



21-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2018 m. gegužės 4-5 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 4-5 May 2018, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 21-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 4-5 мая 2018 г., Вильнюс, Литва

VILKIKŲ VILKSTINĖS DINAMINIS TYRIMAS

Agnius Dragūnas

*Vilniaus Gedimino Technikos universitetas, Mobilijų mašinų ir geležinkelių transporto katedra,
El. paštas: agnius.dragunas@stud.vgtu.lt*

Santrauka. Sunkvežimių grupavimas yra intensyviai studijuojamas, kad būtų sumažinta emisija ir taupoma energija. Žinoma, kad laikantis mažesnio atstumo nuo priekyje važiuojančio sunkvežimio, sumažėja degalų sąnaudos. Dažnai šį būdą taiko vairuotojai, tačiau tai fiziškai vargina patį vairuotoją ir padidina tikimybę įvykti eismo įvykiui. Taikant vilkikų organizavimą į autonominius būrius keičiasi vilkikų dinamika, dėl to sumažėja oro pasipriešinimas visiems vilkikams esantiems grupėje, o taip pat ir kuro sąnaudos. Sugrupuoti į koloną sunkvežimiai užima mažiau važiuojamosios kelio dalies ir yra ekonomiškėsi (De Schutter *et al.* 1999). Taip pat, valdant automobilių grupes automatizuotomis sistemomis sumažėtų eismo įvykių skaičius ir tikėtina, kad sumažėtų eismo spūstys.

Reikšminiai žodžiai: sunkvežimis, vilkstinė, autonominis valdymas, aerodinamika, vilkstinės parametrai.

Įvadas

Šiais laikais krovinių transporto industrija kelia ypač rimtus iššūkius – krovinių pervežimo transportas išaugo ir toliau auga, kaip ir pasaulio ekonomika. Tačiau tuo pačiu metu automobilių išmetamųjų dujų kiekis pradėtas griežtai riboti. 2012 metais 1,6 bilijonų kilometrų buvo įveikta transportuojant krovinius, iš jų 75,1% buvo transportuojama keliais (18,2% geležinkeliais ir 6,7% vandens transportu). Remiantis Eurostat 2014 duomenimis, nuo 1990 m. iki 2011 m. šiltnamio efektas buvo sumažintas 17%, tačiau krovinių transporto sektoriuje išmetamųjų dujų kiekis padidėjo 21%. Europoje vilkikų išmetama emisija sudaro 20% viso CO₂ ir tai yra problema, kurią reikia spręsti. Vienas iš būdų – vilkikų išmetamųjų dujų mažinimas jiems važiuojant grupėmis.

Kelių transporto priemonių organizavimas į autonominius būrius turi privalumą keliais atvejais, įskaitant mažesnes sunkiųjų transporto priemonių degalų sąnaudas, didėjančias kai kurių transporto priemonių automatines galimybes (didžiąją transporto priemonės valdymo dalį kontroliuoja kompiuteris) ir didėjančią saugumą važiuojant keliu.

Kontroliavimo tikslas – būryje išlaikyti trumpus atotrūkius tarp transporto priemonių, tuo pat metu išlaikant aukštą saugumo lygį.

Darbe nagrinėjamos vilkikų dinaminės savybės naudojant skirtingus vilkstinės parametrus. Pateikiami slėgio (fizikinis dydis – jėgos veikimas į plotą), oro pasiprieši-

nimo (jėga, kuri stabdo judančius kūnus – 1 formulė) ir klampumo (procesas dujose, kada dėl gretimų skirtingais greičiais judančių sluoksnių, atsiranda impulso perdavimas iš greitesnių sluoksnių į lėtesnius) grafikai.

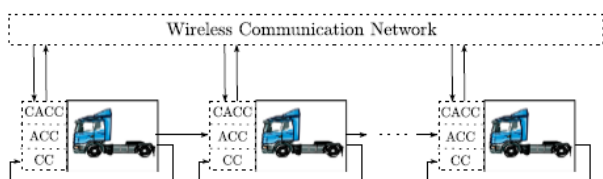
Transporto priemonių būrio modeliavimas

Žmogaus ir automobilio sąveika yra modeliuojama labai tiksliai, vairuotojas seka priekyje važiuojantį automobilį atsižvelgdamas į atstumą, greičio skirtumą, reakcijos laiką ir automobilio technines savybes (Trani *et al.* 2009). Didelį dėmesį reikia atkreipti ir į automobilių spūstis. Sudarant sunkvežimio kompiuterinį modelį pagrindinės dalys susideda iš variklio, sankabos, greičių dėžės, varančiojo veleno, pagrindinės pavaros, pavarų veleno ir ratų. Sunkvežimio modelis yra dalis vilkikų vilkstinės valdymo modelio.

Automobilių kolonos informacijos tėkmės sistema, kuria galima remtis sudarant valdymo schemą, nurodyta 1 paveiksle. Rodyklių kryptis žymi informacijos tėkmę sistemoje. Automobilio informacija yra nuskaitoma įmontuotais davikliais ir siunčiama į CACC (angl. *Cooperative adaptive cruise controller*) prisitaikantį, pastovaus greičio palaikymo valdiklį. Rodyklės tarp bevielio ryšio tinklo rodo dviejų kryptų automobilio sistemos būklės ir automobilio parametrų informacijos perdavimą tarp automobilių.

Standartinis CC blokas (angl. *Conventional cruise control system*) – pastovaus greičio palaikymo sistema turi tris funkcijas: automobilio greičio palaikymas, emisijos

sumažinimas ir sudarytas komfortas vairuotojui važiuojant į ilgas keliones.



1 pav. Vilkikų vilkstinės valdymo modelis skirtas N transporto priemonėms (Alam et al. 2015)

Sistemos klaidos atveju, vairuotojui duodamas nurodymas visiškai perimti automobilio valdymą. ACC (angl. *Adaptive cruise control*) prisitaikanti pastovaus greičio palaikymo sistema reguliuoja atstumą tarp automobilių, remiantis prieš jį važiuojančio automobilio informacija. Pavyzdžiui, važiuojant nuokalne, tarpas tarp automobilių sumažinamas, norint išvengti nereikalingo stabdžių naudojimo. Šiuo atveju kompiuteris sureaguoja greičiau, nei tai padarytų žmogus. CACC blokas yra atsakingas už autopiloto funkciją, kurią valdo gaunant bevielio ryšio informaciją apie jį supančius automobilius. Gedimo atveju, valdymas perduodamas ACC blokui, o ACC gedimo atveju valdymas perduodamas CC blokui.

Teorinis tyrimas

Naudojant ANSYS (JAV inžinerinės simuliacijos programinės įrangos gamintojas) programinę aplinką ir skaičiuojamojo klampumo modelį k-epsilon, ištirti vilkikų vilkstinės aerodinaminės savybės su nurodytais pastoviais ir kintamais važiavimo parametrais. Pagrindiniai parametrai yra:

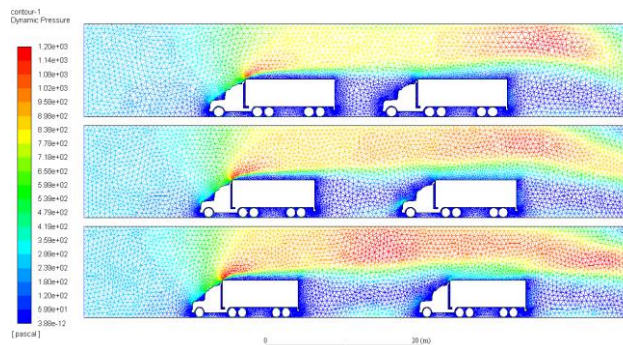
1. Vilkikų skaičius – šiuo atveju bus tiriama dvejų vilkikų sąveika.
2. Atstumas tarp vilkikų – tiriama esant 5, 10 ir 15 metrų atstumui tarp vilkikų.
3. Vilkikų važiavimo greitis – duomenys paimti esant 50 km/h; 60 km/h; 70 km/h; 80 km/h; 90 km/h; 100 km/h; 110 km/h; 120 km/h; 130 km/h.
4. Laisvojo kritimo pagreitis – 9,8 m/s²;
5. Atmosferos slėgis – 1013 hPa.
6. Turbulentinis intensyvumas – 5%.
7. Skaičiavimų apimtis – 100 iteracijų.

Sukūrus transporto priemonių geometrinius modelius (modelio tipas pasirinktas atsitiktinai) naudojant AutoCAD programą ir juos įkėlus į ANSYS programinę aplinką yra sudaromas tinklelis. Jis suskirsto tiriamą modelį į baigtinius elementus. Kadangi, užsibrėžta tyrimo rezultatus gauti kuo tikslesnius, tai tinklelis parenkamas tankiausias kokį tik kompiuteris gali apdoroti.

Pasirinkus pagrindinius nekintamus parametrus ir uždavus pradinį važiavimo greitį (50 km/h), sudaromi dinaminio slėgio kontūrai, atstumui tarp automobilių esant 5, 10 ir 15 metrų. Rezultatai pateikiami 2 paveiksle.

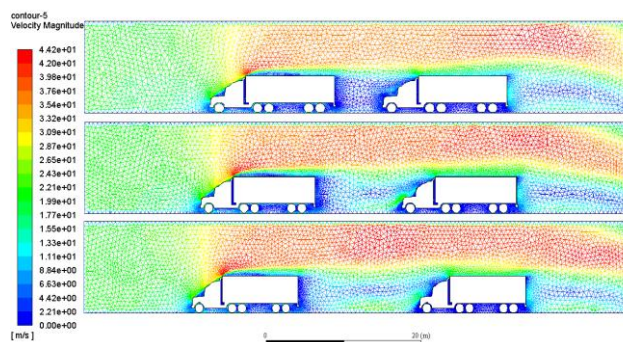
Taigi iš 2 paveikslo galime spręsti, kad vilkikas važiuojantis priekyje yra veikiamas didžiausio slėgio, tuo pačiu sudarydamas žemo slėgio erdvę už savęs. Tai rodo,

kad antrajam vilkikui tenka mažesnis slėgio pasipriešinimas ir todėl jam reikia sueikvoti mažiau energijos.



2 pav. Dinaminio slėgio kontūrai

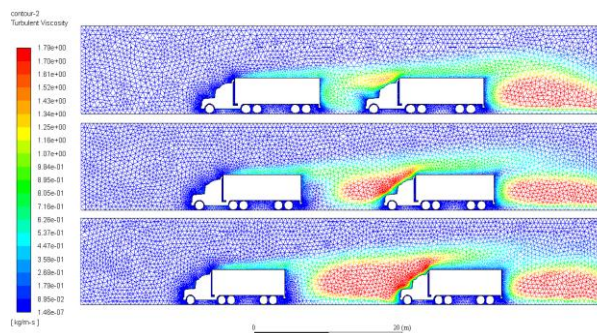
Esant tam pačiam važiavimo greičiui (50 km/h), kompiuterinės simuliacijos pagalba nustatomi vilkikus veikiantys oro pasipriešinimo greičiai, atstumui tarp vilkikų esant 5, 10 ir 15 metrų. Rezultatai pateikiami 3 paveiksle.



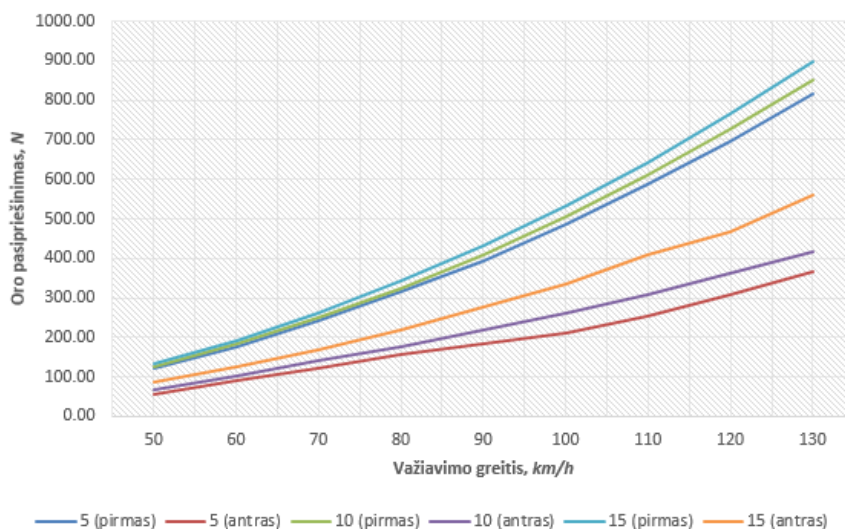
3 pav. Oro pasipriešinimo jėga

Taigi iš 3 paveikslo galima matyti, kad antrajam automobiliui tenka mažesnis oro pasipriešinimas negu pirmajam. Esant 5 metrų atstumui antrajam vilkikui tenka tik 4 m/s oro pasipriešinimas, kuris yra 5 kartus mažesnis, negu pirmajam. Esant 10 ir 15 metrų atstumui galima matyti, kad antrąjį vilkiką veikia tik ketvirtadaliu mažesnis pasipriešinimas negu pirmąjį. Visais atvejais antrajam vilkikui oro pasipriešinimas yra mažesnis, dėl ko padidėja ekonomiškumas ir gerėja važiavimo savybės.

Esant tam pačiam važiavimo greičiui (50 km/h), sudaromi turbulentinės klampos kontūrai, atstumui tarp automobilių esant 5, 10 ir 15 metrų ir pateikiami 4 paveiksle.



4 pav. Turbulentinės klampos parametrai



5 pav. Vilkikus veikianti oro pasipriešinimo jėga

Šiuo atveju, už antrojo vilkiko susidaro turbulentinės srovės, kurios veikia antrąjį vilkiką. Galima matyti, kad palankiausios sąlygos važiuoti 5 metrų atstumu, tuomet patiriamas mažiausias klampos pasipriešinimas.

Duomenys valdymo parametrams optimizuoti

Šių simuliacijų tikslas surinkti kuo tikslesnius parametrus, veikiančius vilkikų vilkstinę. Vėliau, surinktus parametrus panaudoti tolimesniems skaičiavimams ir tyrimams. 5 paveiksle pateikiama kreivė, rodanti vilkikus veikiančią pasipriešinimo jėgą, priklausomą nuo važiavimo greičio.

Grafike oro pasipriešinimas pradamas vaizduoti ne nuo pradinio greičio, o nuo 50 km/h, todėl visais trimis atvejais pirmąjį vilkiką veikia skirtinga oro pasipriešinimo jėga. Tai įtakoja už jo važiuojantis vilkikas.

Oro pasipriešinimas F_d apskaičiuojamas pagal 1 formulę:

$$F_d = C_d \frac{1}{2} \rho V^2 A \quad (1)$$

čia: C_d – pasipriešinimo koeficientas (nustatomas ANSYS Fluent simuliacijomis); ρ – oro tankis $1,225 \text{ kg/m}^3$; V – judančių objektų greitis (vilkikų) m/s ; A – skerspjūvio plotas 1 m^2 (skaičiuojama 2d erdvėje).

Išvados

Taigi galime spręsti, kad vilkikas važiuojantis priekyje yra

Literatūra

- De Schutter, B.; Bellemans, T.; Logghe, S.; Stada, J.; De Moor, B. 1990. Immers Advanced traffic control on highways, *Journal A*, 40 (December (4)) (1999), pp. 42–51.
- Eurostat. 2014. *Energy, transport and environment indicators*. Europos sąjunga, Liuksemburgas, [žiūrėta 2018.02.26] Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3930297/6613266/KS-DK-14-001-EN-N.pdf/4ec0677e-8fec-4dac-a058-5f2ebd0085e4>
- Trani, A. A. 2009. Introduction to Transportation Engineering. *Car Following Models*, Blacksburg, Virginia.
- Alam, A.; Martensson, J.; Johansson K. H. 2015. *Experimental evaluation of decentralized cooperative cruise control for heavy-duty vehicle platooning*, Sweden.