

AUTOMOBILIO MANEVRAVIMO IR STABDYMO PALYGINIMAS

Artūras Žukas¹, Jurijus Zaranka², Kristina Kemzūraitė³

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹Arturas.Zukas@vgtu.lt; ^{2,3}tiauto@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama automobilio vairuotojo, patekusio į avarinę situaciją, galimybė išvengti eismo įvykio pasirenkant vieną iš būdų: staigų stabdymą, manevrą – staigų posūkį, posūkį grįžtant į pradinę padėtį arba judėjimo juostos pakeitimą, priklausomai nuo kelio dangos tipo (sausas asfaltas, šlapias asfaltas ir apsnigtas asfaltas). Pateikiamos formulės, skirtos apskaičiuoti keliui, kurį automobilis nuvažiuoja iki visiško sustojimo. Be to, lentelėse pateikiamos teoriškai apskaičiuotos reikšmės, esant skirtingiems automobilio greičiams. Paveikluose visi anksčiau minėti keturi būdai yra lyginami, ir aiškiai matoma kelio ilgio priklausomybė nuo automobilio pradinio judėjimo greičio. Straipsnio pabaigoje pateikiamos išvados, kuriose rekomenduojami eismo įvykių išvengimo būdai, priklausomai nuo kelio dangos tipo ir automobilio greičio.

Reikšminiai žodžiai: avarinė situacija, stabdymo kelias, manevras, trinties koeficientas, eismo įvykis.

Įvadas

Eismo įvykių tyrimo ekspertinėje praktikoje dažnai tenka atsakyti į klausimą, ar tam tikroje situacijoje automobilio vairuotojas turėjo galimybę išvengti eismo įvykio, kad nesusidurtų su kita kelių transporto priemone ar pėsčiuoju, atlikdamas staigų manevrą ar staigiai stabdydamas transporto priemonę (Bogdevičius *et al.* 2004). Stengiantis atsakyti į šį klausimą reikia ne tik nustatyti tikėtiną stabdymo kelią, bet ir pasinaudoti metodika, skirta įvairių automobilio manevrų parametrų apskaičiuoti. Pastarąjį dešimtmetį automobiliuose naudojamos modernios technologijos aktyviai saugo nuo nelaimingų eismo įvykių (stabdžių atblokovimo (ABS), traukos kontrolės (TCS), elektroninės stabilumo sistemos (ESP)). Jos paskatino mokslininkus atidžiau įsigilinti į automobilio, patekusio į pavojingą eismo situaciją, analizę (Sokolovskij *et al.* 2007).

Manevro ir stabdymo kelio apskaičiavimo metodika

Taigi norėdami įvertinti kiekvieno manevro tinkamumą avarinėje situacijoje, priklausomai nuo kelio dangos būklės ir automobilio greičio, turime apsibrėžti, kaip apskaičiuosime kelio ilgį, reikalingą manevrui atlikti.

Paprasčiausio posūkio manevro kelio ilgis metrais, neįvertinant vairuotojo reakcijos laiko ir vairavimo sistemos pavaros suveikimo laiko, apskaičiuojamas taip:

$$S_m = \frac{v_a}{3,6} \sqrt{\frac{4y_M}{g\varphi^I}},$$

čia v_a – automobilio greitis, km/h; y_M – automobilio skersinis persislinkimas, m; φ^I – sukibimo koeficientas, taikomas ratų skersiniam slydimui ($\varphi^I = (0,8 \div 1)\varphi$), φ – padangų sukibimo su keliu išilginio slydimo koeficientas, priklausomai nuo kelio dangos tipo ir gamtinių sąlygų).

Mus domina visas manevrui atlikti skirtas kelio ilgis, nes jį lyginsime su sustabdymo keliu, t. y. teoriškai nustatysime, kokiems greičiams esant stabdyti yra palankiau, o kokiems – geriau manevruoti. Todėl būtinai privalome atsižvelgti į tokius faktorius, kaip vairuotojo reakcijos laikas ir automobilio vairo pavaros suveikimo laikas.

Be abejo, automobiliui judant dideliu greičiu, kiekviena uždelsta sekundės dalis didina avarijos riziką. Visam manevro atstumui apskaičiuoti taikoma ši formulė (Sokolovskij *et al.* 2006):

$$S_{m+r} = (t_1 + t_v) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a}{3,6} \sqrt{\frac{4y_M}{g\varphi^I}}, \quad (2)$$

čia t_1 – vairuotojo reakcijos laikas (0,8–1,2 s); t_v – vairo pavaros suveikimo laikas (0,2 s).

Staigaus posūkio ir grįžimo į pradinę padėtį manevro kelio ilgis randamas taip:

$$S_{m+r} = (t_1 + t_v) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a}{3,6} \sqrt{\frac{6y_M}{g\varphi^I}}. \quad (3)$$

Tuo tarpu manevro judėjimo juostos pakeitimas:

$$S_{m+r} = (t_1 + t_v) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a}{3,6} \sqrt{\frac{8y_M}{g\varphi^f}}. \quad (4)$$

Kadangi dažniausiai siekiant išvengti eismo įvykio automobilis stabdomas, būtina įvertinti ir teorines stabdymo kelio ilgio reikšmes, kurios taip pat priklauso nuo kelio dangos tipo, greičio ir gamtinių sąlygų. Jos apskaičiuojamos taip:

$$S = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a^2}{26 \cdot j_{st}}, \quad (5)$$

čia t_1 – vairuotojo reakcijos laikas (0,8÷1,2 s); t_2 – stabdžių sistemos suveikimo laikas (0,2 s); t_3 – lėtėjimo pagreičio didėjimo laikas (0,2 s); v_a – automobilio greitis, km/h; j_{st} – lėtėjimo pagreitis, m/s^2 ($j_{st} = \varphi \cdot g$).

Teorinis manevro ir stabdymo kelio palyginimas esant sausam asfaltui

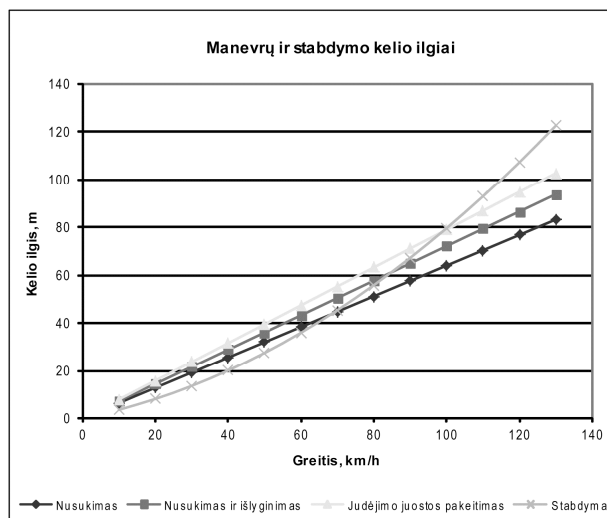
Tariame, kad vairuotojo reakcijos laikas $t_1 = 0,8$ s, o manevrui atlikti kelyje yra 3 metrų pločio juosta. Sukibimo koeficientas su sausu asfaltu yra apie 0,8. Laikome, kad $\varphi^f = (0,8 \div 1)\varphi = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$ (Sokolovskij 2007). Pagal anksčiau minėtas formules rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant sausai asfalto dangai, m

Table 1. A comparison of maneuver and brake distances in meters on dry asphalt

Greitis, km/h	Manevrui būtinas atstumas, m			Stabdymo kelias, m
	Staigus posūkis	Posūkis grįžtant į pradinę padėtį	Judėjimo juostos pakeitimas	
10	6,40	7,21	7,90	3,55
20	12,80	14,42	15,80	8,07
30	19,20	21,64	23,69	13,58
40	25,59	28,85	31,59	20,06
50	31,99	36,06	39,49	27,53
60	38,39	43,27	47,39	35,98
70	44,79	50,49	55,29	45,40
80	51,19	57,70	63,19	55,81
90	57,59	64,91	71,08	67,20
100	63,98	72,12	78,98	79,56
110	70,38	79,33	86,88	92,91
120	76,78	86,55	94,78	107,24
130	83,18	93,76	102,68	122,55

Grafinis manevrų ir kelio ilgių palyginimas pateiktas 1 pav.



1 pav. Grafinis manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant sausai asfalto dangai

Fig. 1. A comparison of graphical maneuver and brake distances on dry asphalt

Teorinis manevro ir stabdymo kelio palyginimas, esant šlapiam asfaltui

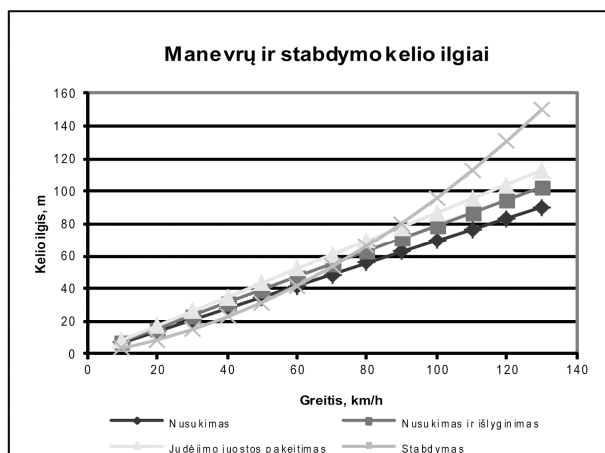
Sukibimo koeficientas su šlapiu asfaltu yra apie 0,6. Laikome, kad $\varphi^f = (0,8 \div 1)\varphi = 0,9 \cdot 0,6 = 0,54$. Pagal anksčiau minėtas formules gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant šlapiam asfalto dangai, m

2 table. A comparison of maneuver and brake distances in meters on wet asphalt

Greitis, km/h	Manevrui būtinas atstumas, m			Stabdymo kelias, m
	Staigus posūkis	Posūkis grįžtant į pradinę padėtį	Judėjimo juostos pakeitimas	
10	6,96	7,90	8,69	3,71
20	13,92	15,80	17,38	8,72
30	20,88	23,69	26,07	15,05
40	27,83	31,59	34,76	22,68
50	34,79	39,49	43,45	31,61
60	41,75	47,39	52,14	41,86
70	48,71	55,29	60,83	53,41
80	55,67	63,19	69,52	66,26
90	62,63	71,08	78,21	80,43
100	69,59	78,98	86,90	95,90
110	76,54	86,88	95,59	112,68
120	83,50	94,78	104,28	130,76
130	90,46	102,68	112,97	150,15

Grafinis manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas pateiktas 2 pav.



2 pav. Grafinis manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant šlapiam asfalto dangai

Fig. 2. A comparison of graphical maneuver and brake distances on wet asphalt

Teorinis manevro ir stabdymo kelio palyginimas esant apsnigta kelio dangai

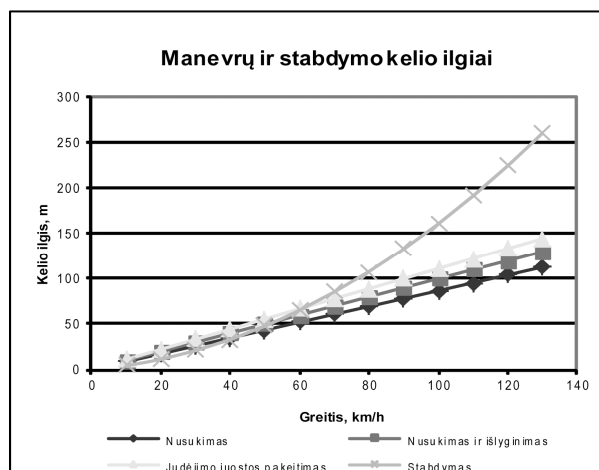
Sukibimo koeficientas su apsnigta kelio danga yra apie 0,3. Todėl $\varphi' = 0,27$. Rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant apsnigta kelio dangai, m

Table 3. Maneuver and brake distances in meters comparison on snowy road surface

Greitis, km/h	Manevrui būtinas atstumas, m			Stabdymo kelias, m
	Staigus posūkis	Posūkis, grįžtant į pradinę padėtį	Judėjimo juostos pakeitimas	
10	8,69	10,02	11,14	4,36
20	17,38	20,04	22,28	11,34
30	26,07	30,06	33,42	20,93
40	34,76	40,08	44,56	33,13
50	43,45	50,10	55,70	47,95
60	52,14	60,11	66,84	65,38
70	60,83	70,13	77,98	85,43
80	69,52	80,15	89,11	108,08
90	78,21	90,17	100,25	133,36
100	86,90	100,19	111,39	161,24
110	95,59	110,21	122,53	191,74
120	104,28	120,23	133,67	224,86
130	112,97	130,25	144,81	260,59

Grafiškai rezultatai atvaizduoti 3 pav.



3 pav. Grafinis manevrų ir stabdymo kelio ilgių palyginimas, esant apsnigta asfalto dangai

Fig. 3. A comparison of graphical maneuver and brake distances on a snowy road surface

Išvados

1. Esant sausai asfalto dangai ir nedideliems greičiams (<80 km/h), labiausiai pasiteisina stabdymas. Tačiau automobiliui judant didesniu greičiu, pvz., užmiestyje, stabdymas nėra toks efektyvus kaip manevravimas. Todėl automobiliui perkopus 100 km/h greitį, labiau pasiteisina manevras, kaip būdas eismo įvykiui išvengti. Bet pasirinkti manevrą eismo įvykiui išvengti galima tik atsižvelgiant į konkrečią eismo situaciją, kai tai daryti yra saugu.
2. Esant šlapiam kelio dangai, kritinis greitis, iki kurio labiau pasiteisina stabdymas, dėl mažesnio sukibimo koeficiento yra šiek tiek mažesnis. Jis pasiteisina apytikriai iki 70 km/h greičio.
3. Esant apsnigta ir slidžiai kelio dangai, stabdymas yra itin neefektyvus būdas siekiant išvengti eismo įvykio važiuojant didesniu greičiu. Jis pasiteisina tik, jei automobilis juda ne greičiau nei 50 km/h. Jei jis juda greičiau, priklausomai nuo aplinkybių, geriau rinktis staigų posūkį, posūkį su grįžimu į pradinę padėtį arba judėjimo juostos pakeitimo manevrus.
4. Bet kuriuo atveju anksčiau pateikti skaičiai tėra tik teoriniai, todėl ištikus pavojingai situacijai vairuotojas turėtų pasirinkti vieną iš būdų, atsižvelgdamas į kelio sąlygas (plotį, dangos ir kelkraščio tipą), eismo sąlygas (eismo intensyvumą, priešpriešais atvažiuojančias kitas transporto priemones, pėsčiuosius) ir kitas sąlygas, galinčias turėti įtakos eismo saugumui.

Literatūra

- Bogdevičius, M.; Prentkovskis, O.; Vladimirov, O. 2004. Engineering solutions of traffic safety problems of road transport, *Transport* 19(1): 43–50.
- Sokolovskij, E. 2007. Automobile braking and traction characteristics on the different road surfaces, *Transport* 22(4): 275–278.
- Sokolovskij, E.; Mikaliūnas, Š. 2006. Modelling of collisions of the automobiles, *Transport* 21(4): 239–244.
- Sokolovskij, E.; Pečeliūnas, R. 2007. The influence of road surface on an automobile's braking characteristics, *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering* 53(4): 216–223.
- Sokolovskij, E.; Prentkovskis, O.; Pečeliūnas, R.; Kinderytė-Poškienė, J. 2007. Investigation of automobile wheel impact on the road border, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(3): 119–123.

COMPARISONAL ANALYSIS OF MANUEVERING AND BRAKING

A. Žukas, J. Zaranka, K. Kemzūraitė

Abstract

This article covers the possibility of avoiding a traffic accident considering a car driver who is fallen in a dangerous situation. In such a case, the driver can choose one of the following ways: hard braking or one of the types of maneuvering, including turning off, turning with straightening or changing a line regarding road surface type (dry asphalt, wet asphalt or snowy asphalt). The article also proposes formulas for calculating road distance the car travels till dead stop. Moreover, the tables display theoretical values taking into account various car speeds and road surfaces. The pictures help with determining the most suitable type of action in light of road and weather conditions as well as car speed. The pictures clearly show the dependence of road length on movement speed. At the end of the article, conclusions are proposed.

Keywords: situation, braking distance, maneuver, friction coefficient, traffic safety, traffic accident.