



17-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2014 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 17th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2014, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 17-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2014 г., Вильнюс, Литва

LENGVŪJŲ AUTOMOBILIŲ STABDYMO PARAMETRŲ TYRIMAS

Saulius Stravinskas¹, Saulius Nagurnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹stravinskassaulius@gmail.com; ²saulius.nagurnas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjamas lengvųjų automobilių stabdymo procesas, automobilius bandant ant ritininio stabdžių patikros stendo. Pagrindinis tikslas – įvertinant automobilio masę ir atitinkamų ašių maksimalią stabdymo jėgą, nustatyti, kokia galėtų būti stabdžių paminos nuspaudimo jėga. Šie duomenys gali būti pritaikyti praktikoje, pavyzdžiui, atliekant automobilių techninę apžiūrą. Eksperimentiniuose tyrimuose naudotas JOHN BEAN būgninis stabdžių patikros stendas. Stabdžių paminos nuspaudimo jėga matuota prietaisu VZM 100. Straipsnyje pateikta eksperimentinių tyrimų rezultatų analizė. Gauti santykiniai dydžiai, pagal kuriuos galima spręsti apie lengvųjų automobilių stabdymo efektyvumą. Suformuluotos išvados ir pasiūlymai.

Reikšminiai žodžiai: stabdymo efektyvumas, stabdžių paminos nuspaudimo jėga, ritininis stabdžių patikros stendas, automobilio masė, stabdymo jėgos.

Įvadas

Aktyviojo saugumo požiūriu stabdžių sistema yra pagrindinis elementas, galintis padėti išvengti eismo įvykio ir sumažinti jo pasekmes. Kiekvienos transporto priemonės stabdymo efektyvumas įvertinamas periodinės techninės apžiūros metu ant stabdžių tikrinimo stendo. Tačiau tipinis stabdžių tikrinimo procesas yra gana ribotas šiandieninėms modernioms (sudėtingoms) stabdžių sistemoms (Senabre *et al.* 2010). Todėl, stabdymo jėgų pasiskirstymas ant atskirų ratų, priklausomai nuo stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, negali būti tinkamai įvertintas. Tai pat, senesnių automobilių stabdžių sistemos turėtų būti tikrinamos griežčiau.

Mokslininkai iš įvairių šalių atlieka daug bandymų, tyrimų ir skaičiavimų siekdami sukurti metodiką, kaip tikrinti stabdžių efektyvumą, naudojant įvairius stabdžių efektyvumo patikros stendus. Pavyzdžiui mokslininkas Calvo yra sukūręs itin tikslų plokštinių stabdžių patikros stendą, kuris sudarytas iš dviejų eilių lygiagrečių plokščių, jėgos matuoklių, sumontuotų po viršutine plokšte. Taip pat vertikaliai ir horizontaliai išdėstytų jungčių, jungiančių viršutinę ir apatinę plokštes su jėgos matavimo įrenginiais. Kiekvienas matavimo įrenginys turi relę ir skaičiavimo prietaisą, apdorojantį jėgos vertę. Aprašytas išradimas gali būti naudojamas įvairių automobilių stabdžių patikrai (Calvo *et al.* 2006).

Eksperimentiniai ir teoriniai stabdžių atiblokavimo sistemos tyrimai atliekami naudojant du slydimo valdiklius, kurių valdymas pagrįstas impulso pločio modulavimu ir impulso dažnio valdymu (ant specialiai suprojektuoto ritininio stabdžių patikros stendo). Tiek teorinių, tiek praktinių eksperimentų rezultatai parodė, kad lyginant stabdymo rezultatus tarp standartinio stabdžių sistemos valdymo bloko ir autorių suprojektuoto, matoma, kad suprojektuoti valdymo blokai turi geresnes stabdymo savybes tiek ant sausos, tiek ant drėgnos kelio dangos (Ming-chin Wu *et al.* 2000, Nitin Patel *et al.* 2007).

Stabdžių efektyvumą įtakoja daugelis veiksnių. Vienas tokių veiksnių – automobilio stabdžių sistemos konstrukcija, pavyzdžiui vamzdeliai. Buvo atlikti tyrimai, norint nustatyti skirtingo vidinio skersmens vamzdelių įtaką galinės ašies ratų stabdžių efektyvumui (Saeed Abu Alyzeed Albatlan 2011, Lee *et al.* 2009). Buvo atliekami teoriniai ir praktiniai eksperimentai, kurių metu paaiškėjo, kad vidinis stabdžių vamzdelių skersmuo turi įtakos tiek stabdymo jėgų pasiskirstymui tarp vienos ašies ratų, tiek stabdymo efektyvumui. Didesnio skersmens vamzdeliai, automobiliui judant tiesia linija, stabdžių efektyvumą padidina 9 %, o judant posūkyje – net iki 19 % priklausomai nuo automobilio masės ir greičio.

Mokslinėje literatūroje nėra aiškiai suformuluotos metodikos, pagal kurią būtų galima nustatyti stabdymo jėgos ant ratų priklausomybę nuo stabdžių paminos nu-

spaudimo jėgos ir kitų parametru, tokių kaip faktinė ir bendroji automobilio masė.

Todėl, šiame straipsnyje nagrinėjamas lengvųjų automobilių stabdymo procesas ant ritininio stabdžių patikros stendo, konkrečiai įvertinant stabdžių jėgos ant ratų priklausomybę nuo stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, faktinės bei bendrosios automobilio masės.

Eksperimentiniai tyrimai

Eksperimentinių tyrimų tikslas. Įvertinant automobilio masę ir atitinkamų ašių maksimalią stabdymo jėgą, nustatyti, kokia galėtų būti stabdžių paminos nuspaudimo jėga. Tikslui pasiekti suformuluoti šie uždaviniai. Nustatyti automobilių stabdymo parametrus: stabdžių paminos nuspaudimo jėgą P , stabdymo jėgą priekiniuose ir galiniuose ratuose F , nustatyti ryšį tarp maksimalios stabdymo jėgos ratuose bei stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, nustatyti ryšį tarp stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, faktinės automobilio masės ir bendrosios automobilio masės, įvertinti leistiną stabdžių paminos nuspaudimo jėgą, kai žinoma maksimali ratų stabdymo jėga ir automobilio masė.

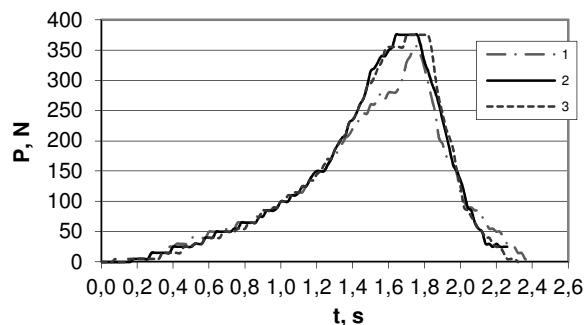
Eksperimentinių tyrimų metodika. Bandymams atlikti buvo pasirinkta 10 lengvųjų automobilių. Visi automobiliai techniškai tvarkingi. Automobilių amžius apie 15 m. Tai dominuojanti lengvųjų automobilių grupė Lietuvos automobilių parke. Bandymai buvo atliekami ant ritininio stabdžių efektyvumo tikrinimo stendo JOHN BEAN (1 pav.).



1 pav. Stabdžių efektyvumo patikros stendas JOHN BEAN

Automobilių stabdžiai buvo bandomi tokia tvarka: iš pradžių matuojamas priekinės ašies ratų stabdymo efektyvumas bei stabdžių paminos nuspaudimo jėga, po to bandymas kartojamas galinei ašiai. Viso atlikti 52 bandymai (po tris kartus kiekvienai ašiai, vienam automobiliui šeši bandymai). Visais atvejais laiko žingsniu $t = 0,02$ s buvo fiksuojama stabdžių paminos nuspaudimo jėga P . Priimta, kad maksimali stabdžių jėgos reikšmė ratuose pasiekama prie didžiausios stabdžių paminos nuspaudimo jėgos reikšmės (ABS šiuo atveju neveikia).

2 paveiksle pateikta automobilio SEAT LEON stabdžių paminos nuspaudimo jėgos priklausomybė nuo laiko.



2 pav. Automobilio SEAT LEON stabdžių paminos nuspaudimo jėgos priklausomybė nuo laiko bandant galinės ašies ratų stabdžius: 1 – pirmas bandymas, 2 – antras bandymas, 3 – trečias bandymas

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos matavimai buvo atliekami kilnojamo lėtėjimo matavimo prietaisu VZM 100 su stabdžių paminos nuspaudimo jėgos jutikliu. Stabdymo jėgos reikšmės ratuose matuotos būgniniu stabdžių patikros stendu. Taip gautos dydžio P reikšmės kas 0,02 s.

Eksperimentinių tyrimų rezultatų analizė

Norint susisteminti eksperimentiniuose tyrimuose gautus rezultatus bei pateikti išvadas, stabdžių paminos nuspaudimo jėgą išreiškiame santykiniais dydžiais (žr. (1), (4)–(7) formules). Pagal gautus koeficientus galime vertinti per santykinus dydžius automobilių stabdymo efektyvumą priklausomai nuo stabdžių paminos nuspaudimo jėgos.

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir ašies suminės stabdymo jėgos priekinės ašies ratuose (jeigu stabdymo jėgų skirtumas atskiruose ratuose neviršija leistinų ribų) santykis apskaičiuojamas:

$$k_p = \frac{P}{F_{st.sum}}, \quad (1)$$

čia: $F_{st.sum}$ – suminė priekinės ašies ratų stabdymo jėga, N; P – stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekine ašimi, N.

Suminė priekinės ašies ratų stabdymo jėga apskaičiuojama sudedant ašies kairiojo ir dešiniojo rato stabdymo jėgas:

$$F_{st.sum} = F_{st.k} + F_{st.d}, \quad (2)$$

čia: $F_{st.k}$ – priekinės ašies kairiojo rato stabdymo jėga, N; $F_{st.d}$ – priekinės ašies dešiniojo rato stabdymo jėga, N.

Analogiškai apskaičiuojamas stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir suminės ašies stabdymo jėgos galinės ašies ratuose (jeigu stabdymo jėgų skirtumas atskiruose ratuose neviršija leistinų ribų) santykis k_g .

Apskaičiuojame koeficientų k_p ir k_g reikšmes bandytiems automobiliams.

Toliau apskaičiuojame faktinės automobilio masės bei bendrosios automobilio masės ir stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, bandant priekinės ašies ratus, santykinus dydžius. Kadangi automobilių veikia ir sunkio jėga, automobilio masę vertiname kaip jėgą:

$$m_{a.f} = m \cdot g, \quad (3)$$

čia: $m_{a.f}$ – faktinis automobilio svoris, N; m – automobilio masė, kg; g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 .

Tada:

$$k_{p.m.f} = \frac{P}{m_{a.f}}, \quad (4)$$

$$k_{p.m} = \frac{P}{m_a}, \quad (5)$$

čia: $k_{p.m.f}$ – stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykis; $k_{p.m}$ – stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykis; P – stabdžių paminos nuspaudimo jėga, N; $m_{a.f}$ – faktinis automobilio svoris, N; m_a – bendrasis automobilio svoris, N.

Analogiškai apskaičiuojame faktinės automobilio masės bei bendrosios automobilio masės ir stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, bandant galinės ašies ratus, santykinus dydžius.

$$k_{g.m.f} = \frac{P}{m_{a.f}}, \quad (6)$$

$$k_{g.m} = \frac{P}{m_a}, \quad (7)$$

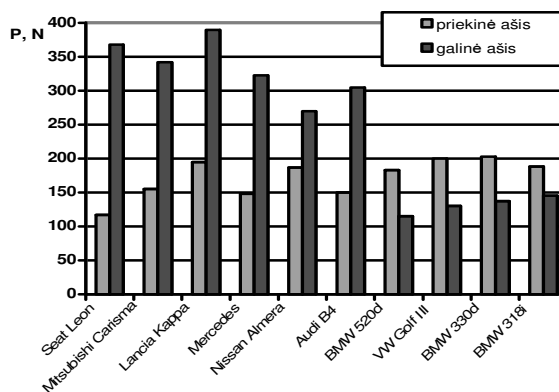
čia: $k_{g.m.f}$ – stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykis; $k_{g.m}$ – stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykis; P – stabdžių paminos nuspaudimo jėga, N; $m_{a.f}$ – faktinis automobilio svoris, N; m_a – bendrasis automobilio svoris, N.

Atlikę gautų skaičiavimų rezultatų analizę, pateikiame pagrindines priklausomybes, kuriose matyti tam tikri bandymų duomenų pasiskirstymo dėsningumai. Eksperimentinių tyrimų metu gautos vieno pagrindinių parametrų – stabdžių paminos nuspaudimo jėgos, reikšmės, pateiktos 3 paveiksle.

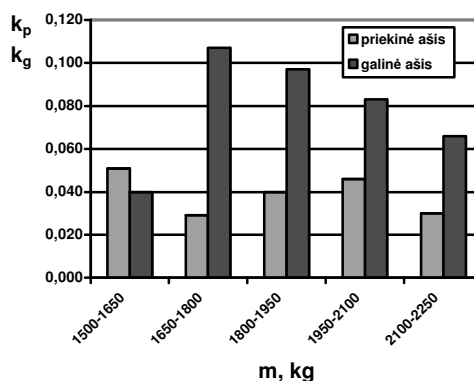
Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir stabdymo jėgos ratuose santykinų dydžių k_p ir k_g maksimalių reikšmių priklausomybės nuo bendrosios automobilių masės pateiktos 4 paveiksle.

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykinų dydžių $k_{p.m.f}$ ir $k_{g.m.f}$ maksimalių reikšmių priklausomybės nuo bendrosios automobilių masės pateiktos 5 paveiksle.

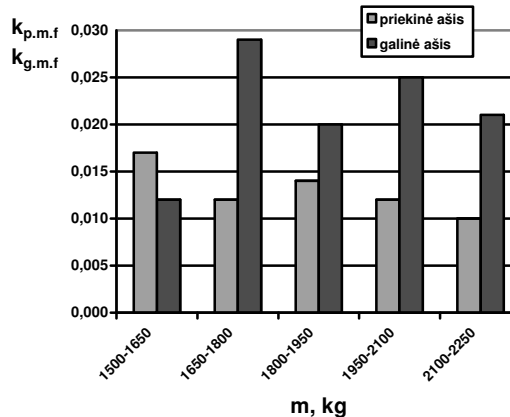
Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykinų dydžių $k_{p.m}$ ir $k_{g.m}$ maksimalių reikšmių priklausomybės nuo bendrosios automobilių masės pateiktos 6 paveiksle.



3 pav. Bandytų automobilių stabdžių paminos nuspaudimo jėga stabdant priekinės ir galinės ašies ratus



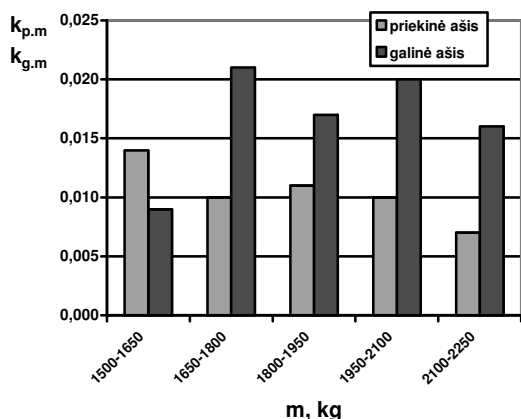
4 pav. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir stabdymo jėgos ratuose santykinų dydžių k_p ir k_g maksimalių reikšmių priklausomybė nuo bendrosios automobilių masės



5 pav. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykinų dydžių $k_{p.m.f}$ ir $k_{g.m.f}$ maksimalių reikšmių priklausomybės nuo bendrosios automobilių masės

Atlikus lengvųjų automobilių eksperimentinius stabdymo parametrų tyrimus ant ritininio stabdžių patikros stendo, atlikta gautų duomenų analizė.

Iš 3 paveikslo matyti, kad vidutinė stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekinės ašies ratus svyruoja nuo 117 iki 203 N. Suminė priekinės ašies ratų stabdymo jėga svyruoja nuo 3800 iki 6080 N. Stabdant galinės ašies ratus, vidutinė stabdžių paminos nuspaudimo jėga svyruoja nuo 115 iki 390 N. Suminė galinės ašies ratų stabdymo jėga svyruoja nuo 2840 iki 5240 N.



6 pav. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykinių dydžių $k_{p,m}$ ir $k_{g,m}$ maksimalių reikšmių priklausomybė nuo bendrosios automobilių masės

Priekiniais ratais varomų automobilių stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekinės ašies ratus, beveik visada mažesnė už stabdžių paminos nuspaudimo jėgą, stabdant galinės ašies ratus.

Galiniiais ratais varomų automobilių stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekinės ašies ratus, gali būti didesnė už stabdžių paminos nuspaudimo jėgą, stabdant galinės ašies ratus.

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir priekinės ašies ratų stabdymo jėgos vidutinių santykinių dydžių $k_{p,vid}$ reikšmės svyruoja nuo 0,024 iki 0,051. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir galinės ašies ratų stabdymo jėgos vidutinių santykinių dydžių $k_{g,vid}$ reikšmės svyruoja nuo 0,027 iki 0,107. Kuo šis dydis mažesnis, tuo stabdymo efektyvumas didesnis, kadangi mažesne jėga spaudžiant stabdžių paminą, gaunama didesnė stabdymo jėga ratuose.

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir automobilio masės bandymo metu vidutinių santykinių dydžių $k_{p,m,f,vid}$ ir $k_{g,m,f,vid}$ reikšmės, stabdant priekinės ašies ratus svyruoja nuo 0,009 iki 0,017, o stabdant galinės ašies ratus, svyruoja nuo 0,007 iki 0,029. Kuo šis dydis mažesnis, tuo stabdymo efektyvumas didesnis, kadangi stabdžių pamina spaudžiama mažesne jėga.

Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės vidutinių santykinių dydžių $k_{p,m,vid}$ ir

$k_{g,m,vid}$ reikšmės, stabdant priekinės ašies ratus svyruoja nuo 0,007 iki 0,014, o stabdant galinės ašies ratus, svyruoja nuo 0,006 iki 0,021. Kuo šis dydis mažesnis, tuo stabdymo efektyvumas didesnis, kadangi lyginant su automobilio mase, stabdžių pamina spaudžiama mažesne jėga.

Išvados

Atlikus eksperimentinius stabdymo efektyvumo tyrimus ant ritininio stabdžių patikros stendo, formuluojame šias išvadas:

1. Esant tvarkingai stabdžių sistemai, tikrinant lengvųjų automobilių (tirtų automobilių masė – 1505–2120 kg.) priekinės ašies ratų stabdžius, stabdžių paminos nuspaudimo jėga neturėtų būti didesnė nei 230 N. Tikrinant galinės ašies ratų stabdžius, paminos nuspaudimo jėga neturėtų būti didesnė nei 390 N. Jeigu jėga didesnė, reikalinga nuodugnesnė stabdžių sistemos apžiūra (stabdžių stiprintuvo, paminos pavaros).

2. Priekiniais ratais varomų automobilių stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekinės ašies ratus, turėtų būti mažesnė už stabdžių paminos nuspaudimo jėgą, stabdant galinės ašies ratus. Galiniiais ratais varomų automobilių stabdžių paminos nuspaudimo jėga, stabdant priekinės ašies ratus, gali būti didesnė už stabdžių paminos nuspaudimo jėgą, stabdant galinės ašies ratus.

3. Atlikant lengvųjų automobilių stabdymo efektyvumo patikrą, galime teigti, jog stabdžių sistema tvarkinga, kai:

– Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir priekinės ašies ratų suminės stabdymo jėgos santykis $k_{p,vid}$ neviršija 0,05. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir galinės ašies ratų suminės stabdymo jėgos santykis $k_{g,vid}$ neviršija 0,11.

– Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykis $k_{p,m,f,vid}$, stabdant priekinės ašies ratais, neviršija 0,02. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir faktinės automobilio masės santykis $k_{g,m,f,vid}$, stabdant galinės ašies ratais, neviršija 0,03.

– Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykis $k_{p,m,vid}$, stabdant priekinės ašies ratais, neviršija 0,02. Stabdžių paminos nuspaudimo jėgos ir bendrosios automobilio masės santykis $k_{g,m,vid}$, stabdant galinės ašies ratais, neviršija 0,03.

Literatūra

- Calvo, J. A.; Diaz, V.; San Roman, J. L.; Garcia-Pozuelo, L. D. 2006. Influence of shock absorber wearing on vehicle brake performance. *International Journal of Automotive Technology* 9, 467–472 p.
- Lee, C. H.; Lee, J. M.; Choi, M. S.; Kim, C. K.; Koh, E. B. 2009. Development of a semi-empirical program for predicting the braking performance of passenger vehicles. *International Journal of Automotive Technology* 12, 193–198 p.
- Ming-chin Wu, Ming-chang Shih. 2000. Simulated and experimental study of hydraulic anti-lock braking system using sliding-mode PWM control. *Mechatronics* 13, 331–351 p.
- Patel, N.; Edwards, C.; Spurgeon, S. K. 2007. Optimal braking and estimation of tyre friction in automotive vehicles using sliding modes. *International Journal of Systems Science* 38, 901–912 p.
- Saeed Abu Alyazeed Albatlan. 2011. Automotive brake pipes characteristics and their effects on brake performance. *Ain Shams Engineering Journal* 3, 279–287 p.
- Senabre, C.; Velasco, E.; Valero, S. 2010. Comparative analysis of vehicle brake data in the Ministry of Transport test on the roller brake tester and on flat ground. *International Journal of Automotive Technology* 13, 735–742 p.