



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

AUTOMOBILIO SU PRIEKABA STABILUMO TYRIMAS

Gintautas Norkus

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: gintautas.norkus@gmail.com

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjama automobilio su priekaba judėjimo stabilumas. Atliktas natūrinis, dvigubo persirikiavimo, eksperimentas. Eksperimento metu gauti duomenys analizuojami. Naudojant *CarSim* programą sukurtas kompiuterinis automobilio su priekaba modelis. Kompiuterinės programos pagalba atkurtas dvigubo persirikiavimo eksperimentas. Kompiuterinio ir natūrinio eksperimento duomenys sulyginami. Pateikiamos išvados.

Reikšminiai žodžiai: automobilis su priekaba, dvigubo persirikiavimo manevras, *CarSim* programa.

Įvadas

Lengvieji automobiliai vieni iš labiausiai paplitusių transporto priemonių rūšių. Su jais galima saugiai greitai ir pigiai nuvykti į reikiamą vietą norimu metu. Taip pat jie skirti ne tik keleiviams bet ir kroviniams gabenti. Dažnai, žmonės, norėdami lengvuoju automobiliu pervežti daugiau krovinų vienu kartu, naudoja priekabą. Priekabą arba puspriekabę patogiu naudoti kai reikia pervežti didesnius ar sunkesnius krovinus, kurie netelpa į lengvąjį automobilį.

Dažnai automobilis su priekaba eksploatuojamas pažeidžiant saugaus eismo taisykles: neteisingas krovinio išdėstymas, nepritvirtintas krovinys, per didelis greitis.

Mokslininkai atlieka įvairius eksperimentus, bei modeliuoja eismo įvykius, kad sužinotų kas lemia nelaimingus atsitikimus keliuose.

Kalifornijos universiteto mokslininkų nagrinėja automatinę vilkiko su puspriekabe valdymo sistemą greitkelyje. Yra pasiūlomas modeliavimo metodas tirti transporto priemonės poslinkį, posvyrį ir pokrypį. Koordinacių sistema tiksliai apibrėžiama transporto priemonės tiesiaeigį ir šoninį judėjimą. Buvo pasiūlyti netiesinio judėjimo modelis (Chen, Tomizuka 1995).

Vilkiko su priekaba skirta gabenti skysčiams tyrimą atliko (Goru 2007). Tokios cisternos, kurios nėra pilnai užpildytos, gali labai greitai ir lengvai apsiversti. Vilkikas su cisterna važiuodamas posūkyje ar manevruodamas turi mažesnę virtimo ribą nei kitos transporto priemonės, nes skysčio masės centras yra nepastovus ir nuolat kintantis. Skystį modeliuoti kaip švytuoklę yra vienas iš paprasčiausių ir efektyviausių būdų. Tyrėjas skystį modeliavo su tuo metu naujai išleista *DynaFlexPro* (DFP) ir

DynaFlexPro/Tire programas. Tyrė kaip cisternoje esantis skystis juda stabdymo ir posūkio metu.

Nagrinėjant automobilio judėjimą posūkyje esant slidžiai ir snieguotai su asfaltuotomis provėžomis kelio dangai, labai svarbu atsižvelgti į automobilių skersiniais ir išilginiais pagreičiais, automobilių judėjimo dinamika (Kemzūraitė *et al.* 2011).

Šiame darbe pasirinktas eksperimentas, kuriame vairuotojas valdantis automobilį su priekaba turi atlikti dvigubo persirikiavimo (linijos keitimo) manevrą. Šis eksperimentas atkuria lenkimo manevrą, kuris dažniausiai pasitaiko važiuojant keliuose. Eksperimentas yra gana pavojingas. Nagrinėjami eksperimento metu gauti duomenys, jie analizuojami ir palyginimas su kompiuterinio modelio duomenimis.

Natūrinis eksperimentas

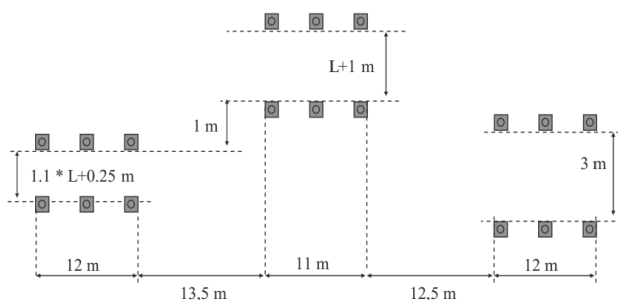
Dvigubo persirikiavimo eksperimentą reikia atlikti laikantis ISO standartų (ISO 3888 double lane-change test). Šis testas skirtas nustatyti automobilio valdymo charakteristikoms, taip pat pakrauta automobilio masė neturi viršyti 3500 kg. Vairuotojas kuris atliks eksperimentą turi būti patyręs (turi turėti patirties atliekant panašius testus). Taip pat vairuotojas turi patvirtinti, kad transporto priemonė saugi atlikti bandymus. Kelio ruožas, kuriame bus bandomieji važiavimai, turi būti asfaltuotas, lygus. Eksperimento metu kelyje neturi būti pašalinių eismo dalyvių, ar pašalinių kliūčių. Turi būti minimalus eksperimentą atliekančių žmonių skaičius.

Dvigubo linijos keitimo kelio parametrai nustatyti pagal ISO tarptautinius standartus pateikti 1 lentelėje.

Važiavimo dalis turi būti pažymėta kūgiais kiekvieno kūgio vieta parodyta važiavimo ruožo schemoje (1 pav.).

1 lentelė. Kelio ilgio ir pločio parametrai

Atkarpa	Atkarpos ilgis	Atkarpos plotis
1	12,0 m	1,1 × automobilio plotis plus 0,25 m
2	13,5 m	
3	11,0 m	automobilio plotis plus 1,0 m
4	12,5 m	
5	12,0 m	3,0 m
Linijos praplėtėjimas 3,5 m		



1 pav. Važiavimo ruožo schema (L automobilio plotis metrais)

Eksperimento metu naudojamas akcelerometras AX22. Juo puikiai galima išmatuoti automobilio greitį, išilginį pagreitį, šoninį pagreitį. Jis tai pat yra susietas su palydovu, todėl galima nustatyti automobilio judėjimo trajektoriją.

Eksperimente naudojamas Megane Scenic 1,9 DTi RT vienatūris automobilis ir priekaba „Taurus“. Automobilio ir priekabos techniniai duomenys pateikti 4 ir 5 lentelėje.

Bendra automobilio masė apskaičiuojama pagal formulę:

$$m = m_z + m_k, \tag{1}$$

čia: m_z – automobilyje esančių žmonių masė; m_k – krovinių masė.

Kadangi eksperimento metu automobiliu važiuoja du žmonės, kurių kiekvienas sveria po 80 kg, tai bendra automobilio masė:

$$m_b = 1375 + 80 + 80 = 1535 \text{ kg}.$$

Bandymai atliekami nuošalioje vietoje, kur nėra intensyvus pėsčiųjų ir automobilių eismas. Taip pat bandymo trasa turi būti pakankamai plati, kad automobiliui nuslydus į šoną, išsilaikytu trasoje.

$$H \geq 1,1 \cdot L + 0,25 + 1 + L + 1, \tag{2}$$

$$H = 1,1 \cdot 1,719 + 1,719 + 2,25 = 5,86 \text{ m}.$$

Trasos ilgis turi būti ne mažesnis nei, atstumas reikalingas automobiliui išbėgėti iki eksperimente numatyto greičio ir atstumui atlikti dvigubo persirikiavimo manevrui, bei automobilio sustabdymui.

$$L_i > 12 + 13,5 + 11 + 15,5 + 12 = 64 \text{ m}.$$

Parenkama trasa, kuri yra Telšių rajone, kelio 4615 pabaigoje. Atkarpos ilgis, kuriame atliekamas eksperimentas, $L_i \geq 200$ m. Šis kelias asfaltuotas, iš abiejų pusių yra geras matomumas, o ruožo viduryje padarytas praplėtėjimas.

Eksperimentas atliekamas trim būdais:

- Automobilis su tuščia priekaba;
- Automobilis be priekabos;
- Automobilis su pakrauta priekaba (300 kg).

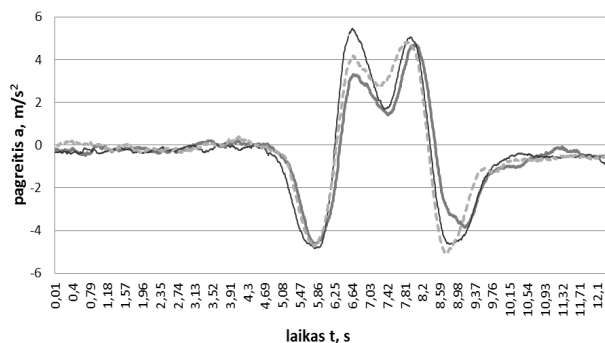
Pradžioje vairuotojas turi išmėginti trasą, todėl atliekami testiniai važiavimai. Tuo metu patikrinama ar matavimo prietaisas gerai veikia, ir susipažįstama su trasa, bei automobilio techninėmis galimybėmis. Visos trasos įveikimo metu stengiamasi palaikyti pastovų 40 km/h greitį.

Kiekvienas eksperimentinio važiavimo būdas (metodas) atliekamas tris kartus, o prireikus ir daugiau kartų. Pabaigus visus važiavimus trasa nėra išardoma tol, kol neįsitikinama, kad visi duomenys įrašyti į saugojimo laikmeną.

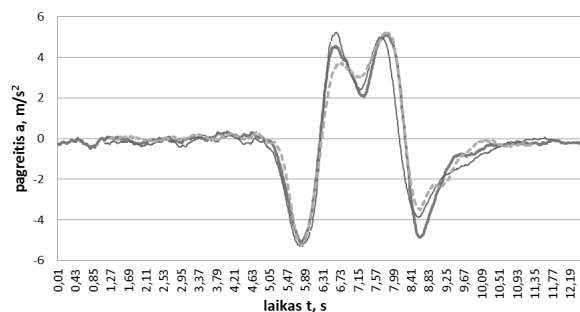
Eksperimento duomenų apdorojimas ir analizė

Atlikus eksperimentą gauta nemažai duomenų. Eksperimento metu naudojamas *Race-Technology* prietaisas AX22, kuris kiekvieno važiavimo metu matuoja šoninius ir išilginius pagreičius, automobilio greitį, bei važiavimo trajektoriją. Visi gauti duomenys perkeliama iš AX22 prietaiso į kompiuterį. Pasitelkus *RaceTechnologyV7* programą važiavimo duomenys konvertuojami ir perkeliama į *MS Excel* programa. Kiekvienam važiavimui paliekamas tik tas laiko intervalas, kuriame vyksta dvigubo persirikiavimo manevras. Visi važiavimai sugretinami vienas su kitu pagal pirmąjį posūkį (pirmas didžiausias šoninis pagreitis). Nors ir eksperimento metu buvo norima palaikyti pastovų 40 km/h greitį, tačiau matavimo prietaiso duomenys parodė, kad vidutinis važiavimo greitis, įveikiant trasą, 37 km/h.

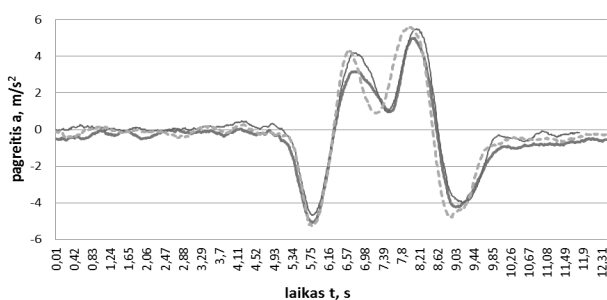
Iš grafikų (2 pav., 3 pav., 4 pav.) matyti, kad šoninis pagreitis kiekvienu važiavimo atveju skiriasi. Šie skirtumai nėra dideli, todėl galima teigti, kad jie atsirado dėl nevienodo greičio ar trajektorijos išlaikymo įveikiant trasą.



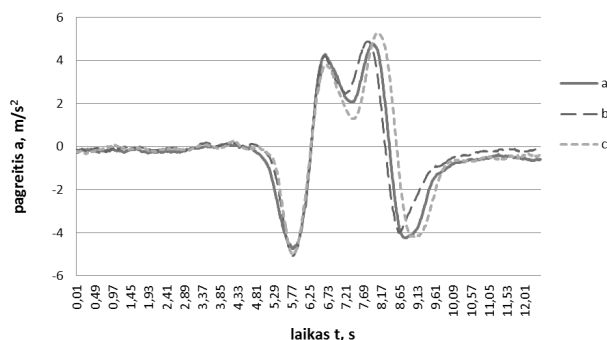
2 pav. Šoninio pagreičio priklausomybė nuo laiko, atliekant dvigubo persirikiavimo manevrą (automobilio su nepakrauta priekaba, važiavimo greitis 37 km/h)



3 pav. Šoninio pagreičio priklausomybė nuo laiko, atliekant dvigubo persirikiavimo manevrą (automobilio be priekabos, važiavimo greitis 37 km/h)



4 pav. Šoninio pagreičio priklausomybė nuo laiko, atliekant dvigubo persirikiavimo manevrą (automobilio su pakrauta priekaba, krovinio svoris 300 kg, važiavimo greitis 37 km/h)



5 pav. Automobilio vidutiniai šoniniai pagreičiai, kai važiavimo greitis 37 km/h (a – automobilis su nepakrauta priekaba; b – automobilis be priekabos; c – automobilis su pakrauta priekaba)

Iš 5 pav. grafiko matyti nedidelis šoninių pagreičių skirtumas. Jis prasideda įveikus pirmąjį posūkį (nuo tramos trečio ruožo) ir tęsiasi iki pat tramos pabaigos. Didžiausias automobilio šoninis pagreitis, važiuojant 37 km/h greičiu, pasiekiamas, kai automobilis tempia priekabą su krovinium (300 kg).

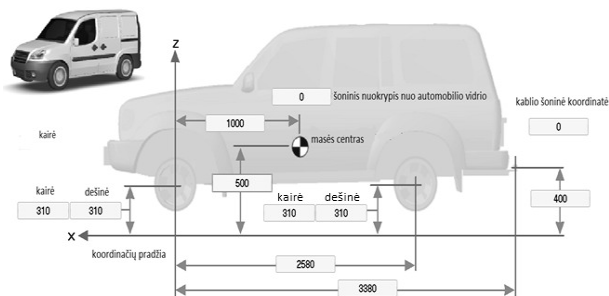
Kompiuterinio modelio kūrimas CarSim programa

Kadangi eksperimente naudojamas lengvasis viena-tūris automobilis Renault Megane Scenic, tai kuriant kompiuterinį modelį paimamas europietiškas autobusiukas (European Van) ir keičiami jo techniniai parametrai (6 pav.). Į sistemą įrašomi kiekvieno rato spindulys, atstumas iki masės centro, automobilio bazė, kablo geometrinė padėtis. Matmenys surašomi milimetrais. Taip pat, norint paskaičiuoti inercijos momentą I_{xx} , I_{yy} , I_{zz} ,

reikia žinoti automobilio masę ir jos atstumą iki kiekvienos koordinatinių ašies. Inercijos momentas užrašomas formule:

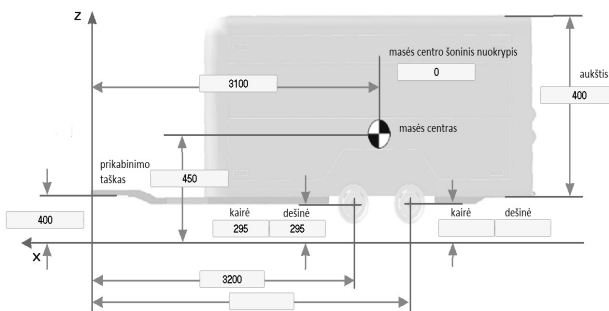
$$I = M \cdot R^2, \quad (3)$$

čia: M – automobilio masė, kg; R – atstumas nuo ašies iki masės centro, m.



6 pav. Automobilio geometriniai parametrai

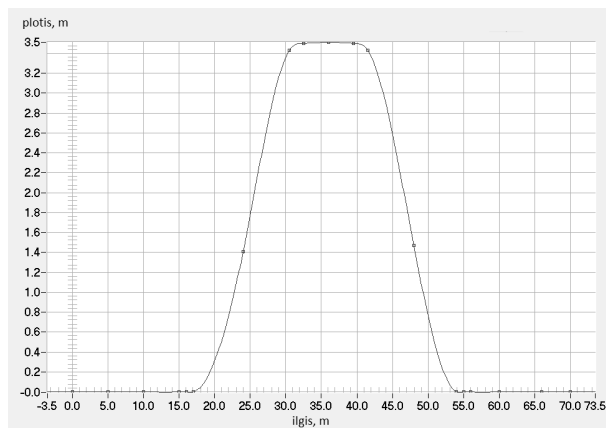
Atitinkamu būdu sumodeliuojama ir vienašė priekaba (7 pav.).



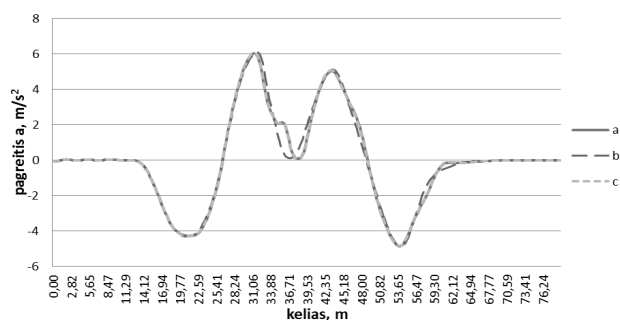
7 pav. Priekabos geometriniai parametrai

Kai sukurtas automobilio su priekaba junginio modelis, nubraižoma trasa (trajektorija), kuria bus atliekami važiavimai (8 pav.). Trasa turi būti tokia pat, kokia važiuo automobilis eksperimento metu.

Suvedus visus žinomus automobilio, priekabos, priekabos krovinio, bei tramos parametrus į CarSim programą, galima sumodeliuoti eksperimento metu atliktus važiavimus.



8 pav. Automobilio važiavimo trajektorija



9 pav. Automobilio šoniniai pagreičiai modeliuojant su *CarSim* programa, kai važiavimo greitis 37 km/h (a – automobilis su nepakranta priekaba; b – automobilis be priekabos; c – automobilis su pakranta priekaba)

Iš 9 pav. matyti, kad automobilio šoninis pagreitis a ir c atvejais yra labai panašūs. Kai automobilis važiuoja vienas pats (be priekabos), tai šoninio pagreičio kreivė tolygi, automobilis išlieka stabilus, o keleiviai nepatiria diskomforto.

Literatūra

- Chen, C.; Tomizuka, M. 1995. Dynamic Modeling of Tractor-Semitrailer Vehicles in Automated Highway Systems. California, 24 p. Interaktyvus: <<http://www.path.berkeley.edu/PATH/Publications/PDF/PWP/95/PWP-95-08.pdf>>.
- Goru, V. 2007. Analysis of the Potential of DynaFlexProas a Modeling Software by its Application in the Roll Stability of Heavy-Duty Elliptical Tankers using Trammel Pendulum to Simulate Fluid Sloshing. Prancūzija. 92 p. Interaktyvus: <http://www.tara.tcd.ie/bitstream/2262/11018/1/emme_thesis_-_venu_gopal_goru.pdf>.
- ISO 3888-2:2011 Test track for a severe lane-change manoeuvre. Interaktyvus: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=57253.
- Kemzūraitė, K.; Mikaliūnas, Š.; Sokolovskij, E.; Garbinčius, G. 2011. Automobilio judėjimo posūkyje tyrimas žiemos sąlygomis, 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „MOKSLAS – LIETUVOS ATEITIS“ [Science – Future of Lithuania] 3(6): 25–28p. Interaktyvus: <<http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/view/mla.2011.105>>.

Išvados

1) Buvo atliktas dvigubo persirikiavimo (linijos keitimo) eksperimentas. Naudojant AX22 prietaisą gauti eksperimento metu atliktų važiavimų greičiai, šoniniai pagreičiai, bei kelio įveikimo trajektorija. Apdoroti kompiuterinėmis programomis ir pateikti grafiškai.

2) Iš eksperimento metu surinktų duomenų, pasitelkus *CarSim* programą, sukurtas kompiuterinis modelis. Atlikta kompiuterinė, dvigubo persirikiavimo manevro, simuliacija, rezultatai pateikti grafiškai.

3) Ir kompiuterinio, ir eksperimentinio modelio atvejais, prie 37 km/h greičio, šoninis pagreitis svyruoja panašiai. Jo reikšmės kinta nuo – 5 iki 6 m/s². Galima sakyti, kad kompiuterinis modelis atitinka realias važiavimo sąlygas. Todėl, galima sakyti, kad kompiuterinis modelis atitinka realias važiavimo sąlygas. Taupant laiką ir lėšas, bei norint išvengti nelaimingų nutikimų, tolesni tyrimai bus atliekami tik kompiuterinių modelių pagalba.