



20-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA**,  
vykusios 2017 m. gegužės 12 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 20th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 12 May 2017, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 20-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 12 мая 2017 г., Вильнюс, Литва

## LENGVOJO AUTOMOBILIO ŽIEMINIŲ PADANGŲ STABDYMO CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS ESANT AUKŠTOMS APLINKOS TEMPERATŪROMS

Martynas Bingelis, Giedrius Garbinčius, Vidas Žuraulis

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Automobilių transporto katedra*  
El. paštas: bingelismartynas@gmail.com; giedrius.garbincius@vgtu.lt; vidas.zuraulis@vgtu.lt

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjama lengvųjų automobilių žieminių padangų eksploatavimo vasaros metu pagrindinės charakteristikos. Tirtas stabdymo kelias ir stabdymo efektyvumas bei jo įtaka saugiam bei stabiliam transporto priemonės valdymui. Nustatytos padangos dinamiškumo savybės: protektoriaus gylis ir jo deformacija stabdymo metu atsižvelgiant į transporto priemonės važiavimo greitį bei pagreitį.

**Reikšminiai žodžiai:** žieminės padangos, stabdymo kelias, aplinkos temperatūra, lėtėjimo pagreitis, kelio danga.

### Įvadas

Naudojant dabartines technologijas galima tiksliau įvertinti žieminių padangų eksploatavimo pagrindines charakteristikas, atskleisti jų teigiamas ir neigiamas savybes, kurios turi įtakos automobilio dinamines charakteristikas.

Lengvųjų automobilių stabdymo parametrai yra nagrinėjami kaip atsitiktiniai kintamieji su žinomomis tikimybinėmis charakteristikomis (Nagurnas *et al.* 2007). Stabdymo efektyvumas labai priklauso nuo automobilio greičio, pagreičio, kelio dangos būklės bei meteorologinių sąlygų. Taip pat didelę įtaką daro padangų būklė, tipas bei ilgaamžiškumas, vairavimo stilius ir kiti žmogiškieji faktoriai. Taip pat vairuotojai linkę žiemai jau nebetinkamas žieminio tipo padangas eksploatuoti vasarą, kas yra nesaugu.

Padangų protektoriaus gylis yra vienas iš reikšmingų parametrų, kuris turi įtakos lengvųjų automobilių dinamikos parametrų ir kuriuos būtina įvertinti atliekant kiekybinius ir kokybinius eksperimentus bei padangų testavimą (Jazar 2008). Padangų standartai yra pateikiami spalvų gama bei raidine išraiška. Padangos, kurias eksploatuojant pasiekiamas, trumpiausias stabdymo kelias, žymimos raide A, o ilgiausias stabdymo kelias – raide G (Jazar 2008; ES reglamentas Nr. 1222/2009).

Pagrindinės padangų eksploatavimo charakteristikos vasaros metu yra automobilio stabdymo kelias, padangų protektoriaus paviršiaus būklė (Mitunevičius *et al.* 2009). Taip pat būtinas kelio dangos įvertinimas vasaros sezono metu. Dar vienas svarbus parametras žieminių padangų

eksploatavimui vasarą yra padangos sukibimas (Jazar 2008). Jis yra įvertinama kiekybiškai, t. y. kuo sukibimas yra didesnis, tuo stabdymo kelias yra trumpesnis ir atvirkščiai. Žieminių padangų protektorius yra gilesnis negu vasarinių padangų. Draudžiamas žieminių padangų protektoriaus gylis mažesnis negu 3 mm, kai jos yra eksploatuojamos žiemą, o vasarinių – 1,6 mm (92/23/EEB).

Šio straipsnio tikslas – įvertinti žieminių padangų, eksploatuojamų vasaros sezono metu, automobilio stabdymo efektyvumą, atsižvelgiant į padangų nusidėvėjimo lygį.

Norint objektyviai įvertinti automobilio stabdymo efektyvumą, būtina atsižvelgti į padangos gumos mišinio kietumą, kuris vertinamas skaitine verte. Kuo skaičius didesnis, tuo padangos gumos mišinio kietumas yra didesnis (Shore 2014).

Įvertinus visus pagrindinius padangų eksploatavimo parametrus kaip visumą, būtų galima daryti svarią išvadą apie žieminių padangų saugų, patikimą, ekonomišką ir nekenksmingą eksploatavimą vasaros sezono metu.

### Ekspperimentinis tyrimas

Ekspperimentinio tyrimo metu automobilio judėjimo parametrų fiksuoti buvo naudojama vokiečių kompanijos *KistlerGroup* ir jai priklausančio gamintojo *Corrsys-Datron* sertifikuota matavimo įranga. Ši įranga yra mobili, todėl tyrimų metu jai maitinti automobilyje įmontuota papildoma 12 V akumuliatoriaus baterija.

Prie automobilio kairės pusės priekinio rato buvo montuojamas rato kampinio greičio ( $\omega$ ) jutiklis *WPT*

(1 pav.). Šis jutiklis naudojamas norint nustatyti rato santykinę išilginę slydimą ir kampinį greitį. Jutiklio signalai atskiru procesoriumi perskaičiuojami ir pateikiami reikiami rato parametrai. Taip pat norint gauti kuo tikslesnius tyrimo rezultatus buvo primontuotas „neamortizuotos masės“ lazerinis atstumo jutiklis *HF-500C* rato dinaminiam spinduliui matuoti (1 pav.).



**1 pav.** Jutikliai: 1 – kampinio greičio jutiklis *WPT*; 2 – lazerinis atstumo jutiklis *HF-500C*; 3 – termokamera *Optiris PI230*

Tyrimo metu buvo naudotas ir automobilio pagreičio jutiklis *TANS-3* (2 pav.). Šis jutiklis tyrimo metu matuoja pagreičius trimis automobilio judėjimo ašimis. Stabdymo pagreičio matavimams, tyrimo metu naudotas *XL-Meter* prietaisas (2 pav.).



**2 pav.** Prietaisai: 4 – triašis akcelerometras ir gioskopas *TANS-3*; 5 – *XL-Meter*

Norint nustatyti padangos stabdymo kontakto zonos temperatūrą su keliu buvo naudojama termokamera *Optiris PI230* (1 pav. (3)), kuri buvo pritvirtinta prie automobilio kėbulo, ir nukreipta į padangos kontakto su keliu zoną.

*Optiris PI230* yra šiuolaikinė infraraudonųjų spindulių kamera, naudojanti *BI Spectral* technologiją.

Tai leidžia sinchronizuoti ir derinti duomenų įrašymą realiu laiku, termografinius vaizdo įrašus bei nuotraukas.

Eksperimentinio tyrimo metu norint gauti identišką stabdymo proceso sąlygas (pedalo paspaudimo jėgą, laiką, per kurį paspaudžiamas stabdžių pedalas) kiekvieno bandymo metu naudojome robotizuotą stabdžių paspaudimo sistemą (3 pav.). Tyrimo metu žmogiškajam faktoriui minimizuoti ekstremalaus stabdymo metu automobilio pedalas buvo spaudžiamas minėtos robotizuotos sistemos, kuri imituoja žmogaus koją spaudžiant stabdžių pedalą. Taip pasiekiamas bandymų vienodų sąlygų užtikrinimas.



**3 pav.** Robotizuotas stabdžių pedalo paspaudimo sistema

Tyrimas buvo atliekamas vasaros sezonu esant  $+25^{\circ}\text{C}$  –  $+28^{\circ}\text{C}$  aplinkos temperatūrai. Eksperimento metu kelio dangos temperatūra siekė  $+28^{\circ}\text{C}$  –  $+32^{\circ}\text{C}$ , danga sausa, asfaltas švarus.

Tyrimo metu buvo naudojamos visiškai naujos žieminės padangos *Dunlop GRANDTREK AT3* (215/65 R-16), vidutinio nusidėvėjimo padangos *Pirelli Sottozero* (215/65 R-16) ir žiemos sezonui draudžiamos naudoti per mažo protektoriaus gylio padangos *Nokian Hakkapeliitta R2* (215/65 R-16). Kiekvienas eksperimentinis tyrimas buvo pakartojamas po keturis kartus.

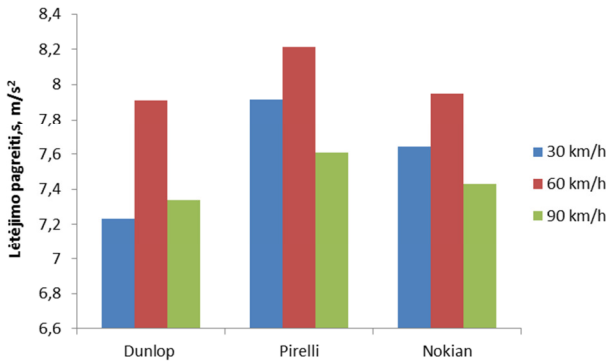
Pirmiausia stabdymas buvo atliekamas su *Dunlop* padangomis esant 30 km/h greičiui. Tarp stabdymų buvo daromos pauzės, norint atvėsinti tiek padangos kontakto paviršių, tiek stabdžių diskus, stabdžių trinkelės, kad būtų išvengta papildomų paklaidų. Po keturių bandymų, didinome važiavimo greitį iki 60 km/h ir bandymus kartojame tokiomis pačiomis sąlygomis bei pauzėmis stabdymo sistemai atvėsinti. Toliau greitį didiname iki 90 km/h ir stabdėme tose pačiose zonose keturis kartus, taip pat su pauzėmis tarp atskirų bandymų. Šiuo atveju pauzės tarp bandymų buvo žymiai ilgesnės dėl intensyvesnio šilumos išsiskyrimo. Pastebėta, kad ekstremaliai stabdant, kai važiavimo greitis yra 90 km/h, stabdymo sistema kaista kiek daugiau.

Aukščiau aprašyta tyrimo eiga buvo naudojama atliekant bandymus su *Pirelli* bei *Nokian* padangomis. Kiekvienas bandymas buvo kartojamas po keturis kartus, su kiekvienu skirtingu stabdymo pradžios greičiu. Buvo skaičiuojamos vidutinės vertės priklausomos nuo važiavimo greičio. Būtina pažymėti, kad šio pobūdžio eksperimentams turi įtakos vėjo kryptis ir greitis, aplinkos drėgnumas ir kiti aplinkos veiksniai į kuriuos bandymų metu buvo atsižvelgta.

Eksperimentinio tyrimo metu gauti duomenys buvo apdorojami *MS Excel*, *TurboLab 6.0* programomis.

### Eksperimentinio tyrimo rezultatai

Lėtėjimo pagreitis, priklausė nuo padangos ir stabdymo pradžios greičio. Jo absoliutinių reikšmių charakteristikos naudojant skirtingus padangų kompleksus pateiktos (4 pav.).



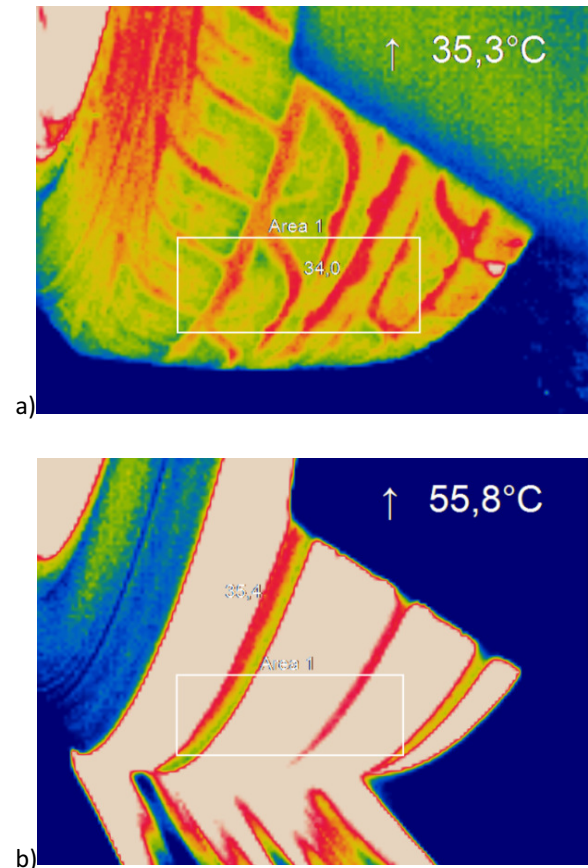
4 pav. Lėtėjimo pagreičio priklausomybė nuo stabdymo greičio ir skirtingų padangų

Iš ketvirto paveikslo matome, kad efektyviausias stabdymas, esant aukštai aplinkos temperatūrai ir sausai kelio dangai, yra eksploatuojant automobilį su 4,2 mm protektoriaus gyliu *Pirelli Sottozero* padangomis. Gauti rezultatai leidžia daryti išvadą, kad naudojant *Pirelli Sottozero* padangas lėtėjimo pagreitis yra didžiausias, o stabdymas efektyviausias. Tai nulemia vidutinis šių padangų protektoriaus deformacijos lygis.

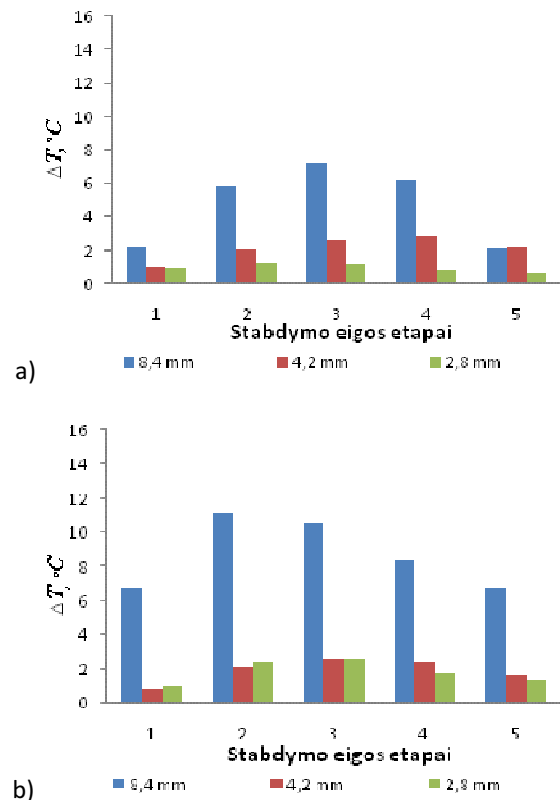
Jeigu protektorius deformuojasi per daug, tai padanga šyla ir perkaista, prarasdama savo efektyvias stabdymo savybes. Tuo pasižymi *Dunlop GRANDTREK AT3* padangos. Esant sausai kelio dangai, kai padangos protektoriaus gylis yra mažas, jis šyla ne taip efektyviai, nes yra per mažos padangos protektoriaus deformacijos. Padanga yra neįkaitusi iki darbinės temperatūros, todėl stabdymo efektyvumas yra nepakankamas. Tuo pasižymi *Nokian Hakkapeliitta R2*.

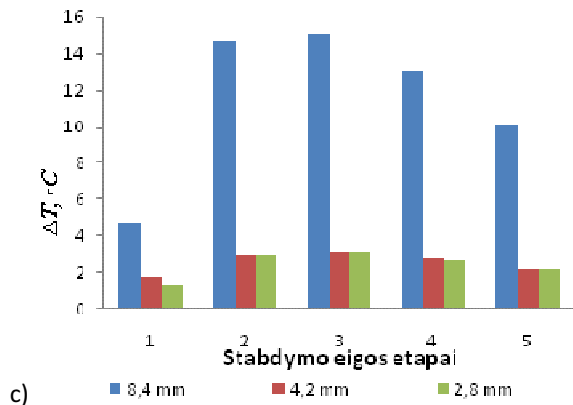
Ekstremalaus stabdymo tyrimo rezultatai parodė, kad stabdymo metu išsiskirianti kinetinė energija virsta šiluma, kuri išsiskiria tarp labiausiai trinties jėgos veikiamų paviršių, t. y. padangų kontakto su keliu zonoje stabdymo metu. Padangos temperatūros padidėjimas dėl trinties tarp ekstremaliai stabdomos padangos ir kelio paviršiaus buvo stebimas ir fiksuojamas termo-kamera *Optris PI230* (5 pav.).

5 pav. pateiktuose padangos kontaktinio paviršiaus termo vaizduose matome, kad atliekant stabdymo bandymą naudojant *Dunlop* padangas, kurių protektoriaus rašto gylis yra 8,4 mm, temperatūros pokytis stabdymo metu yra didelis ir siekia nuo +15° C iki +20° C. Šie rezultatai gauti, esant 90 km/h pradiniam stabdymo greičiui ir +26° C aplinkos temperatūrai. Toks didelis padangų kontakto su kelio danga temperatūrų pokytis yra todėl, kad protektorius yra aukštas ir jis labiausiai deformuojasi. Padangos protektorius deformuodamasis sutelktą energiją atiduoda į aplinką šilumos pavidalu.



5 pav. Padangos kontaktinio paviršiaus termovaizdai: a) Stovint vietoje; b) Ekstremalaus stabdymo atveju





6 pav. Padangų temperatūrų pokyčiai esant skirtingiems stabdymo pradžios greičiams:  
a) 30 km/h; b) 60 km/h; c) 90 km/h;

Atlikus eksperimentinio tyrimo parametrų analizę, gavome antrojo padangų komplekto temperatūrų pokyčius, esant ekstremaliai stabdymui. *Pirelli Sottozero* padangos turinčios 4,2 mm protektoriaus gylį stabdymo metu deformuojasi mažiau lyginant su pirmuoju padangų komplektu t. y. *Dunlop GRANDTREK AT3* ir temperatūrų padidėjimas stabdymo metu tesiekia nuo +2° C iki +4° C.

Išanalizavus tyrimo rezultatus, kurie buvo gauti panaudojant *Nokian* padangų komplektą, su protektoriaus rašto gyliu apie 2,5 mm nustatyta, kad padanga turinti mažiausią protektoriaus rašto gylį ir stabdymo metu šyla mažiausiai bei išskiriamas šilumos kiekis į aplinką yra minimalus.

6 pav. pateikti padangų temperatūrų pokyčių grafikai, esant +26° C aplinkos temperatūrai, kai eksperimentinis tyrimas buvo atliekamas su trimis skirtingais pradiniais stabdymo greičiais.

6 pav. matome, kad temperatūrų pokyčiai tiesiogiai priklauso nuo padangos protektoriaus gylio ir stabdymo pradžios greičio. Eksperimentinio tyrimo rezultatai par-

dė, kad *Dunlop* padangų komplekto, kurio protektoriaus gylis yra didžiausias (8,4 mm), šyla daugiausiai. Skirtumas nuo kitų padangų yra žymus. *Pirelli* padangų, kurių protektoriaus rašto gylis yra apie 4,2 mm ir *Nokian*, kurių protektoriaus rašto gylis yra apie 2,5 mm temperatūrų pokyčiai yra minimalūs. Tai parodo, kad protektorius mažiau deformuojasi ir taip mažiau yra išskiriama šilumos. Didelis temperatūros pokytis turi įtakos padangos ilgaamžiškumui ir eksploatavimui. Didelis padangos išilimas lemia padangos dėvėjimąsi, o per mažas – pablogėjusias sukibimo su keliu savybes.

## Išvados

Atlikus žieminio tipo padangų palyginamąjį stabdymo efektyvumo vasaros sezonu eksperimentinį tyrimą suformuluotos šios išvados:

1. Pagrindinės lengvųjų automobilių charakteristikos, turinčios įtakos stabdymui: stabdymo kelias, yra lėtėjimo pagreitis, važiavimo greitis, padangos protektoriaus gylis ir kelio dangos būklė (sausas, šlapias ir kt.).

2. Eksploatuojant automobilį su *Pirelli Sottozero* padangomis, kurių protektoriaus gylis yra 4,2 mm, lėtėjimo pagreitis yra didžiausias ir siekia 8,21 m/s<sup>2</sup>, todėl stabdymas yra efektyviausias, lyginant su *Nokian* (protektoriaus gylis 2,5 mm) bei *Dunlop* (protektoriaus gylis 8,4 mm) padangomis.

3. Esant sausai kelio dangai ir +26° C aplinkos temperatūrai, labiausiai šyla *Dunlop* padangos (temperatūrų pokytis stabdant +15° C iki +20° C), nes jos jautriausios protektoriaus deformacijai.

4. *Dunlop* (protektoriaus gylis 8,4 mm) ir *Nokian* (protektoriaus gylis 2,5 mm) padangų eksploatavimas vasaros sezono metu nėra racionalus, nes *Dunlop* padangos per daug atiduoda šilumos į aplinką, o *Nokian* nesušyla iki tinkamos darbinės temperatūros, todėl stabdymas nėra efektyvus.

## Literatūra

- Europos parlamento ir tarybos reglamentas (EB) Nr. 1222/2009. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu>>.
- Jazar, R. N. 2008. *Vehicle Dynamics: Theory and Applications*. Springer.
- Logan, M. 2010. *Biostatistical Design and Analysis Using R.A John Wiley & Sons*. Available from Internet: <<http://eu.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1405190086.html>>.
- Marisol, B. 2014. *Tire Aging: A Summary of NHTSA's Work*. Prieiga per internetą: <<http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=NHTSA-2005-21276-0073>>.
- Mitunevicius, V.; Nagurnas, S.; Unarski, J.; Wojciech, W. 2009. *Research of car braking in winter conditions, proceedings of the 6th International Scientific Conference TRANSBALTICA 2009*, p. 157–161
- Moore, M. 2014. *NHTSA will not seek tire-agesafety Standard*. Prieiga per internetą: <<http://www.tirebusiness.com/120140711/NEWS/140719976/nhtsa-will-not-look-for-tire-age-safety-standard>>.
- Nagurnas, S.; Mitunevicius, V.; Unarski, J.; Wach, W. 2007. *Evaluation of veracity of car braking parameters used for the analysis of road accidents*, *Transport* 22(4): 307–311.
- Okmanas, J. 2001. *Amerikiečių saugumu rūpinasi lietuviai*. Prieiga per internetą: <[www.ratai.lt/cgi-bin/SearchResult.asp?TopicID=5&ArticleID=2326&Page=2&PagePage=1&TXT=%FEvaig%FEdut%EBmis](http://www.ratai.lt/cgi-bin/SearchResult.asp?TopicID=5&ArticleID=2326&Page=2&PagePage=1&TXT=%FEvaig%FEdut%EBmis)>.
- Simanavičienė, R. 2013. *Statistinių metodų taikymas daugiataksių sprendimų patikimumui įvertinti*. *Informacijos mokslai, mokslo darbai* 65: 120–126.
- Soodoo, G. 2014. *Tire Aging NTSB Tire Safety Symposium*. Prieiga per internetą: <<http://www.regulations.gov/#!#documentDetail;D=NHTSA-2005-2135-0119>>.