



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

ŽIEMINIŲ IR VASARINIŲ PADANGŲ ĮSIBĖGĖJIMO IR STABDYMO DINAMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Arnoldas Mockevičius¹, Robertas Pečeliūnas²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹arnoldasmockevicius@gmail.lt, ²robertas.peceliunas@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje pateikiami rezultatai, gauti atliekant vasarinių ir žieminių padangų savybių tyrimus. Atliekant tyrimą buvo bandomos vasarinės ir žieminės padangos ant asfaltbetonio ir žvyro dangos. Bandymai atlikti prie 60 km/h ir 80 km/h automobiliui įsibėgėjant iki nurodytų greičių ir stabdant pasiekus užduotus greičius iki pilno sustojimo. Straipsnyje pateikiami rezultatai gauti prie 80 km/h greičio.

Reikšminiai žodžiai: automobilis, padanga, kelias, stabdymas, įsibėgėjimas

Įvadas

Gatvėse – daugiau nei trečdalis vairuotojų nekeičia žieminių padangų į vasarines. Jie sutaupo padangų remontavimui ar įsigijimui, bet kai kurie žmonės nesuvalkio, kokias pasekmes tai turi jų automobilio valdomumui, nes ne visada automobilio saugos sistemos padės suvaldyti automobilį.

Automobilių pramonė sukūrė įvairių aktyvių saugos sistemų, kad patenkintų didėjančią saugos sistemų paklausą, bei jų būtinumą, kad automobilis tenkintų kuo aukštesnius saugos reikalavimus. Daugelis aktyvių sistemų, tokių kaip, stabdžių antiblokavimo sistema, elektroninė stabilumo sistema ir traukos kontrolės sistema tapo svarbiausiomis aktyviosios saugos sistemomis. Kaip šios sistemos taps dar pažangesnėmis priklausys nuo tikslios informacijos apie transporto priemonės būklę ir aplinką. Taigi tiksli informacija apie transporto priemonės būklę ir eismo sąlygas yra labai svarbi valdant automobilį. Visų pirma padangų slėgio pokytis yra svarbus veiksnys nustatant valdymo charakteristikas. Padangų slėgio nustatymai gali būti skirstomas į tiesioginį ir netiesioginį skaičiavimo metodus. Tiesioginiai matavimai gali užtikrinti tikslus matavimo rezultatus, tačiau šie matavimai turi ir trūkumų, kaip antai, įgyvendinimo sunkumas ir papildomų prietai-

sų reikalingumas. Siekiant išspręsti šias problemas yra naudojami netiesioginiai padangų slėgio matavimai. Kitas svarbus parametras yra padangos gumos trintis, nuo kurios priklauso padangos ilgaamžiškumas, bei sukibimas su keliu, šio parametro radimą aprašė Heinrich 2008 metais. Tas pats mokslininkas Heinrich su savo kolega Kluppel 2008 metais išanalizavo trinties priklausomybę nuo apkrovos koeficiento slystant gumai per šiurkštų ir per nešiurkštų paviršius. Mokslininkas Li 2011 metais atliko padangos protektoriaus šoninės vibracijos analizę. Kitas svarbus veiksnys, kuris lemia saugų automobilio valdymą yra ratų sukibimas su kelio danga, todėl būtina automobiliams naudoti atitinkamas padangas skirtingais metų laikais. Ratų trintis su kelio danga turi įtakos visoms automobilio saugumo sistemoms, kurios daro įtaką automobilio dinaminėms charakteristikoms. Taigi informacija apie ratų su kelio danga sukibimą yra labai svarbi automobilio aktyviosioms saugos sistemoms, todėl mokslininkas Ray 2009 taikė skaičiavimą pagrįstą Kalman filtravimo ir mažiausių kvadratų metodu apskaičiuoti kontaktines jėgas. Gustafsson 1997 sukūrė trinties su kelio danga vertinimo metodą klasifikuoti kelio sąlygoms, kuris remiasi Kalmano filtravimu ir įvertina santykį tarp varančiųjų ratų slydimo ir trinties jėgos, o Umeno 2002 pasiūlė padangų trinties su kelio danga ver-

tinimo metodą, kuris įvertina rato vibracijų dažnio charakteristikas.

Literatūros analizė parodė, kad žieminių padangų savybės vasaros laikotarpiu nėra tinkamai ištytos, tad šiame straipsnyje pateiksiu šio tyrimo gautus rezultatus. Tyrimo tikslas buvo atlikti įsibėgėjimo ir stabdymo bandymus su žieminėmis ir vasarinėmis padangomis prie 60 km/h ir 80 km/h ir atitinkamai nuo 60 km/h iki pilno sustojimo ir nuo 80 km/h iki pilno sustojimo gautus rezultatus sulygtinti, bei pateikti išvadas. Kaip tyrimo objektai buvo parinktos vasarinės *MISHELIN Pilot PRIMACY 195/55 R16 87V* ir žieminės *NOKIAN Hakka-pelita Rsi 195/55 R16 91R* padangos.

1. Padangų protektoriaus konstrukciniai skirtumai

Žieminių padangų protektoriaus rašte dominuoja skersiniai ar jiems artimi įstriži grioveliai. Dėl tokio dalinimo į segmentus būdo, gaunamas grubus protektoriaus raštas, kuriam esant pagerėja stabdymo puriu sniegu padengto kelio paviršiumi savybės. Be to grubus protektoriaus segmentai dar yra smulkiai supjaustyti labai siaurais ir vingiuotais grioveliais, kurių dėka gaunamos papildomos briaunelės. Šis smulkus supjaustymas pagerina sukibimo su kietu slidžiu kelio paviršiumi savybes. Žieminių padangų protektorius gaminamas iš minkštesnio gumos mišinio, kuris išlieka elastingas prie žemos aplinkos temperatūros, gerai sukimba su apledėjusiu kelio paviršiumi, tačiau vasaros laikotarpiu, kai dominuoja karšti orai, žieminės padangos praranda savo efektyvumą.

Vasarinių padangų protektoriaus rašte dominuoja išilginiai grioveliai, dalinantys protektoriaus paviršių į juostas, kurios papildomai supjaustytos į segmentus, kurie pagerina sukibimo su kelio danga savybes. Išilgines protektoriaus juostas dalinantys grioveliai dažniausiai yra ne skersiniai, o įstriži. Tokia jų forma leidžia gerai pašalinti vandenį iš padangos kontakto su kelio paviršiumi dėmės ir kelia mažesnę triukšmą nei skersiniai grioveliai. Atskiri protektoriaus segmentai viduje dažniausiai nėra supjaustyti. Vasarinių padangų protektoriams būdingas didelis lietimosi su kelio paviršiumi plotas ir gana retas griovelių tinklas su ryškiai išsiskiriančiais išilginiais grioveliais, todėl stabdant gauname didesnę lietimosi paviršių. Šių padangų protektorius gaminamas iš kietesnės, atsparios dilimui ir pritaikytos aukštesnės temperatūros darbo sąlygoms gumos.

2. Bandymų metodika ir rezultatų analizė

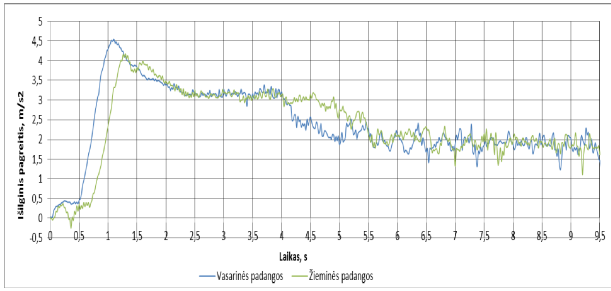
Bandymai buvo atlikti su *Peugeot 207* automobiliu su automatine pavarų dėže ir stabdžių antiblokavimo sistema. Prieš atliekant bandymus, automobilis buvo patikrintas autorizuotame servise ir nustatyta, kad automobilio pakaba, stabdžių sistema ir visi kiti automobilio mazgai yra tvarkingi. Diagnostinio stendo pagalba buvo nustatyta, kad stabdymo efektyvumas didesnis, negu 50% ir skirtumas tarp vienos ašies ratų stabdymo jėgų nėra didesnis negu 30%. Įsibėgėjimas ir stabdymas atlikti ant dviejų skirtingų kelio paviršių – sauso asfalto ir žvyro dangos. Bandymai buvo atlikti po du kartus. Tyrimo metu oras buvo sausas ir saulėtas. Viso bandymo metu lauko temperatūra – 20 laipsnių šilumos. Atlikti bandymo matavimus buvo naudojamas „XL Meter Pro“ prietaisas, kuris prieš bandymą buvo sumontuotas automobilyje ant priekinio stiklo ir sukalibruotas. Padangos bandymo metu buvo pasiekusios darbinę temperatūrą, o slėgis buvo matuojamas prieš kiekvieno bandymo pradžią ir jis buvo lygus – 2,2 bar, kurį ir rekomenduoja automobilio gamintojas.

Visi reiškiniai, atsirandantys įsibėgėjant ar staigiai stabdant, yra glaudžiai susiję su automobilio masių svyravimais vertikaloje plokštumoje, o atsirandantys virpesiai ir šoniniai pagreičiai susiję su kelio dangos nelygumais ir nestabiliu paviršiumi. Reikia atkreipti dėmesį į tokias aplinkybes kaip išilginio lėtėjimo pagreičio esminis padidėjimas, kai tuo pat metu yra dideli kėbulo vertikalūs pagreičiai, atsirandantys dėl važiavimo per nelygumus. Stabdant inercijos jėgų veikiamas automobilio priekis palinksta žemyn, o galinė kėbulo dalis pakyla aukštyn, analogiškai viskas vyksta ir automobiliui įsibėgėjant.

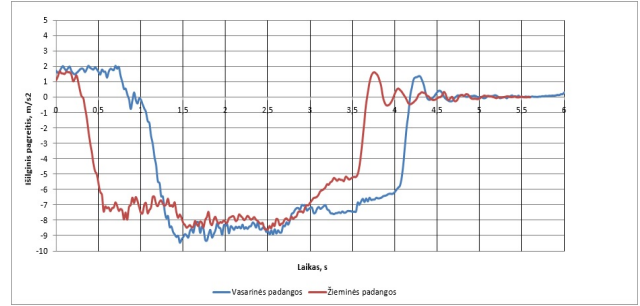
Atlikus įsibėgėjimo iki 80 km/h bandymą su vasarinėmis ir žieminėmis padangomis išanalizavus ir sulygtinus gautus duomenis buvo gauti rezultatai, kurie pateikiami toliau esančioje 1 lentelėje ir 1, 2, 3, 4 pav.

1 lentelė. Įsibėgėjimo bandymų rezultatai

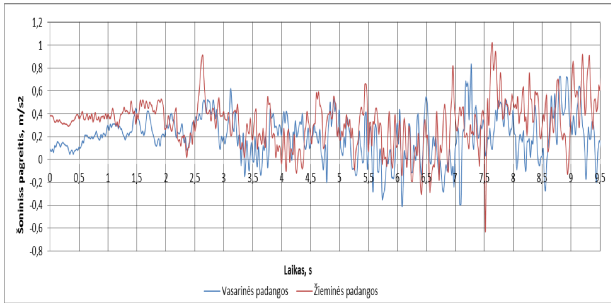
	Padangos	Įsibėgėjimo laikas, s	Įsibėgėjimo kelias, m	Greitis, km/h
Įsibėgėjimas ant asfaltbetonio iki 80 km/h	Vasarinės padangos	8,72	110,9	80,05
	Žieminės padangos	8,56	107,6	80,11
Įsibėgėjimas ant žvyro dangos iki 80 km/h	Vasarinės padangos	11,46	138,0	80,12
	Žieminės padangos	10,8	135,7	80,09



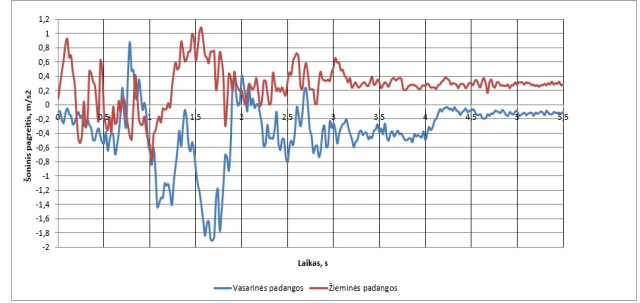
1 pav. Automobilio išilginiai pagreičiai įsibėgėjant ant asfaltbetonio



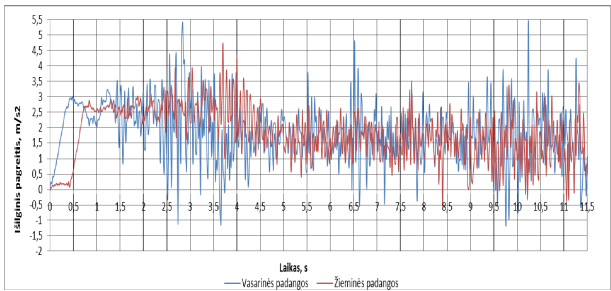
5 pav. Automobilio išilginiai pagreičiai stabdant ant asfaltbetonio



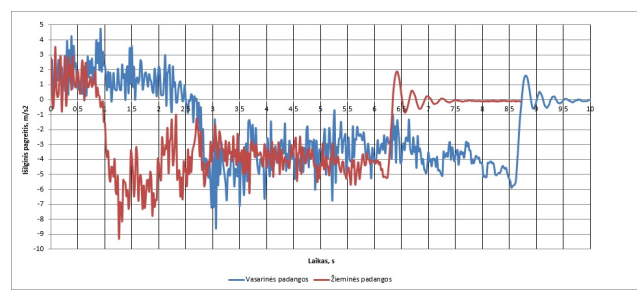
2 pav. Automobilio šoniniai pagreičiai įsibėgėjant ant asfaltbetonio



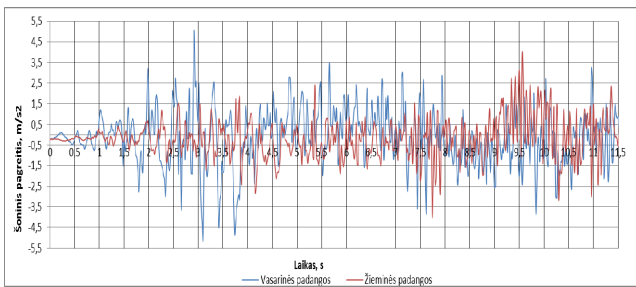
6 pav. Automobilio šoniniai pagreičiai stabdant ant asfaltbetonio



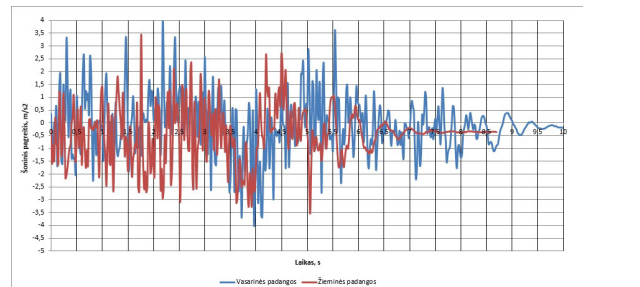
3 pav. Automobilio išilginiai pagreičiai įsibėgėjant ant žvyro dangos



7 pav. Automobilio išilginiai pagreičiai stabdant ant žvyro dangos



4 pav. Automobilio šoniniai pagreičiai įsibėgėjant ant žvyro dangos



8 pav. Automobilio šoniniai pagreičiai stabdant ant žvyro dangos

2 lentelė. Stabdymo bandymų rezultatai

	Padangos	Stabdymo laikas, s	Stabdymo kelias, m	Vidutinis lėtėjimo pagreitis, m/s^2	Pagreičio augimo laikas, s
Stabdymas ant asfaltbetonio nuo 80 km/h iki pilno sustojimo	Vasarinės padangos	3,12	34,4	7,99	0,6
	Žieminės padangos	3,3	38,0	7,76	0,5
Stabdymas ant žvyro dangos nuo 80 km/h iki pilno sustojimo	Vasarinės padangos	6,08	69,32	3,49	0,5
	Žieminės padangos	5,36	57,75	3,91	0,6

Pagal 1 pav. grafiką matyti, kad maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjimo metu $4,54 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $4,18 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjant iki 80 km/h yra 8% didesnis negu žieminių padangų.

Pagal 3 pav. pateiktą grafiką matyti, kad maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjimo metu $5,47 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $4,73 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjant iki 80 km/h yra 13,5% didesnis negu žieminių padangų.

Kitas bandymas buvo atliekamas ant asfaltbetonio ir buvo stabdoma nuo 80 km/h iki pilno sustojimo, išanalizavus ir sulyginus gautus duomenis buvo gauti tokie rezultatai, kurie pateikiami toliau esančioje 2 lentelėje ir 5, 6, 7, 8 pav.

Pagal 5 pav. grafiką matyti, kad maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdymo metu $9,48 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $8,63 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdant nuo 80 km/h iki pilno sustojimo yra 9% didesnis negu žieminių padangų.

Pagal 7 pav. grafiką matyti, kad maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdymo metu $9,13 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $9,29 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdant nuo 80 km/h iki pilno sustojimo yra 2% didesnis negu žieminių padangų.

Išvados

Atlikus eksperimentinius automobilio su žieminėmis ir vasarinėmis padangomis įsibėgėjimo ir stabdymo matavimus ir išanalizavus gautus duomenis, formuluojamos išvados:

1) Automobilis su vasarinėmis padangomis ant asfaltbetonio įsibėgėja $0,16 \text{ s}$ lėčiau, negu su žieminėmis padangomis ir su žieminėmis padangomis įsibėgėjimo kelias trumpesnis $3,3 \text{ m}$.

2) Automobilis su vasarinėmis padangomis ant žvyro dangos įsibėgėja $0,66 \text{ s}$ lėčiau, negu su žieminėmis padangomis ir su žieminėmis padangomis įsibėgėjimo kelias trumpesnis $2,3 \text{ m}$.

3) Automobilis su vasarinėmis padangomis stabdant iki pilno sustojimo ant asfaltbetonio sustoja $0,18 \text{ s}$ greičiau ir vasarinių padangų stabdymo kelias $3,6 \text{ m}$ trumpesnis negu žieminių padangų.

4) Automobilis su vasarinėmis padangomis stabdant iki pilno sustojimo ant žvyro dangos sustoja $0,72 \text{ s}$ lėčiau ir vasarinių padangų stabdymo kelias $11,57 \text{ m}$ ilgesnis negu žieminių padangų.

5) Maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjimo metu ant asfaltbetonio yra $4,54 \text{ m/s}^2$, o žie-

minių padangų $4,18 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjant iki 80 km/h yra 8% didesnis negu žieminių padangų.

6) Maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjimo metu ant žvyro dangos yra $5,47 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $4,73 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis įsibėgėjant iki 80 km/h ant žvyrinės dangos yra 13,5% didesnis negu žieminių padangų.

7) Maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdymo metu ant asfaltbetonio yra $9,48 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $8,63 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdant nuo 80 km/h iki pilno sustojimo yra 9% didesnis negu žieminių padangų.

8) Maksimalus vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdymo metu ant žvyro dangos yra $9,13 \text{ m/s}^2$, o žieminių padangų $9,29 \text{ m/s}^2$. Taigi vasarinių padangų išilginis pagreitis stabdant ant žvyrinės dangos nuo 80 km/h iki pilno sustojimo yra 2% mažesnis negu žieminių padangų.

Literatūra

- Basset M. and Gissinger G., Canudas de W. C., Tsiotras P., Velenis E. 2002. Dynamic friction models for tire/road longitudinal interaction. *Vehicle System Dynamics*. Draft Article. October 14 2002.
- Cho J. R., Choi J. H., Yoo W. S., Kim G. J., Woo J. S. 2006. Estimation of dry road braking distance considering frictional energy of patterned tires. *Finite Elements in Analysis and Design* 42: 1248 – 1257.
- Grundström U., Nano M. *Analysis of Vehicle Behavior to Find Criteria for Steering Robot Tests*.
- Heinrich G., Kluppel M. *Rubber friction, tread deformation and tire traction*.
- Yong L., Shuguang Z., Lei L., Xianwu Y. and Xudong W. 2011. Characteristics analysis of lateral vibration of tire tread. *Journal of vibration and control* 17 (14): 2095 – 2102.
- Lee D.J., Park Y.S. 2011. Sliding-Mode-Based parameter identification with application to tire pressure and tire road friction. *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 12, No. 4: 571–577.
- Pearce M. J., Hanlon J. T. *Energy conservation from systematic tire pressure regulation*. Department of Physics, 106 Peirce Science Center, Clarion University of Pennsylvania, Clarion 16214, PA, USA.
- Zebala J., Ciepka P., Reza A., Janczur R. 2007. Influence of rubber compound and tread pattern of retreaded tyres on vehicle active safety. *Forensic Science International* 167: 173–180.