

DETERMINAREA PARAMETRILOR PLANULUI ȘI PROFILULUI LONGITUDINAL AL DRUMULUI ÎN BAZA MODELELOR STATISTICE

Mircea ANDRIUȚĂ, Sergiu BEJAN

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Sunt prezentate rezultatele studiului care a permis elaborarea, în baza informației normative discrete, a unui set de modele matematice universale pentru determinarea valorilor numerice ale parametrilor planului și a profilului longitudinal ale drumurilor. Rezultatele lucrării vor permite proiectanților și producătorilor de lucrări determinarea operativă și cu suficientă precizie a parametrilor considerați pentru orice viteze de calcul și declivități arbitrare ale profilului longitudinal.

Cuvinte cheie: viteza de calcul, declivitatea longitudinală, razele curburii drumului în plan și în profil longitudinal, vizibilitatea drumului și a vehiculelor.

1. Introducere

În procesele de proiectare, construcție, întreținere și reparație a drumurilor inginerimea rezolvă o multitudine de probleme practice legate de stabilirea pentru condiții concrete a valorilor numerice ale unor parametri dimensionali, masici, energetici etc. Rezolvarea acestor probleme se exercită în baza informației normative în vigoare, care este prezentată în agendele tehnice, de regulă, în formă tabelară. Un dezavantaj al acestor tabele este prezentarea valorilor numerice ale funcției numai pentru câteva valori echidistante ale argumentului, ceea ce pare să fie normal – nici un tabel nu poate conține toate valorile argumentului. Reiese, că pentru condiții arbitrare valorile funcției pot fi determinate cu precizia suficientă numai prin operații de extrapolare, ceea ce în multe cazuri reprezintă dificultăți.

Lucrarea reprezintă o încercare de rezolvare a unor probleme ingineresti în baza analizei multifactoriale a informației normative publicate.

2. Analiza materialelor normative referitoare la proiectarea planului și a profilului longitudinal ale drumului

În conformitate cu exigențele SNIP 2.05.02.85 planul și profilul longitudinal ale drumului se proiectează ținând cont de următoarele condiții: restricții minime privind viteza vehiculelor; asigurarea securității circulației; asigurarea scurgerii apelor; protecția drumului contra înzăpezirii și înnămolirii.

La stabilirea parametrilor planului și profilului longitudinal ale drumului se recomandă următoarele valori normate: declivitatea longitudinală – nu mai mare de 30%; vizibilitatea drumului – nu mai mică de 450 m; razele curbelor în plan – nu mai mici de 3000 m; razele curbelor convexe în plan longitudinal - minimum de 70000 m și razele curbelor concave în plan longitudinal – nu mai mici de 8000 m [1,2].

Dacă la proiectarea unui drum concret relieful nu permite îndeplinirea acestor condiții, sau îndeplinirea lor este condiționată de exercitarea unor lucrări foarte voluminoase și costisitoare, atunci se admite reducerea normelor până la valorile limită prezentate în tabelul 1.

Din tabelul 1 se vede, că informația prezentată se referă la normele limită numai pentru opt viteze de calcul și opt valori ale declivității drumului. În realitate însă există o multitudine de cazuri, caracterizate cu valori arbitrare ale vitezelor și declivităților longitudinale, pentru care valorile limită ale razelor drumului în plan și în profil longitudinal nu sunt date în tabel, dar care trebuie determinate, în caz de necesitate, operativ și cu o suficientă precizie pentru exercitarea calculelor ingineresti.

În scopul generalizării informația din tab.1 s-a prelucrat după un program special, care a permis elaborarea modelelor matematice analizate mai jos.

3. Model matematic pentru determinarea razei minime a curburii drumului în plan

În rezultatul analizei polifactoriale a informației din primele trei rânduri ale tab.1 s-a elaborat modelul matematic pentru calculul valorilor numerice ale razelor curburii drumului în plan R_{pl} , în m, în funcție de viteza de calcul a circulației V , în km/h, de forma

$$R_{pl} = e^{-4.4622 \cdot V^{2,317}}, \quad (1)$$

care se caracterizează din punct de vedere statistic cu devierea medie relativă a datelor calculate de la cele tabelare $\varepsilon = 0,0219$ (adică devierea relativă de $\pm 2\%$) și coeficientul de corelare multiplă $R = 0,99940$. Valorile numerice ale acestor caracteristici afirmă, că modelul (1) descrie datele normate din [1] privind dimensiunile razelor drumurilor în plan cu foarte înaltă precizie și poate fi recomandat pentru exercitarea calculului ingineresc, la care, după cum se știe, se admit devieri de până la $\pm 5\%$. De menționat, că masivul de date introduse în calculator pentru elaborarea modelului (1) a conținut și informația privind declivitatea longitudinală a drumului, însă influența acestui factor s-a dovedit nesemnificativă.

Tabelul 1. Normele limită (de bază) pentru proiectarea planului și a profilului longitudinal al drumurilor

Viteza de calcul a circulației V, în km/h	150	120	100	80	60	50	40	30
Declivitatea longitudinală a drumului D, în ‰	30	40	50	60	70	80	90	100
Raza drumului în plan R_{pl} dată/calculată, în m	1200 /1279 (1331)	800 /758 (789)	(600) /497 (514)	300 /296 (304)	150 /152 (155)	100 /100 (101)	60 /59,4 (60)	30 /30,5 (30)
Raza convexă R_{convex} în profil longitudinal dată/calculată, în m	30000 /30688	15000 /15338	10000 /8823	5000 /4975	2500 /2607	1500 /1662	1000 /1009	600 /559
Raza concavă R_{concav} în profil longitudinal dată/calculată, în m	8000 /8545	5000 /4722	3000 /2980	2000 /2045	1500 /1489	1200 /1130	1000 /887	600 /714
Vizibilitatea drumului V_{dr} , dată/calculată, în m	300/ 315	250/ 237	200/ 188	150/ 141	85/ 98	75/ 78	55/ 58	45/ 40
Vizibilitatea vehiculelor V_{auto} , dată/calculată, în m	550/ 549	450/ 420	350/ 337	250/ 258	170/ 182	130/ 146	110/ 112	90/ 79

Analiza informației din rândul al treilea de sus arată, care este devierea dintre valorile minime normate și cele calculate ale razelor curburii drumurilor în plan. Rezultatul acestei analize afirmă, că în datele prezentate în tabelul 1 și extrase din [1,2], s-a admis o eroare și anume – pentru viteza de circulație de 100 km/h pare să fie eronată valoarea razei în plan de 600 m (vezi fig. 1).

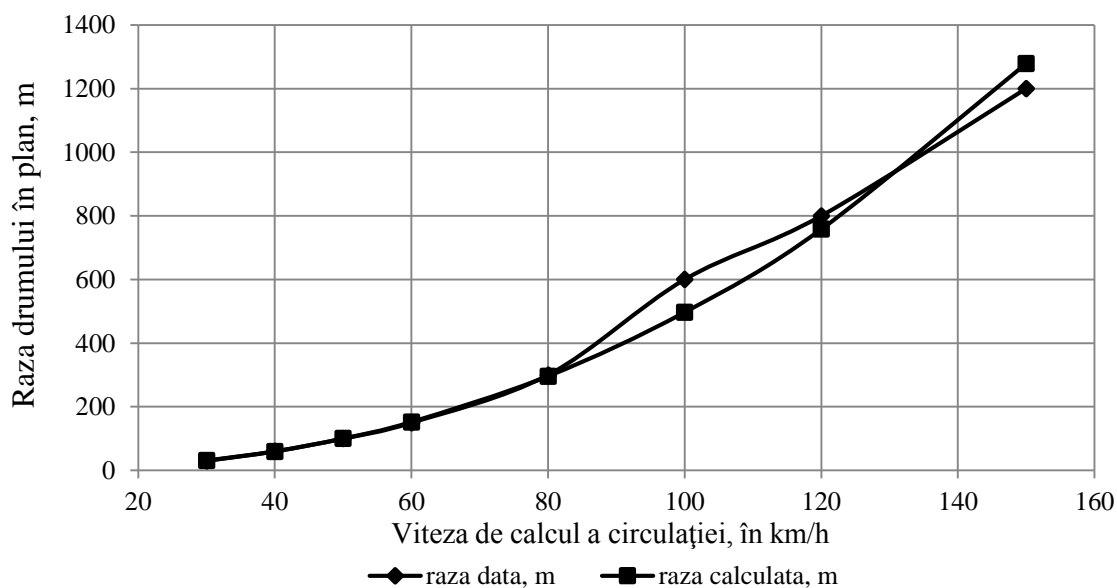


Fig. 1. Valorile minime normate și calculate ale curbelor în plan în funcție de viteza circulației.

De aceea în tabel cifra 600 e încadrată în paranteze. Modelul matematic elaborat cu participarea razei normate de 600 m, are forma

$$R_{pl} = e^{-4.5703 \cdot V^{2,348}}, \quad (2)$$

și se caracterizează cu devierea relativă de 0,0427 (precizie de două ori mai joasă decât la modelul (1) și coeficientul de corelare multiplă de 0,99697. Datele calculate cu modelul (2) sunt prezentate în paranteze. Deci, modelul matematic (1) este elaborat în baza masivului de informație care conține valoarea razei normale de 500 m.

4. Relația pentru determinarea razei convexe minime a curburii drumului în plan longitudinal

Prelucrarea informației din rândurile 1,2 și 4 din tab.1 a permis elaborarea modelului matematic pentru determinarea razei convexe a curburii drumului în plan longitudinal R_{convex} , în m, în funcție de viteza de calcul a circulației V , în km/h, și de declivitatea longitudinală a drumului, D , în ‰, de forma

$$R_{convex} = e^{6,0403 \cdot V^{1,633} \cdot D^{-1,144}}, \quad (3)$$

care se caracterizează cu coeficientul de corelare multiplă $R=0,99746$ și devierea medie relativă a rezultatelor calculului de 0,0497. Despre veridicitatea acestei relații ne vorbește informația prezentată în rândul al patrulea al tab.1 cu aceeași observație în privința valorii numerice a razei convexe pentru viteza de circulație de 100 km/h (valoarea dată în rândul patru de sus a razei convexe de 10000 m nu însuflă încredere!) (vezi fig. 2).

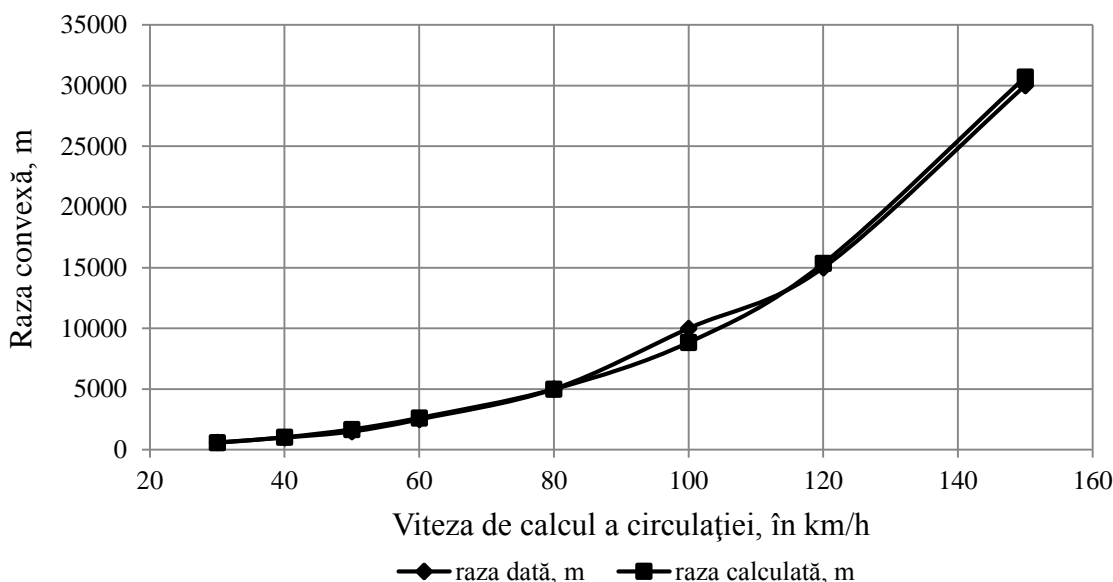


Fig. 2. Valori minime normale și calculate ale razelor convexe în plan longitudinal în funcție de viteza circulației

5. Relația pentru determinarea razei concave în profil longitudinal

În rezultatul prelucrării informației din rândurile 1,2 și 5 s-a elaborat relația pentru calculul valorilor numerice ale razelor concave ale drumului în plan longitudinal R_{concav} , în m, în funcție de declivitatea longitudinală a drumului D , în ‰, de forma

$$R_{concav} = e^{16,0884 \cdot D^{-2,062}}, \quad (4)$$

caracterizată cu coeficientul de corelare multiplă $R = 0,98917$ și devierea medie relativă $\varepsilon = 0,0854$, ceea ce afirmă un suficient grad de veridicitate a relației elaborate. Menționăm, că în calculator a fost introdusă pentru prelucrare și informația privind viteza circulației V , influența căreia a s-a dovedit nesemnificativă. (vezi fig. 3).

6. Model matematic pentru determinarea vizibilității suprafeței drumului

Prelucrarea informației din rândurile 1,2 și 6 din tab.1 a permis elaborarea relației pentru determinarea distanței vizibilității suprafeței drumului V_{dr} , în funcție de viteza de calcul la proiectare V , în km/h, de forma

$$V_{dr} = e^{-0,6343 \cdot V^{1,275}}, \quad (5)$$

care din punct de vedere statistic se caracterizează cu devierea relativă de 0,0713 și coeficientul de corelare multiplă a factorilor considerați egal cu 0,98642, ceea ce este admis în calculele inginerești.

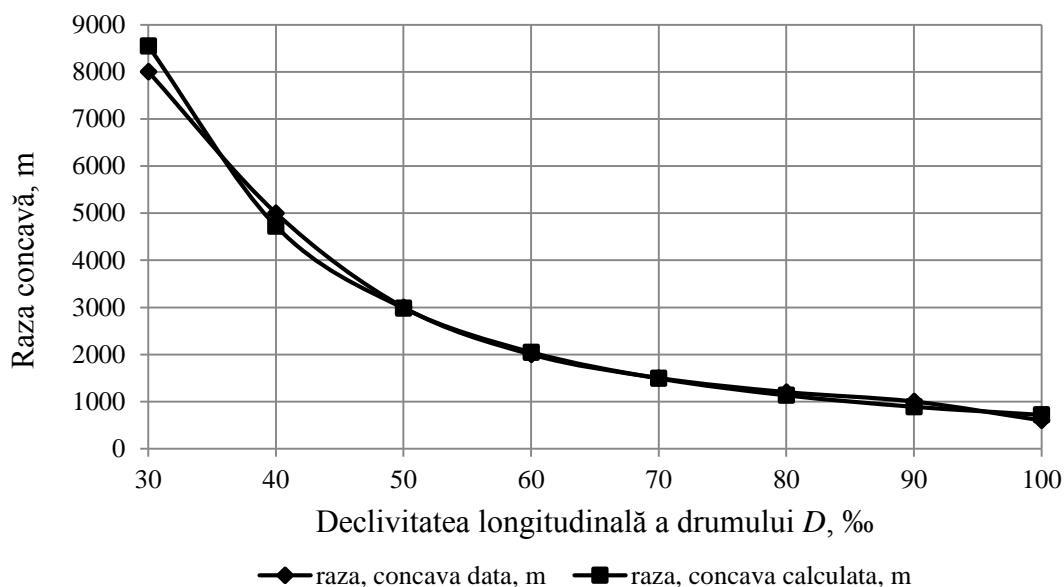


Fig. 3. Valorile minime normate și calculate ale razelor concave în plan longitudinal în funcție de viteza circulației

7. Modelul matematic pentru determinarea vizibilității vehiculelor care se deplasează pe sens contrar

În rezultatul prelucrării informației din rândurile 1,2 și 7 ale tab. 1 s-a elaborat relația pentru calculul distanței vizibilității vehiculelor participante la trafic V_{auto} de forma

$$V_{auto} = e^{0,2793} \cdot V^{1,203}, \quad (6)$$

veridicitatea căruia este confirmată prin devierea medie relativă de 0,0591 și coeficientul de corelare multiplă egal cu 0,98661.

8. Constații și concluzii

În premieră s-a elaborat modelul statistic pentru determinarea, cu precizia de $\pm 2\%$, a razei minime a curburii în plan în funcție de viteza de calcul de proiectare a drumului.

Concomitent s-a demonstrat, că în normative valoarea numerică a razei limită a curburii drumului în plan de 600 m (pentru viteza de calcul egală cu 100 km/h) este eronată și că conform logicii matematice această rază se cere a fi de 500 m.

S-a elaborat relația pentru determinarea, cu precizia de $\pm 4,97\%$, a razei minime convexe în plan longitudinal, în funcție de orice viteze de calcul și declivități ale drumului în plan longitudinal.

S-a elaborat relația pentru determinarea, cu precizia, de $\pm 8\%$ a razei minime concave a drumului în profil longitudinal în funcție de viteza de calcul (factorul „declivitate” are influență nesemnificativă).

S-au elaborat relațiile pentru determinarea valorilor limită ale vizibilității suprafeței drumului, cu precizia de $\pm 7\%$, și ale vehiculelor din sens contrar, cu precizia de $\pm 6\%$, în funcție de viteza de calcul.

Modelele elaborate asigură determinarea cu suficientă precizie a valorilor minime normate ale parametrilor planului și profilului longitudinal ale drumului și pot fi utilizate pentru exercitarea calculelor inginerești.

Bibliografie

1. Fedotov G.A. *Proiectivanie avtomobil'ny'x dorog. Spravocinic injenera dorojnica.* Moscava.:Transport, 1989.
2. Stroitel'ny'e Normy' i pravila. *Avtomobil'ny'e dorogi.* SNIP 2.05.02-85, Moscva, 1986.