

MOTOCIKLO STABDYMO EFEKTYVUMO PRIKLAUSOMYBĖ NUO SLĖGIO PADANGOSE IR BENDROSIOS MASĖS

Linas MIKELIONIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el.paštas linas.mikelionis@vdu.lt

Algirdas JANULEVIČIUS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el.paštas algirdas.janulevicius@vdu.lt

Santrauka

Straipsnyje pateikiamas motociklo stabdymo efektyvumo tyrimas. Tyrimo metu buvo keičiama motociklo bendroji masė ir slėgis padangose. Didinant motociklo bendrąją masę buvo siekiama imituoti motociklo vairuotoją su papildomu krovinio gale. Slėgis padangose buvo mažinamas nuo vardinių 2 bar iki 0,5 bar. Tyrimo rezultatai parodė, kad didėjant motociklo bendrajai masei, mažėja jo lėtėjimo pagreitis. Taip pat analizuojant slėgio padangose įtaką, pastebėta, kad mažėjantis slėgis padangose sąlygoja geresnį sukibimą su kelio danga, dėl ko stabdymas yra efektyvesnis, tačiau bandymai buvo atliekami stabdant ne maksimalia stabdymo jėga, todėl esant mažesniai nei 1 bar slėgiui padangose, lėtėjimo pagreitis mažėjo, o ne tendencingai didėjo.

Reikšminiai žodžiai: stabdymas, stabdymo efektyvumas, stabdžiai, slėgis padangose, motociklas.

Įvadas

Kalbant apie eismą, vienas iš pagrindinių eismo taisyklių tikslų – užtikrinti eismo dalyvių saugumą. Tam yra visas kompleksas taisyklių eismo dalyviams ir reikalavimai transporto priemonėms. Eismo saugumo požiūriu svarbu, kad visi eismo dalyviai, susidarius avarinei ar pavojingai kelio eismo situacijai, adekvačiai ir laiku, nesukeldami grėsmės eismo saugumui kitų eismo dalyvių atžvilgiu, imtųsi transporto priemonės valdymo veiksmų, t. y. stabdymo arba manevravimo, kad išvengtų eismo įvykio (Levulytė, 2016). Vienas iš svarbiausių transporto priemonės saugumo parametrų yra gebėjimas greitai sustoti.

Stabdžiai yra komponentų junginys, kuris trinties pagalba absorbuoja transporto priemonės kinetinę energiją (Kudrauskas, 2017). Pats stabdymo efektyvumas priklauso ne tik nuo transporto priemonės greičio, bet ir nuo aplinkos, tai yra kelio dangos, kliūčių, oro sąlygų. Kitas svarbus momentas stabdymo efektyvumui yra pačios transporto priemonės būklė, t. y. kokia jos bendroji masė, ar transporto priemonė nėra perkrauta, taip pat padangų būklė, todėl svarbu ne tik jų techninė charakteristika, bet ir tinkamas techninis eksploatavimas – tinkamo slėgio jėse užtikrinimas.

Tyrimo tikslas – iširti, kokią įtaką motociklo stabdymo efektyvumui daro slėgio pokyčiai padangose ir bendrosios masės kitimas.

Tyrimo uždaviniai

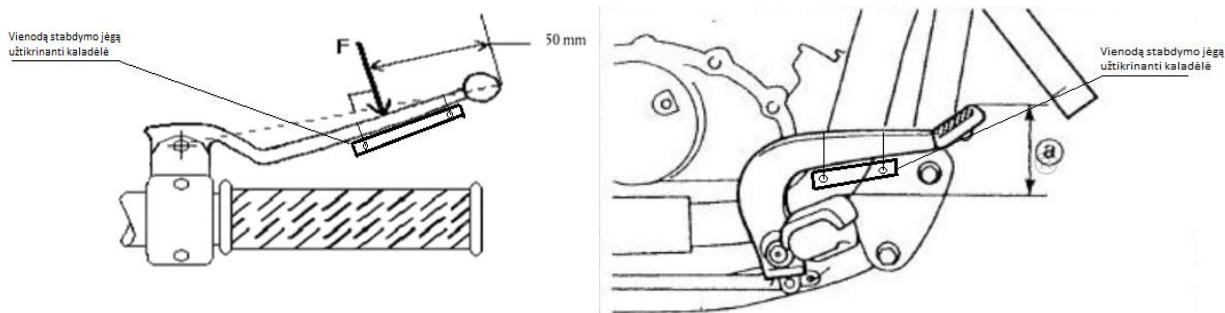
1. Išmatuoti motociklo lėtėjimo pagreičio priklausomybę nuo slėgio padangose ir įvertinti jo įtaką stabdymui;
2. Išmatuoti lėtėjimo pagreičio priklausomybę nuo bendrosios motociklo masės ir įvertinti jos įtaką stabdymui.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimams buvo pasirinktas 2005 metų gamybos motociklas *Yamaha XVS650* su priekinio rato hidrauliniiais diskiniiais stabdžiu mechanizmais ir galinio rato mechaniniais būgniniais stabdžiu mechanizmais. Bandymai buvo atliekami ant sausos ir lygios, su ne didesnio nei 1 proc., nuolydžio (šiuo atveju dangos paviršiaus šiurkštumas nebuvo vertinamas), nepašiurkštintos asfaltbetonio kelio dangos, orientacinis sukibimo koeficientas 0,88. Bandomosios važiavimo juostos plotis ne mažesnis nei 2,5 m. Aplinkos temperatūra $15 \pm 5^\circ\text{C}$. Vėjo greitis ne didesnis nei 5m/s. Važiavimo greičio iki stabdymo pradžios nuokrypis ± 5 km/h.

Tiek stabdžių pedalui, tiek rankinio valdymo svirties pagamintos skirtingų dydžių kaladėlės, kurios pritvirtintos ir neleidžia iki galo nuspausti svirties (1 pav.), kad ratai nebūtų visiškai užblokuoti. Šios kaladėlės bandymų metu užtikrino, kad pedalas ir svirtis būtų spaudžiama vienodomis jėgomis, taip pat neleido ratams užsiblokuoti iki galo.

Spaudžiant priekinio rato stabdymo svirtį, jėga *F* veikia valdymo svirties paviršių statmenai svirties atramos taško ir jos tolimiausio taško, esančio plokštumoje, ant kurios sukasi valdymo svirtis. Jėga veikia tašką, esantį 50 mm atstumu nuo tolimiausio valdymo svirties taško, matuojant išilgai ašies tarp svirties atramos taško centrinės ašies ir jos tolimiausio taško (1 pav.). Principinė kaladėlės kojiniui pedalui schema pavaizduota 1 pav., ši kaladėlė neleidžia nuspausti svirties iki galo, taip pat užsiblokuoti ratams ir užtikrina vienodą stabdymo jėgą visų bandymų atvejais.



1 pav. Motociklo stabdymo jėgų sutelkimo taškai ir vietas, prie kurių buvo tvirtinamos vienodą stabdymą užtikrinančios kaladėlės
Šaltinis: Yamaha XVS650 naudotojo instrukcija (2006)

Fig. 1. Indication of motorcycle's braking forces concentration and specific place where uniform braking blocks were attached
Source: Yamahaxvs650 user's manual (2006)

Prieš kiekvieno stabdymo pradžią transporto priemonė buvo pastatoma bandomosios važiavimo juostos pradžioje viduryje, transporto priemonė stabdoma taip, kad jos ratai neužsiblokuotų.

Tyrimo objekto paruošimas bandymams:

- prieš bandymų pradžią buvo atlikta stabdžių pritrynimo procedūra;
- motociklo padangose nustatytas gamintojo rekomenduojamas oro slėgis; (priekinė – 2 bar, galinė – 2 bar);
- pritvirtinamos stabdymo kaladėlės, kurios leis bandymų metu stabdyti vienoda spaudimo jėga.

Motociklo stabdymo bandymų atlikimas:

Važiuojant motociklui 50 km/h greičiu nuspausti stabdymo svirtį:

- a) priekinių stabdžių;
- b) galinių stabdžių;
- c) spausti abi svirtis kartu.

Motociklą stabdyti iki jis visiškai sustos. Stabdymo metu sankabos pamina turi būti nuspausta arba įjungta laisva pavara.

Bandymo sąlyga:

- transporto priemonės masė + vairuotojo masė 95 kg.;
- transporto priemonės masė + vairuotojo masė 95 kg. + 40 kg smėlio maišas, pritvirtintas prie motociklo sėdynės.

Visi bandymai atliekami mažinant slėgį padangose nuo gamintojo rekomenduojamo:

1. 2,0 bar;
2. 1,6 bar;
3. 1,2 bar;
4. 0,8 bar;
5. 0,5 bar.

Kiekvienas bandymas buvo kartojamas po tris kartus. Po kiekvieno bandymo išmatuojamas atstumas nuo stabdymo pradžios iki sustojimo pabaigos.

Pagreičiui matuoti buvo naudojamas prietaisas *AccDriver 211* (2 pav.), pritvirtintas prie motociklo (2 pav.). Prietaisas turi vidinę atmintį ir bandymo duomenis išsaugo automatiškai. Atlikus bandymus duomenys buvo perkelti į personalinį kompiuterį. Po to skaitinės formos duomenys buvo perkelti į *Microsoft Excel* programą ir apdoroti.

Pesto metu naudota įranga *AccDrive 211* (2 pav.) skirta automobilio tiesiniam ir šoniniam pagreičiams matuoti. Įrangoje įmontuoti akcelerometrai bandymo metu fiksavo tiesinio ir šoninio pagreičių duomenis. Duomenys buvo saugomi atminties kortelėje. Naudojant programinę įrangą buvo išvesti tiesinio ir šoninio pagreičių grafikai ir užfiksuotos reikšmės. Prietaisas buvo įjungiamas prieš bandymą, transporto priemonei stovint vietoje. Tyrimui taip pat buvo naudojamas manometras, juosta stabdymo atstumui išmatuoti ir chronometras stabdymo laikui palyginti.



2 pav. Pagreičio matuoklis *AccDrive2011*

Šaltinis: pagreičio matuoklio naudotojo instrukcija

Fig. 2. Acceleration meter *AccDrive2011*

Source: Acceleration meter users manual

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

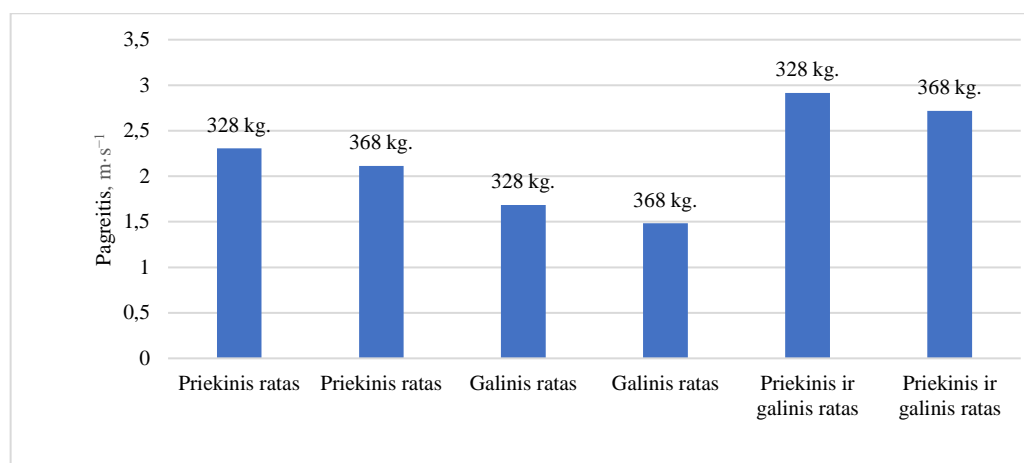
Vertinant lėtėjimo pagreičio priklausomybę nuo transporto priemonės bendrosios masės (3 pav.), esant nominaliam slėgiui 2,0 bar, buvo išmatuoti motociklo lėtėjimo pagreičiai ir jų vidurkiai:

- stabdant motociklą priekinio rato stabdžiu, padidinus bendrąją masę nuo 328 kg iki 368 kg, lėtėjimo pagreitis sumažėjo 9,05 proc.;
- stabdant motociklo galinį ratą, padidinus bendrąją masę nuo 328 kg iki 368 kg, lėtėjimo pagreitis sumažėjo 13,71 proc.;
- stabdant motociklą abiejų ratų stabdžiais, padidinus bendrąją masę nuo 328 kg iki 368 kg, lėtėjimo pagreitis sumažėjo 7,28 proc.

Lyginant motociklo lėtėjimo pagreitį stabdant priekinio rato stabdžiu su lėtėjimo pagreičiu stabdant galinio rato stabdžiu, esant 328 kg (3 pav.) bendrosios masės, galinio rato lėtėjimo pagreitis buvo 36,78 proc. mažesnis, o palyginus rezultatus su padidinta bendrąja mase iki 368 kg, galinio rato lėtėjimo pagreitis buvo mažesnis 42,62 proc.

Lyginant motociklo lėtėjimo pagreitį stabdant priekiniu stabdžiu su lėtėjimo pagreičiu stabdant abu ratus kartu, esant 328 kg (3 pav.) bendrosios masės, lėtėjimo pagreitis buvo mažesnis 26,46 proc., kai buvo stabdoma tik priekiniais stabdžiais. Padidinus bendrąją masę iki 368 kg, lėtėjimo pagreitis, stabdant tik priekinį ratą buvo mažesnis 28,55 proc. nei stabdant ir priekiniais, ir galiniais ratais.

Lyginant motociklo lėtėjimo pagreitį stabdant galiniais stabdžiais su lėtėjimo pagreičiu stabdant abu ratus kartu, esant 328 kg (3 pav.) bendrosios masės, stabdant tik galiniais stabdžiais, lėtėjimo pagreitis buvo 72,97 proc. mažesnis, nei stabdant abiem ratais kartu. O padidinus bendrąją masę iki 368 kg, stabdymas galiniu ratu buvo 83,34 proc. mažesnis nei stabdant abejais stabdžiais.



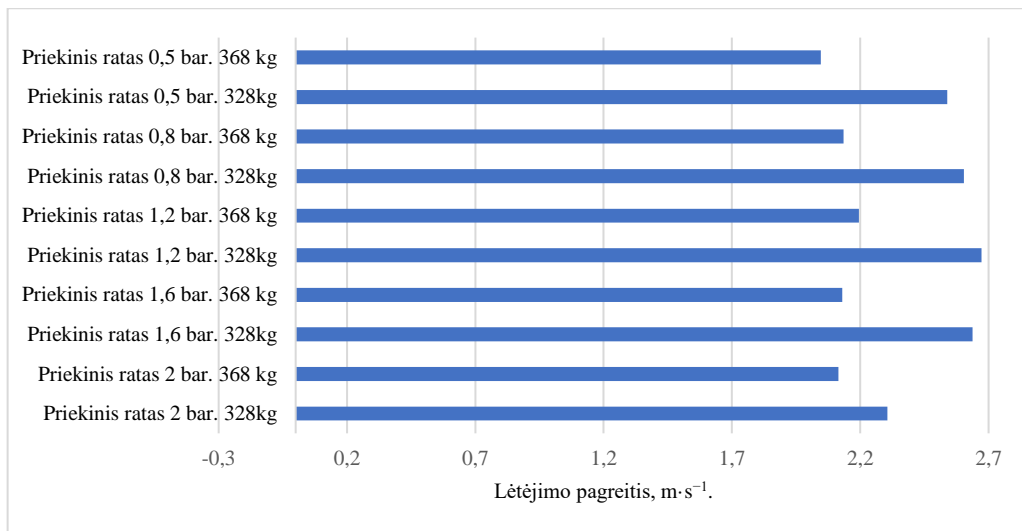
3 pav. Stabdomo motociklo lėtėjimo pagreičio vidurkiai esant nominaliam (2 bar) slėgiui padangose

Fig. 3. Deceleration averages of motorcycle at nominal (2 bar) tire pressure

Lyginant priekinio rato stabdymą esant skirtingiems slėgiams padangose, keičiant bendrąją masę nuo 328 kg iki 368 kg, stabdymas esant (4 pav.):

- 2,0 bar slėgio sumažėjo 9,05 proc.;
- 1,6 bar slėgio sumažėjo 23,78 proc.;
- 1,2 bar slėgio sumažėjo 21,75 proc.;
- 0,8 bar slėgio sumažėjo 22,01 proc.;
- 0,5 bar slėgio sumažėjo 24,04 proc.;

Taigi, padidinus motociklo bendrąją masę 12,20 proc., lėtėjimo pagreitis vidutiniškai sumažėja 20,12 proc. Mažiausias stabdymo mažėjimas buvo esant nominaliam slėgiui.



4 pav. Motociklo pagreičio vidurkiai esant skirtingiems oro slėgiams padangose

Fig. 4. Motorcycle acceleration averages at different tire pressure

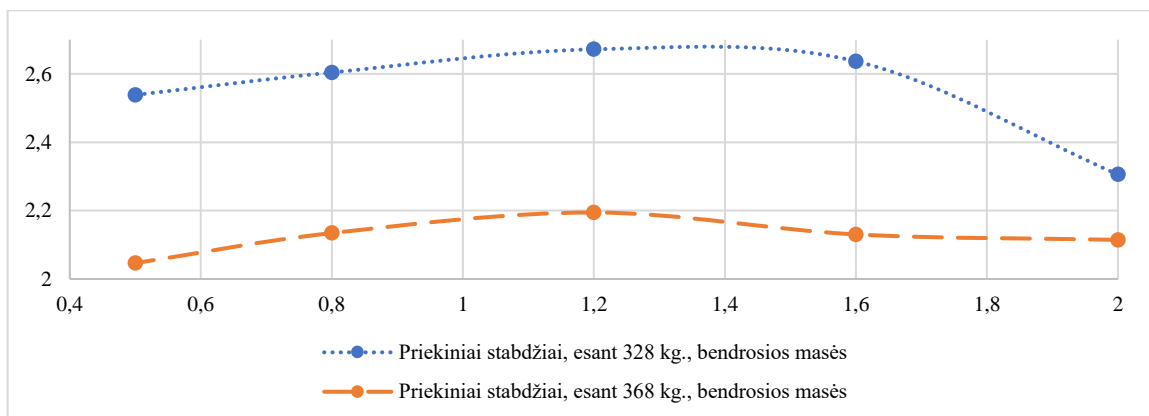
Išmatavus priekinių stabdžių lėtėjimo pagreitį esant 328 kg (5 pav. punktyrinė linija) bendrajai masei, lėtėjimo pagreičio žemiausia vertė, esant 2 bar slėgiui, buvo $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Didžiausia stabdymo vertė gauta, esant 1,2 bar slėgiui, buvo $2,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- Sumažinus slėgį padangose nuo 2 bar iki 1,6 bar., lėtėjimo pagreitis padidėjo 14,36 proc.;
- Sumažinus slėgį padangose iki 1,2 bar, stabdymas padidėjo 1,32 proc.;
- Sumažinus slėgį padangose iki 0,8 bar, pagreitis sumažėjo 2,60 proc.;
- Sumažinus slėgį padangose iki 0,5 bar, lėtėjimo pagreitis sumažėjo dar 2,59 proc.

Matuojant priekinio rato stabdymą su papildomu svoriu – 368 kg (5 pav. brūkšninė linija) bendrosios masės, mažiausia stabdymo vertė gauta ties 0,5 bar slėgio – $2,04 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, o didžiausia – ties 1,2 bar – $2,19 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- Sumažinus slėgį padangose nuo 2 bar iki 1,6 bar, stabdymas padidėjo 0,75 proc.;
- Sumažinus slėgį padangose iki 1,2 bar, lėtėjimo pagreitis padidėjo 2,92 proc.;
- Sumažinus slėgį padangose iki 0,8 bar, lėtėjimo pagreitis sumažėjo 2,82 proc.;
- Slėgį padangose sumažinus iki 0,5 bar, lėtėjimo pagreitis sumažėjo 4,29 proc.

Grafike matyti tendencija, kad lėtėjimo pagreitis didėja tik sumažinus slėgį padangose iki 1,2 bar ribos, vėliau lėtėjimas mažėja.



5 pav. Motociklo stabdomo priekinio rato stabdžiais lėtėjimo priklausomybė nuo slėgio padangose, esant skirtingai bendrajai masei (lentelėje po kg nubraukti tašką ir kablelį)

Fig. 5. Dependence of motorcycle's front wheel deceleration on tire pressure at different total mass

Išvados

1. Tyrimai parodė, kad palapsniui mažinant slėgį padangose, lėtėjimo pagreitis palapsniui didėja. Tačiau matyti tendencija, kad nuo tam tikro slėgio, t. y. 1,2 bar, lėtėjimo pagreitis pradeda mažėti. O esant didesnei bendrajai masei (368 kg), gaunama mažesnė vertė nei nominalaus slėgio atveju. Taigi esant mažesniai slėgiui, stabdymo efektyvumas didėja, kol rato su keliu sukibimo jėga neviršija stabdymo jėgos, sutelktos į stabdomąjį ratą. Norint įvertinti, kokią maksimalią lėtėjimo pagreičio vertę gali suteikti slėgio mažinimas padangose, reikėtų motociklą stabdyti maksimalia stabdymo jėga.

2. Tyrimo rezultatai rodo, kad padidinus bendrąją motociklo masę 12,20 proc., priekinių ratų lėtėjimo pagreitis mažėja vidutiniškai 20,12 proc. Taigi didėjant bendrajai motociklo masei, stabdymo efektyvumas mažėja. Taip pat pastebimas aiškus stabdžių efektyvumo pasiskirstymas, geriausi stabdymo rodikliai gaunami, kai stabdymas atliekamas stabdant abu ratus kartu, toks stabdymas yra vidutiniškai 27,50 proc. efektyvesnis, lyginant su stabdymu tik priekiniais stabdžiais, o lyginant su stabdymu tik galiniais stabdžiais, toks stabdymas yra geresnis 78,15 proc. Taigi siekiant maksimalaus efektyvumo motociklo stabdymas turėtų būti inicijuojamas į abu ratus kartu.. Norint įvertinti maksimalų stabdymo efektyvumą keičiant motociklo bendrąją masę, reikėtų bandymus atlikti stabdant maksimalia stabdymo jėga.

3. Šie tyrimai parodė, kad motociklui stabdyti optimalus slėgis padangose yra 1,2–2 bar. Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigi, kad dėl mažesnio slėgio padangose (>1 bar) sumažėja motociklo stabdymo efektyvumas.

Literatūra

1. Levulytė L. 2016. Motociklo stabdymo efektyvumo tyrimas. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 2016, 8.5: P. 519–525.
2. Kudrauskas N. 2007. Lengvojo automobilio vidutinio lėtėjimo pagreičio nustatymas iš eksperimentinių duomenų. *Mokslas – Lietuvos ateitis*, 2007, 10 P. 52–57.
3. Naudotojo instrukcijų talpykla. Yamaha XVS650 naudotojo instrukcija Prieiga per internetą: <https://www.manualslib.com/manual/833178/Yamaha-Xvs650.html> (žiūrėta 2022-10-15).

DEPENDENCE OF MOTORCYCLE BRAKING EFFICIENCY ON TIRE PRESSURE AND TOTAL MASS

Summary

This article presents the study results of an examining motorcycle braking efficiency. The study has examined the effects of two variables: the total weight of the motorcycle and the pressure in tires. By increasing the overall mass of the motorcycle, the aim was to replicate a real-life situation of a rider carrying additional load on the motorcycle tail. With regards to tire pressure, it was reduced from the nominal 2 bar to 0.5 bar.

The results of the study showed that when the total mass of the motorcycle increases, its deceleration decreases. When analysing the influence of tire pressure, it was observed that decreasing tire pressure leads to better adhesion to the road surface, which makes braking more efficient. However, it should be noted that the tests were performed not at the maximum braking force. Consequently, when the tire pressure was less than 1 bar, the decrease in acceleration was observed instead of steady increase.

Keywords: braking, braking efficiency, brakes, pressure in the tyres, motorcycle.