



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

KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ STABDYMO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Vytenis Surblys¹, Saugirdas Pukalskas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹vytenis.surblys@gmail.com; ²saugirdas.pukalskas@vgtu.lt

Santrauka. Lietuvos techninių apžiūrų stotys stabdžių sistemą tikrina esant tušties kroviniams automobiliams, o tai neatspindi stabdžių veikimo esant įkrautoms transporto priemonėms. Straipsnyje nagrinėjami krovinių automobilių stabdžių sistemos tikrinimo būdai, apžvelgiami kiti moksliniai darbai, susiję su stabdžių veikimu ir patikra. Darbe nagrinėjama priklausomybė, tarp ratų stabdymo jėgos ir oro slėgio stabdžių sistemoje (transporto priemonių, turinčių pneumatinę stabdžių sistemą), kuri leidžia išskirti transporto priemones, kurios yra techniškai tvarkingos.

Reikšminiai žodžiai: stabdymo efektyvumas, pneumatinė stabdžių sistema, ritininis stabdžių patikros stendas, stabdžių veiksmingumas, stabdymo jėga.

Įvadas

Kiekvieną dieną technologijos sparčiai tobulėja, tad nenuostabu, kad ir transporto srityje naujovės pasiekia mus labai greitai. Lyginant automobilius, pagamintus prieš 20–25 metus, su šių dienų pagamintais, rasime labai daug skirtumų komforto, ekonomiškumo, funkcionalumo, patikimumo, o ypač saugumo srityse. Labai didelis dėmesys skiriamas pasyvioms ir aktyvioms saugos sistemoms automobiliuose. Aktyvios saugos priemonės, įrengtos automobiliuose, padeda išvengti eismo įvykio kilimo, o pasyvios – saugo keleivius ir vairuotojus nuo sužeidimų eismo įvykio metu.

Viena iš svarbiausių aktyvių saugos priemonių automobiliuose – stabdžių sistema. Stabdžiai nuolat tobulinami ir papildomi elektroninėmis sistemomis, kurios padeda valdyti stabdomą transporto priemonę. Tačiau, kad ir kiek sumontuota papildomų elektroninių sistemų, stabdymas dažniausiai vyksta pneumatinėms ar hidraulinėms sistemoms veikiant frikcines trinkeles, tad pirmiausia reikia užtikrinti jų gerą veikimą.

Lietuvoje stabdžių sistemos tikrinimas yra priverstinis – stabdžių sistema tikrinama techninės apžiūros metu. Jų atlikimas ir tikrinimo metodai yra skirtingi įvairių transporto priemonių kategorijoms. Lengvieji automobiliai tikrinami neįkrauti, sunkvežimiai su pneumatine stabdžių sistema tikrinami neįkrauti, tačiau matuojamas oro slėgis stabdžių sistemoje ir perskaičiuojamas stabdymo efektyvumas prie tam tikro slėgio. Sunkvežimius su hidrauline stabdžių sistema reikalaujama tikrinti visiškai įkrautus, kas nėra lengvai įgyvendinama.

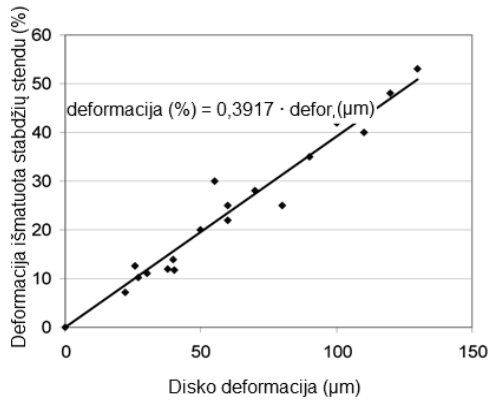
Šio tyrimo tikslas – išnagrinėjus krovinių automobilių stabdžių sistemos tikrinimo būdus, atlikti pneumatinės stabdžių sistemos efektyvumo matavimo tyrimą; nustatyti naudojamo tikrinimo metodo tinkamumą.

Lietuvos ir pasaulio mokslininkai daug dėmesio skiria stabdžių problemoms nagrinėti, o taip pat stabdžių sistemoms tikrinti. Atliktas L. Segal tyrimas parodė, kad stabdžių sistemoje didelę įtaką turi temperatūros poveikis. Stabdymo metu, stipriai įkaista stabdžių diskas, frikcines kaladėlės ir stabdžių suportas. Nustatyta, kad atliekant stabdžių bandymus, negalima ilgiau stabdyti ratų kaip 10–15 sekundžių, nes stabdymo elementai įkaista daugiau kaip 80 °C. Esant aukštai stabdžių sistemos temperatūrai, trinkelė stabdymo savybės sumažėja (Segal 1999).

E. Pakalnis savo darbe „Kelių transporto priemonių stabdymo efektyvumo patikros tobulinimas“ apžvelgė tarptautinėje praktikoje naudojamus stabdžių patikros metodus: tuščia transporto priemonė iš dalies apkraunama, taikomas imitacinis stabdžių sistemos patikros modelis ir naudojamas ekstrapoliacijos – perskaičiavimo metodas. Taip pat E. Pakalnis savo darbe aprašo naudojamą naujų transporto priemonių stabdžių patikros modelį, kai pagal JT EEK Taisyklę Nr. 13 stabdžių sukuriama stabdymo jėgos turi neišeiti iš tam tikrų ribų, t. y. turi tilpti fiksuotame jėgų koridoriuje. Nubrėžtos kreivės privalo atitikti reikalavimus matuojant visiškai įkrautas ir neįkrautas transporto priemones. Taip pat pažymima pneumatinės stabdžių sistemos slėgio svarba, kuri turi proporcingai kisti, keičiantis apkrovimo, veikiančio transporto priemonę, dydžiui. Straipsnyje lyginami imitacinis modeliavimas ir

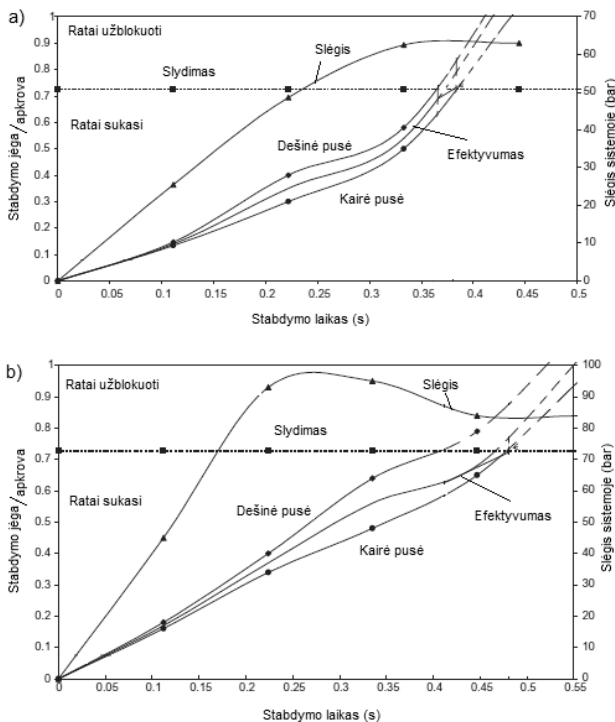
ekstrapoliacijos metodas, kuris, pasak autoriaus, turi ateitį ir laikui bėgant bus plačiai naudojamas. Taip pat paminimas dalinis ašies apkrovimo metodas, tačiau jis laikomas nepatogiu atliekant techninę apžiūrą (Pakalnis 2001).

Vienas iš neigiamų veiksnių stabdant automobilį su diskiniiais stabdžiais – deformuotas stabdžių diskas. Deformacija turi įtakos stabdymo efektyvumui. Atlikti tyrimai (Garcia-Pozuelo Ramos *et al.* 2010) parodė, kad deformacijos dydį galima pamatuoti ritininiu stabdžių stendu. Esant 125 μm stabdžių disko netolygumui, bandymų metu stabdžių stendas išmatuoja 50 % deformaciją (1 pav.).



1 pav. Santykis tarp disko deformacijos ir stabdžių stendo išmatuotų parametru

Taip pat stabdymo efektyvumui turi įtakos stabdžių vamzdelių storis. Atliktas tyrimas (Alyazeed Albatlan 2012) parodė, kad esant skirtingai automobilio apkrovai ir skirtingiems stabdžių vamzdelių storiams, skiriasi stabdymo efektyvumas. Mažinant apkrovą, skirtumas mažėja (2 pav.).

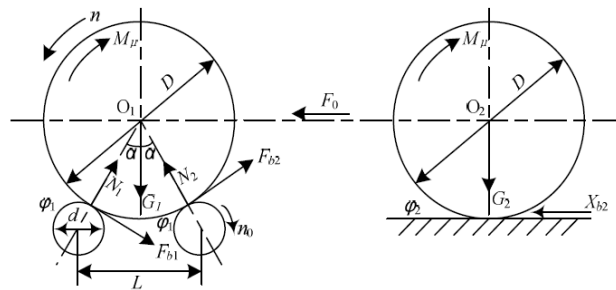


2 pav. Stabdymo efektyvumas, kai automobilio apkrova a) 9200 N, b) 11 200 N

Iš 2 pav. pateiktų diagramų matyti, kad keičiant automobilio apkrovą, didėja stabdymo efektyvumo skirtumas tarp kairės ir dešinės pusių. Dešinėje pusėje stabdžių vamzdelis pakeistas į didesnio skersmens nei originalus, o kairėje pusėje originalus vamzdelis. Kai transporto priemonė apkrauta 9200 N jėga, tai stabdžių sistemos slėgis ties ratų užblokavimu yra virš 50 bar, o kai apkrauta 11 200 N jėga, tai slėgis sistemoje virš 70 bar.

Vienas iš pagrindinių reikalavimų, taikomų automobilių stabdžių sistemoms bei stabdymo efektyvumui, yra jų ašių santykinės stabdymo jėgos. Siekiant užtikrinti automobilio stabilumą stabdymo metu reikia, kad galinės ašies santykinė stabdymo jėga būtų ne didesnė nei priekinės ašies (Nagurnas 2001).

Atliekant stabdžių sistemos bandymus, naudojami stacionarūs stabdžių tikrinimo stendai. Stendai skirstomi pagal dydį, stabdymo jėgas ir kitus parametrus. Bandymų rezultatams įtakos turi ne tik trinties koeficientas, bet ir stendo konstrukcija (Jun *et al.* 2011) (3 pav.).



3 pav. Rato padėtis stabdžių tikrinimo stende

Atlikę bandymus su keliais skirtingais stabdžių tikrinimo stendais, sudarė stabdymo jėgos F_b priklausomybę tarp stendo ritinio diametro d ir kampo α (1 lentelė).

1 lentelė. Priekinių ir galinių ratų stabdymo jėgos, išmatuotos skirtinguose stenduose

Tipas	d (mm)	L (mm)	α ($^\circ$)	F_{bPR} (N)	F_{bGA} (N)
1	200	390	29,6	13293,9	12512,7
2	240	470	34,5	14027,5	13203,2
3	245	430	31,0	13487,0	12694,4

Lentelėje:

F_{bPR} – priekinės ašies stabdymo jėga, N;

F_{bGA} – galinės ašies stabdymo jėga, N.

Iš 2 lentelės matome, kad išmatuota stabdymo jėga yra didesnė stende, kurio ritinio parametrai: $d = 240$ mm, $L = 470$ mm ir $\alpha = 34,5^\circ$. Kiekvienas stabdymas yra unikalus – beveik neįmanoma išgauti lygiai tokių pačių stabdymo jėgų atliekant kelis bandymus ant to paties stendo.

Stabdymo veiksmingumo skaičiavimas remiantis ISO 21069

ISO 21069 standartas apibrėžia transporto priemonių, kurių didžiausia leidžiamoji visuminė masė didesnė kaip 3,5 tonos, stabdymo sistemų tikrinimą, naudojant ritininį stabdžių tikrinimo stendą. ISO 21069 standartas

padalintas į dvi dalis: pirmą skirta pneumatiniams stabdymo sistemai (ISO 21069-1:2004), antra – pneumohidraulinei ir hidraulinei (ISO 21069-2:2008).

Remiantis standarto pirmąją dalimi, stabdymą galima tikrinti, kai transporto priemonė visiškai įkrauta arba kai apkrova nedidelė ir įjungimo slėgis mažesnis, darant prielaidą, kad didėjant slėgiui, stabdymo jėgos didėja, kaip numatyta.

Pavaros slėgis ir stabdymo jėga turi būti nustatomi vienu metu ir realiuoju laiku.

Tikrinant transporto priemonę su hidrauline stabdymo sistema, rekomenduojama tikrinti tik esant visiškai įkrautai transporto priemonei.

Patikimiausias ISO 21069 standarto stabdymo jėgos matavimo būdas – matavimas, kai transporto priemonė visiškai įkrauta. Jei tai neįmanoma, įkrautos transporto priemonės stabdymo charakteristikas galima numatyti, taikant kelių taškų, dviejų taškų arba vieno taško matavimo metodą. Tokiais atvejais būtina atsižvelgti į šias svarbias išankstines sąlygas:

– ne mažiau kaip 30 % projekcinio stabdžių pavaros slėgio turi būti gauta dėl tinkamos apkrovos, dėl ašies savosios masės arba modeliuotos apkrovos;

– matavimo taškai (pirmasis taškas pradžioje ir atkirtas taškas) turėtų būti kiek įmanoma toliau vienas nuo kito (taikant kelių taškų ir dviejų taškų metodą), kad būtų užtikrintas tikslus funkcijos (slėgio ir jėgos priklausomybės) kreivės statusas;

– jei kurio nors iš šių metodų neįmanoma taikyti, leidžiamas vieno taško metodas, bet su šia papildoma išankstine sąlyga: nustatytas pradinis 40 kPa taškas neturi pasislinkti didesnių verčių link, nes taip atsirastų prielaida didėti paklaidos šaltiniui; šis pradinis taškas turi būti patikrintas prieš matavimą.

Stabdymo efektyvumo matavimo metodų apžvalga

Matuojant įkrautas transporto priemones, stabdymo koeficientas turi būti nustatytas tiesiogiai matuojant stabdymo jėgas. Skaičiuojant įkrautos transporto priemonės stabdymo koeficientą ekstrapoliuoti nereikia, nes jis gaunamas pagal šias lygtis:

Variklinės transporto priemonės:

$$Z_{M_i lad} = \frac{\sum F_i}{F_{M_i \max}}, \quad (1)$$

čia: $Z_{M_i lad}$ – įkrautos variklinės transporto priemonės stabdymo koeficientas; F_i – ašies i stabdymo jėga išilgai padangos perimetro, N; $F_{M_i \max}$ – didžiausia leidžiamoji F_M , N; F_M – atskiros variklinės transporto priemonės visus ratus veikianti statinė statmena kelio paviršiaus jėga arba F_M atitinkanti F_i , N.

Transporto priemonės su priekaba:

$$Z_{R_i lad} = \frac{\sum F_i}{F_{R_i \max}}, \quad (2)$$

čia: $Z_{R_i lad}$ – įkrautos transporto priemonės su priekaba stabdymo koeficientas; $F_{R_i \max}$ – visiškai įkrautos transporto priemonės su priekaba didžiausia leidžiamoji statinė statmena jėga, N.

Naudojant matavimo metodą, pagal vieną tašką, reikia atlikti tik vieną kiekvienos ašies arba rato stabdymo jėgos matavimą. Šis stabdžių patikros metodas atliekamas tuščioms kroviniams transporto priemonėms. Šiuo metodu naudojasi Lietuvos Respublikos techninės apžiūros tikrinamas krovinius automobilius. Tikrinimas atliekamas ant ritinių stabdžių tikrinimo stendų.

Pradedant patikrą, manometrai prijungiami prie ratų stabdžių kamerų kontrolinių antgalių (prie vienos ašies prijungiamas vienas manometras; transporto priemonėms su sudvejintu tiltu arba trijų ašių vežimėliu paprastai prijungiamas vienas manometras prie kontūro, tiekiančio vienodą suspausto oro slėgį į sudvejinto tilto arba trijų ašių vežimėlio ratų stabdžių kameras). Manometrai turi būti prijungti sandariai – paspaudžiant ir fiksuojant stabdžių pedalą sujungimuose neturi būti girdimo suspausto oro nutekėjimo.

Transporto priemone užvažiuojama ant stabdžių bandymo stendo būgnų. Būgnams pradėjus sukstis, tolygiai spaudžiamas stabdžių pedalas, kol būgnai užsiblokuos, ir įsimenamos rodamos stabdymo jėgų reikšmės. Bandymas pakartojamas stebint manometro, prijungto prie bandomos ašies stabdžių kameros (kontūro) antgalio, rodmenis. Stabdymo jėgų reikšmės turi būti fiksuojamos, kai besisukantys stendo būgnai arti blokavimosi ribos. Tuo pačiu metu (sinchroniškai) turi būti užfiksuota ir oro slėgio p_z atitinkamos ašies stabdžių kameroje (kontūre) reikšmė.

Ašies ratų stabdymo jėgų netolygumas įvertinamas pagal stabdžių bandymo stendo rodmenis arba apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\Delta = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_{\max}} \cdot 100, \quad (3)$$

čia: F_{\max} – didesnė vienos ašies ratų stabdymo jėga, kN; F_{\min} – mažesnė vienos ašies ratų stabdymo jėga, kN.

Jei stabdymo jėgų netolygumas neatitinka nustatytų reikalavimų, tai tolimesnis skaičiavimas, siekiant įvertinti stabdymo efektyvumą, neatliekamas.

Skaičiuojamasis oro slėgis p_s nustatomas pagal transporto priemonės stabdymo jėgų regulatoriaus lentelės arba kitų patikimų šaltinių duomenis. Neturint tokių duomenų skaičiavimams imama reikšmė $p_s = 6,5$ bar.

Proporcingumo koeficientas apskaičiuojamas kiekvienai ašiai atskirai pagal formulę:

$$K_p = \frac{p_s - 0,4}{p_z - 0,4}, \quad (4)$$

čia: p_z – bandymo metu nustatytas oro slėgis, bar.

Kiekvienos ašies ratų skaičiuojamoji stabdymo jėga nustatoma pagal formulę:

$$F_{SK} = K_p \cdot (F_{STK} - F_{STd}), \quad (5)$$

čia: F_{STK} , F_{STd} – atitinkamai ašies kairiojo ir dešiniojo ratų stabdymo jėgos kN.

Stabdymo efektyvumas procentais stabdant darbinium stabdžiu nustatomas pagal formulę:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n F_{SKi}}{m_B \cdot g} \cdot 100, \quad (6)$$

čia: $i = 1, \dots, n$ – ašių skaičius; m_B – bendroji transporto priemonės masė, t; g – laisvojo kritimo pagreitis m/s^2 .

Naudojant matavimo metodą pagal du taškus, pradžios taškas nestandartizuojamas. Stabdymo jėga turi būti išmatuota mažam stabdžių pavaros slėgiui, kuris būtų šiek tiek didesnis nei slenkstinio taško, kuriame gali būti išmatuota stabdymo jėga, slėgis. Antrasis (pagrindinis) matavimas turi būti atliekamas naudojant didžiausias taikytinas stabdymo jėgas, kai atitinkamas stabdžių pavaros slėgis yra mažesnis nei ribinis ratų blokavimo slėgis.

Ir šį kartą kiekvienos ašies išmatuotos stabdymo jėgos turi būti ekstrapoliuojamos iki mažiausio projekcinio slėgio. Norint tinkamai apskaičiuoti, ne mažiau kaip 30 % projekcinio stabdžių pavaros slėgio turi būti gauta tinkamai apkraunant ašį arba modeliuojant apkrovą.

Įkrautos transporto priemonės stabdymo koeficientas gaunamas iš $Z_{M_i lad}$ arba $Z_{R_i lad}$, taikant anksčiau minėtas lygtis, kuriose:

$$F_{Bi} = F_{Hi} + R_{Fi} (P_{A_i lad i} - P_{A_i Hi}), \quad (7)$$

$$R_{Fi} = \frac{F_{Hi} - F_{Li}}{P_{A_i Hi} - P_{A_i Li}}, \quad (8)$$

čia: F_{Hi} – ašies i stabdymo jėga išilgai padangos perimetro, kai stabdžių pavaros slėgis $P_{A_i Hi}$, N; $P_{A_i Hi}$ – didelis ašies i stabdžių pavaros slėgis, kPa^a; F_{Li} – ašies i stabdymo jėga išilgai padangos perimetro, kai stabdžių pavaros slėgis $P_{A_i Li}$, N; $P_{A_i Li}$ – mažas ašies i stabdžių pavaros slėgis, kPa^a.

Ekspirimentiniai tyrimai

Bandymams buvo pasirinktos 32 transporto priemonės su pneumatine stabdžių sistema, iš kurių 7 puspriekabės, 11 vilkikų ir 14 sunkvežimių. Stabdymo jėga buvo matuojama pagal vieno taško matavimo metodą visiems kroviniui automobiliui ratams.

Ekspirimentiniai bandymai buvo atliekami tokia eiga:

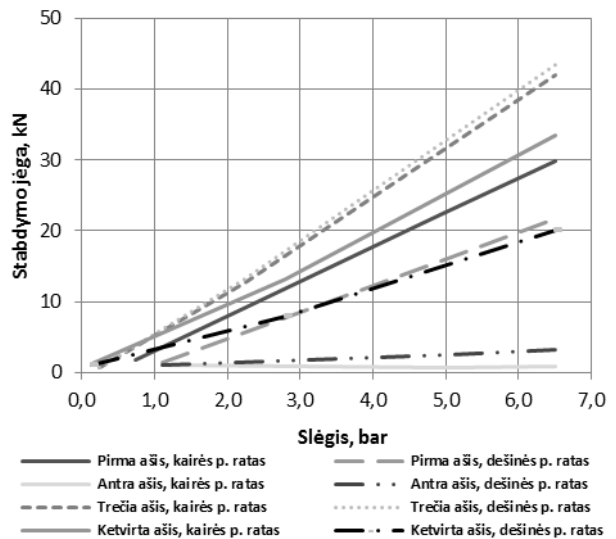
- Išmatuotos stabdžių stabdymo jėgos iki ratų užsiblokavimo, siekiant sužinoti apytiksliai stabdymo jėgas.
- Prijungiami skaitmeniniai slėgio manometrai prie transporto priemonių magistralinių oro jungčių.
- Matuojama pirmą ašį, įsimeriant reikšmes (nuotolinio valdymo pultelio mygtuko paspaudimo pagalba).
- Užfiksuojama stabdymo jėga ir oro slėgis prieš užsiblokaujant ratams.

– Pakartojama visa bandymo eiga su kitomis transporto priemonės ašimis.

– Matavimas vykdomas pagal techninių apžiūrų nustatytus reikalavimus.

Atlikus bandymus, buvo atlikti skaičiavimai, nurodyti matavimo pagal vieną tašką metodikoje.

4 pav. pateikiama vieno iš bandymuose dalyvavusio sunkvežimio MERCEDES-BENZ ACTROS 4141K stabdymo jėgos priklausomybė nuo oro slėgio stabdžių sistemoje.



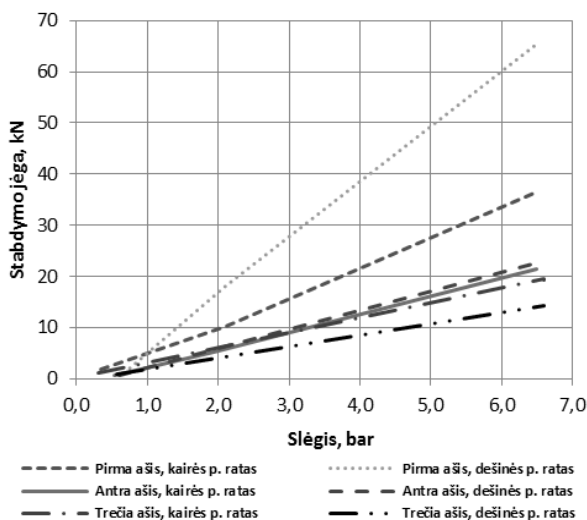
4 pav. 4 ašių sunkvežimio MERCEDES-BENZ ACTROS 4141K (2007 m.) stabdymo jėgos priklausomybė nuo oro slėgio stabdžių sistemoje

4 paveiksle pateikta sunkvežimio stabdymo jėgų priklausomybė nuo išmatuoto oro slėgio sistemoje ir ekstrapolijuojamo, esant maksimaliai apkrautai transporto priemonėi. Šio sunkvežimio svoris bandymo metu – 16 710 kg, o maksimalus svoris – 41 000 kg. Pirmos ašies netolygumas tarp kairės ir dešinės pusės ratų – 27,6 %, antros ašies netolygumas – 73,31 %, trečios ašies – 3,35 %, ketvirtos ašies – 40,3 %. Sunkvežimio stabdžių sistema veikia blogai, nes antros ašies kairės pusės ratas beveik nestabdo, o ketvirtos ašies netolygumas viršija 30 %. Stabdžių efektyvumas pakankamas – 48,45 % (minimali leistina riba kroviniui automobiliams pagamintiems nuo 1988 m. sausio 1 d. iki 2010 m. liepos 27 d. – 45 %).

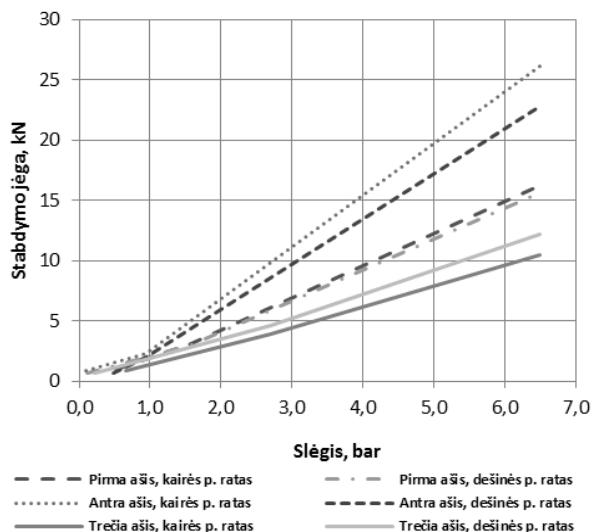
5 paveiksle pateikta vilkiko stabdymo jėgų priklausomybė nuo išmatuoto oro slėgio sistemoje ir ekstrapolijuojamo, esant maksimaliai apkrautai transporto priemonėi. Imituojant, kad vilkikas pakrautas maksimaliu svoriu, pirmos ašies dešinės pusės ratas labiau užstabdomas nei kairės pusės ratas, skirtumas – 6,4 kN, o tai yra 44 % netolygumas. Antros ašies skirtumas tarp kairės ir dešinės pusės ratų yra nedidelis – 5,32 % (1,2 kN), trečios ašies – 26,52 % (5,1 kN). Vilkiko stabdžių sistema veikia negerai, nes vienos iš ašių stabdymo netolygumas yra didesnis nei 30 %, nors stabdžių efektyvumas tinkamas – 70,33 %.

6 paveiksle pateikta puspriekabės stabdymo jėgų priklausomybė nuo išmatuoto oro slėgio sistemoje ir ekstrapolijuojamo, esant maksimaliai apkrautai transporto

priemonei. Imituojant, kad puspriekabė pakrauta maksimaliu svoriu, pirmos ašies netolygumas labai nedidelis – vos 3,5 % (0,57 kN). Antros ašies netolygumas tarp kairės ir dešinės pusės ratų yra 12,55 %, trečios ašies – 14,19 %. Puspriekabės stabdžių sistema veikia gerai, nes nei vienos ašies stabdymo netolygumas neviršija 30 %, stabdžių efektyvumas tinkamas – 53,5 %.



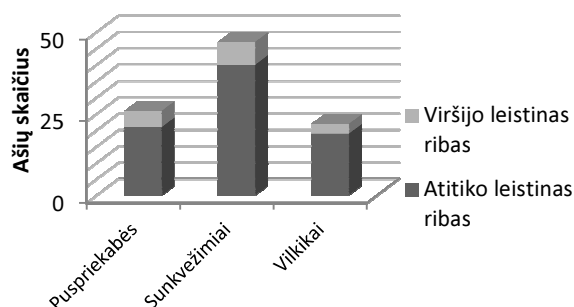
5 pav. 3 ašių vilkiko SCANIA R124LA (1997 m.) stabdymo jėgos priklausomybė nuo oro slėgio stabdžių sistemoje



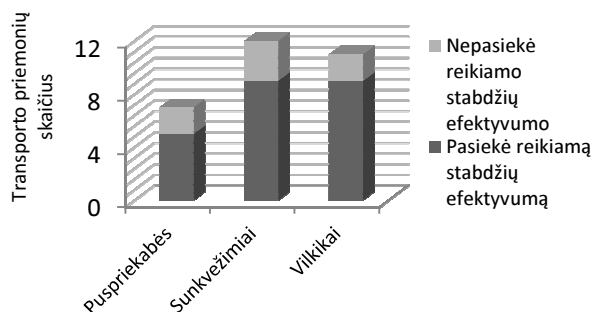
6 pav. 3 ašių puspriekabė KOEGEL SN22 (1996 m.) stabdymo jėgos priklausomybė nuo oro slėgio stabdžių sistemoje

Stabdymo netolygumas svarbus parametras, kuris turi įtakos stabdymo keliui ir yra tikrinamas techninės apžiūros metu. Netolygumas negali viršyti leistinos 30 % ribos. Iš viso buvo pamatuotos 87 ašys ir susistemintas visus gautus duomenis, gauti tokie rezultatai (7 pav.): iš 26 pamatuotų puspriekabių ašių, 5 viršijo leistinas neto-

lygumo ribas; iš 47 sunkvežimių pamatuotų ašių, 7 ašys viršijo leistinas ribas; iš pamatuotų 22 vilkikų ašių, 3 viršijo leistinas ribas.



7 pav. Tyrimo metu išmatuotų ašių netolygumo grafikas



8 pav. Tyrimo metu bandytų transporto priemonių efektyvumo grafikas

Reikiamo stabdžių efektyvumo nepasiekė (8 pav.) 2 iš 7 puspriekabių, 5 iš 14 sunkvežimių, 2 iš 11 vilkikų.

Išvados

Kroviniai automobiliai su pneumatine stabdžių sistema projektuojami taip, kad stabdymo netolygumas ant vienos ašies esančių ratų būtų kuo mažesnis. Taip pat svarbu, kad sistema pasiektų reikiama stabdymo efektyvumą ne tik kai eksploatuojama tuščia, bet ir kai pilnai įkrauta. Tad išanalizavus krovinių automobilių, turinčių pneumatine stabdžių sistemą, stabdymo jėgų ir oro slėgio sistemoje priklausomybes, galime daryti išvadas:

- Transporto priemonių stabdžių veiksmingumo matavimas pagal vieną tašką tinkamai atspindi stabdžių būklę.
- Naudojant šią matavimo metodiką ir nustatytas leistinas ribas galima išskirti kurios transporto priemonės yra techniškai tvarkingos.
- Matavimo metodikos principais galima remtis matuojant krovinių automobilius su hidrauliniiais stabdžiais.

Literatūra

Alyazeed Albatlan, A. 2012. Automotive brake pipes characteristics and their effects on brake performance, in *Ain Shams Engineering Journal* 3: 279–287.

- Garcia-Pozuelo Ramos, D., *et al.* 2010. New procedure to estimate the brake warping in a roller teste, in *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 1. Madrid, Spain, 691–699.
- Segal, L. 1999. Diagnostic method for vehicle brakes, in *NDT&E International* 32. Israel: Israel Institute of Technology, 369–373.
- ISO 21069 Road vehicles — Test of braking systems on vehicles with a maximum authorized total mass of over 3,5 t using a roller brake tester.* Switzerland, 2004. 18 p.
- Jun, L.; Xiaojing, Z.; Dongsheng, W. 2011. The theoretical analysis of test result's errors for the roller type automobile brake tester, in *International Federation for Information Processing*. Nanchang, China, 382–389.
- Nagurnas, S. 2001. Automobilių santykinų stabdymo jėgų nustatymo metodikos ypatumai, iš *Transporto inžinerija: 4-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“ įvykusios Vilniuje 2001 m. gegužės 30 d., pranešimų medžiaga.* Vilnius: Technika, 26–31.
- Pakalnis, E. 2001. Kelių transporto priemonių stabdymo efektyvumo patikros tobulinimas. Teorija ir praktika, iš *Transportas – Transport Engineering* Vilnius: Technika, 55–60.
- Regulation No. 13. Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. Geneva, 1995.