de aderență în cazul când $v = 20$ km/h; β_φ – coeficientul care ține seama reducerea coeficientului de aderență în funcție de viteză [4].

Coeficientul forței de tracțiune μ_x se determină folosind formula următoare:

$$\mu_x = (2 / C) \cdot (f_v + i_l + C_a \cdot S \cdot V^2 / 13 \cdot m_a \cdot g), \quad (11)$$

unde: C – coeficientul care ține seama raportul G_c/G ; G_c – o parte de greutate totală a autovehiculului revenită pe axa cu roțile conducătoare, N ; G - greutatea

totală a autovehiculului, N ; f_v – coeficientul de rezistență la tracțiune; i_l – declivitatea longitudinală; C_a – coeficientul de rezistență a aerului, $kN \cdot s^2/m^4$; S – suprafața frontală a autovehiculului, m^2 .

$$f_v = f_{20} + C_f (V - 20), \quad (12)$$

unde: f_{20} – mărimea coeficientului f în cazul când viteza automobilului $V = 20$ km/h; C_f – coeficientul care depinde de tipul autovehiculului (în cazul autoturismelor $C_f = 0.00025$) [4].

Sucesivitatea calculelor în scopul determinării riscului parcurgerii cu viteza de proiectare ($V_p = 120$ km/h; $V_p = 100$ km/h) a curbei circulare în plan cu raza minimă admisibilă ($R = 800$ m; $R = 600$ m) este următoare:

- 1) calculul mărimilor $\varphi_L, \varphi_I, \varphi_t, f_v, R_m, \mu_x$;
- 2) folosind metodele teoriei probabilităților se determină deviațiile standarde $\sigma_f, \sigma_v, \sigma_i, \sigma_\varphi, \sigma_{\mu_x}, \sigma_R, \sigma_{Rm}$ [3];
- 3) calculul mărimilor $u, \Phi(u), r_v$.

Tabelul 1

R_m	φ_I	f_v	R_m, m	μ_x	$\sigma_v, km/h$	σ_φ	σ_f	σ_i	σ_{μ_x}	σ_R, m	σ_{Rm}, m	u	$\Phi(u)$	r_v
600	0,583	0,035	208,3	0,475	5,5	0,0404	0,0105	0,0316	0,139	1,204	145,12	2,70	0,4965	$35 \cdot 10^{-4}$
800	0,586	0,040	479	0,552	6,5	0,0334	0,0120	0,0316	0,139	1,603	112,67	2,85	0,4978	$22 \cdot 10^{-4}$

Calculule parametrilor sus-numite au fost efectuate pentru 2 cazuri: 1) $V_p = 120$ km/h, $R = 800$ m, $i_{lmax} = 5\%$; 2) $V_p = 100$ km/h, $R = 600$ m, $i_{lmax} = 5\%$; conform normativului de proiectare [2].

În afară de aceasta, au fost luate în considerare: îmbrăcămintea rutieră – beton asfaltic uscat, curat, fără tratament bituminos; parametrii tehnici autoturismului AUDI A3; declivitatea transversală a supraînălțării părții carosabile $i_{ts} = 40\%$. Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 1.

CONCLUZII:

1. Cu cât raza curbei circulare este mai mică cu atât riscul accidentelor în trafic rutier este mai mare ($35 \cdot 10^{-4} > 22 \cdot 10^{-4}$);
2. În ambele cazuri riscul cu mult mai mare decât mărimea admisibilă a riscului care este egală cu $1 \cdot 10^{-4}$;
3. În cazul utilizării mărimilor razelor minime admisibile ale curbelor circulare pentru proiectarea racordărilor în plan inginerul-proiectant va purta răspunderea pentru 35 accidente în trafic rutier ($R = 600$ m) și 22 accidente în traficul rutier ($R = 800$ m) în fiecare grupa de 10 000 autoturisme care vor parcurge curba circulară cu viteza de proiectare;
4. Luând în considerare faptul că în normativul de proiectare a drumurilor publice este permisă reducerea razelor minime ale curbelor în plan cu 10-15 % (tabelul 7, note [2]) riscul de apariție a accidentelor în trafic rutier este mai mare;
5. Trebuie de revizuit normativul de proiectare care este în vigoare (NCM D.02.01:2015 [2]) cu privire la proiectarea racordărilor în plan folosind mărimile minime ale curbelor circulare în plan.

BIBLIOGRAFIE

1. Pogorlețchi Ghenadie. *Drumuri I: Bazele proiectării drumurilor :Curs de prelegeri, Partea I*. Chișinău: Editura „Tehnica - UTM”, Chișinău, 2017.
2. NCM D.02.01 Proiectarea drumurilor publice Ministerul dezvoltării regionale și construcțiilor. Chișinău, 2015.
3. Balmuș I., Ceban Gh., Leahu A., Lisnic I., Moloșniuc A. *Teoria Probabilităților și a Informației în Sistemul de programe Matematica (Teorie, indicații metodice și probleme propuse)*. Chișinău: Editura „Tehnica-UTM”, 2017.
4. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инженера – дорожника. Под ред. А.П.Васильева. - М., Транспорт, 1989.
5. Cososchi B. *Drumuri: Trasee*. Editura Societății Academice „Matei - Teiu Botez”, Iași, 2005.