

HIBRIDINIO AUTOMOBILIO EFEKTYVAUS ENERGIJOS SUVARTOJIMO TEORINIS VERTINIMAS

Jonas Matijošius, Kristina Čižiūnienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo problematika. Pasitelkiamas hibridinio ir įprastinio automobilio palyginimas (nagrinėjamas Toyota Auris benzininis ir hibridinis modeliai), palyginama degalų suvartojimas įvairiais važiavimo režimais (miestas, priemestis, greitkelis). Taip pat išanalizuotos prielaidos efektyviam energijos sunaudojimui. Vertinimui pasitelkiamas papildomas energijos suvartojimo stebėjimo metodas naudojant eismo stebėjimo sistemas.

Reikšminiai žodžiai: Hibridinis automobilis, efektyvumas, energijos suvartojimas, degalų ekonomija.

Įvadas

Nors šiuo metu Europoje, taip pat ir visame likusiame pasaulyje, kilo skandalų, susijusių su deklaruojamais transporto priemonių taršos rodikliais („Dyzelgeitas“, „Mitsubishi“ problemos), tačiau laboratoriniai tyrimai yra vienintelis būdas nustatyti naujos, dar neeksploatuotos transporto priemonės rodiklius.

Kiekvienas automobilis, nuriudėjęs nuo gamybos konvejerio ir paruoštas pardavimui, turi vadinamąjį transporto priemonės atitikties sertifikatą. Šis dokumentas yra laikomas transporto priemonės kilmės dokumentu. Iš jo galima nustatyti automobilio gamintoją, transporto priemonei identifikuoti būtinus žymenis bei kitus techninius automobilio rodiklius. Atitikties sertifikatas taip pat nurodo, kokiai rinkai skirta transporto priemonė ir ar ji atitinka administracines nuostatas jos registravimui tam tikroje šalyje. Taigi siekiant palyginti visiškai vienodus automobilius, iš kurių vienas yra hibridinis, atliekama jų atitikties sertifikatų COC analizė.

Straipsnio tikslas – teoriškai ištirti hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo didinimo galimybes. Tikslui pasiekti išsikeliama šie uždaviniai:

3. Teoriškai palyginti hibridinį ir įprastinį automobilį.
4. Išnagrinėti teorines prielaidas efektyviam energijos sunaudojimo didinimui hibridiniame automobilyje.
5. Teoriškai įvertinti hibridinio automobilio energijos sunaudojimo stebėjimo galimybes pasitelkiant eismo stebėjimo sistemas.

Hibridinio automobilio ir jam identiško įprastinio automobilio teorinis palyginimas

Analizei pasirinktos transporto priemonės yra „Toyota Auris“, viena jų – hibridinis automobilis.

Gamintojo pateikiami rodikliai gali būti suskirstyti į tokias grupes: pagrindiniai matmenys, masės, jėgainė, kėbulas, aplinkosaugos rodikliai. Didžiausi skirtumai yra lyginant automobilių jėgaines, hibridas naudoja kombinuotą energiją, o įprastinis „Auris“ benzininį vidaus degimo variklį. Dėl šių priežasčių skiriasi vidaus degimo variklių darbiniai tūriai, generuojama galia bei automobilių masės.

Automobilių matmenys ir kėbulo rodikliai yra identiški. Bene didžiausi aplinkosaugos rodiklių skirtumai. Hibridinis automobilis teoriškai turėtų suvartoti beveik perpus mažiau degalų už benzininį „Toyota Auris“. Taip pat išmetamas CO₂ kiekis bei NO_x teršalai turėtų būti mažesni iki 55 g/km. Taigi nors ir realiomis sąlygomis aplinkosaugos rodikliai gali būti didesni, tačiau skirtumas tarp hibridinio ir benzininio „Toyota Auris“ išliktų ženklus.

Gamintojo deklaruojamų duomenų pagrindu sudaroma lentelė, kurioje pozicijos skiltyje, numeris iš gamintojo COC (žr. 1 lentelę). Galima paminėti, kad įprastinio „Auris“ kaina prasideda nuo 15 830 eurų, o hibridinio – nuo 18 120 eurų.

Dažniausiai siekiant palyginti įprastinį vidaus degimo variklį turinčio automobilio ir hibridinio automobilio degalų suvartojimą aprašoma konkreti situacija ar atliktas tyrimas šia tema.

1 lentelė

Gamintojo deklaruojamų rodiklių lyginamoji analizė tarp įprastinio „Toyota Auris“ ir „Toyota Auris Hybrid“

Pozicija COC	Rodiklis	Įprastinis „Auris“	„Auris Hybrid“
0.2	Tipas	E15UT(a)	HE15U(a)
0.4	Transporto priemonės kategorija	M1	M1
5	Transporto priemonės ilgis, mm	4330	4330
13	Nuosava masė, kg	1265	1385
16	Didžiausia leidžiama masė, kg	1805	1815

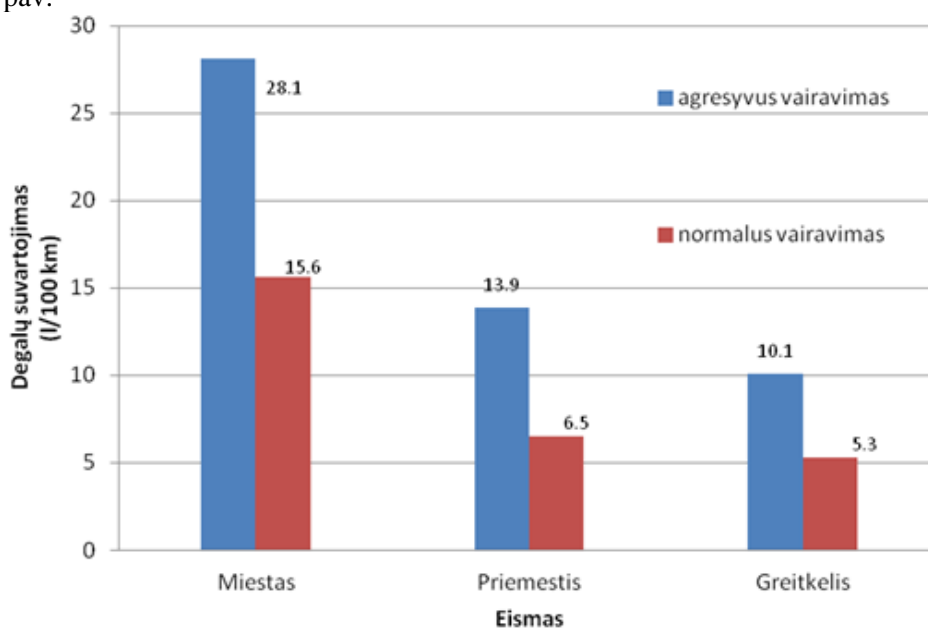
25	Variklio darbinis tūris, cm ³	1598	1798
26	Degalų rūšis	Benzinas	Benzinas
27	Maksimali galia, kW	VDV 97 Elek. -	VDV 73 Elek. 60; 17,7*
29	Maksimalus greitis, km/h	200	180
38	Kėbulo tipas	AF- daugiaticklis	AF- daugiaticklis
40	Spalva	Pilka	Raudona
47	Išmetamos taršos lygis	Euro 6	Euro 6
48	Paskutinis dokumentas patvirtinantis atitikimą nustatytoms taršos normoms	EC 715/2007 EC 2015/45W	EC 715/2007 EC 2015/45W
1 tipo testas teršalams	CO, mg/km	382	182,3
	NO _x , mg/km	9,1	5,8
49	CO ₂ išmetimai, g/km		
	Mieste	181	82
	Užmiestyje	113	81
	Mišrus	138	82
	Degalų suvartojimas, l/100 km		
	Mieste	7,9	3,5
Užmiestyje	4,8	3,5	
Mišrus	5,9	3,6	

*Elektrinio variklio generuojama naudingoji galia

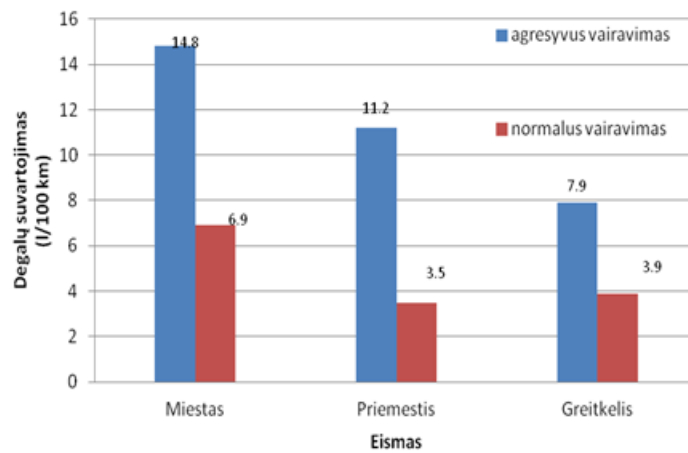
Saltinis: sudaryta autorių

Vienas paskutiniųjų tyrimų degalų ekonomijos tema buvo atliktas 2015 metais Bankoke. Siriom Pitanuwat ir Angkee Sripagorn aiškiai apibrėžė tyrimo sąlygas. Tyrimo vietovė buvo suskirstyta į tris zonas: miesto teritorija; priemiesčio zona; greitkelis.

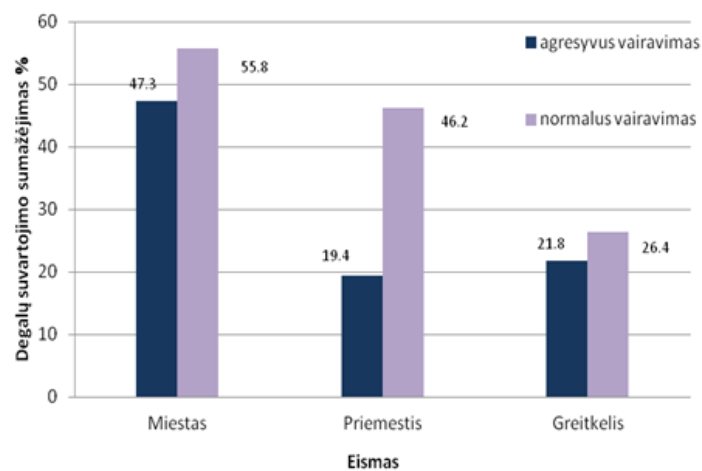
Taip pat siekiant įvertinti vairavimo kultūros bei įgūdžių svarbą, tyrimui pasirinkti du vairuotojai. Vienas jų vairuos agresyviau, kitas normaliuoju režimu. Eksperimentui parinkti beveik identiški automobiliai. Hibridinė transporto priemonė 2014 metais pagamintas „Toyota Prius“, o įprastas automobilis „Toyota Corolla Altis“. Šių abiejų automobilių variklių darbinis tūris yra 1789 cm³. Automobilių matmenys identiški, svorio skirtumui įvertinami į Corolla Altis įmontavus, svorio skirtumą kompensuojantį, krovinį. Tyrimo rezultatai pateikiami 1-3 pav.



1 pav. Degalų suvartojimas važiuojant įprastiniu automobiliu skirtingomis eismo sąlygomis ir vairavimo režimais (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).



2 pav. Degalų suvartojimas važiuojant hibridiniu automobiliu skirtingomis eismo sąlygomis ir vairavimo režimais (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).



3 pav. Degalų suvartojimo palyginimas tarp hibridinio automobilio ir įprastinio automobilio esant vienodoms tyrimo ir aplinkos sąlygoms (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).

Minėtame pavyzdyje matyti, kad hibridinės transporto priemonės padeda sutaupyti degalų visomis eismo sąlygomis ir važiavimo stiliais. Didžiausias degalų suvartojimo sumažėjimas pasiektas važiuojant miesto sąlygomis normaliu režimu – beveik 56 %, mažiau priemestėje – 46 %, mažiausiai greitkelyje – 26 %. Šio tyrimo metu pastebėta tendencija, kad agresyvus vairavimas ženkliai padidina degalų sąnaudas įprastam automobiliui – beveik 200 %, tiek hibridiniui automobiliui – beveik 100 %, tad agresyvaus vairavimo reiktų vengti. Lyginant agresyvaus vairavimo metu abiejų tipų automobilius, hibridinių transporto priemonių pranašumas beveik nepasireiškia, nes agresyvus vairavimas yra nesuderinamas su degalų ekonomija, o hibridinių automobilių technologijos nėra pritaikytos šiam vairavimo stiliui (Pitanuwat, S. Sripakagorn, A. 2015).

Hibridinio automobilio efektyvaus energijos suvartojimo didinimas

Kaip ir bet kurios analizės atveju atliekant tam tikrą lyginimą pasitelkiamas tam tikras tyrimas ar eksperimentas. Ne išimtis ir ši situacija. Siekiant išsiaiškinti kaip skiriasi hibridinių automobilių degalų suvartojimas nuo dyzeliniais degalais varomų automobilių Kanadoje buvo atliktas tyrimas. S.A.H. Zahabi ir kiti mokslininkai (2014) nustatė kokiomis sąlygomis hibridinis automobilis turi pranašumą prieš dyzeliniais degalais varomą automobilį. Atlikus eksperimentą minėti mokslininkai pateikė tokias išvadas.

Eksperimento analizė atliekama pasitelkiant įvairius vairavimo sąlygų faktorius, tokius kaip: važiavimo greitis, eismo sąlygos (miestas, užmiestis), aplinkos temperatūra, aplinkos temperatūros pokytis, ekologiškas vairavimas. Nustatant faktorių reikšmę degalų sąnaudoms eksperimentas vykdomas realiomis sąlygomis, ilgalaikiais periodais.

Didžiausias hibridinių automobilių pranašumas pasireiškė važiuojant mieste ir nedideliais greičiais. Kitas svarbus faktorius, kaip paaiškėjo yra aplinkos temperatūra. Šio faktoriaus įtaka ženkliai didesnė hibridinėms transporto priemonėms. Eksperimento rezultatai parodė, kad hibridai turi didesnę pranašumą

pavasarij, kuomet jų baterijos dirba optimaliausiu režimu (Zahabi, S.A. H.; et al. 2014). Hibridinėms transporto priemonėms ypač sudėtingas žiemos sezonas. Lyginant su pavasariu degalų suvartojimas žiemą hibridams išauga iki 27 %.

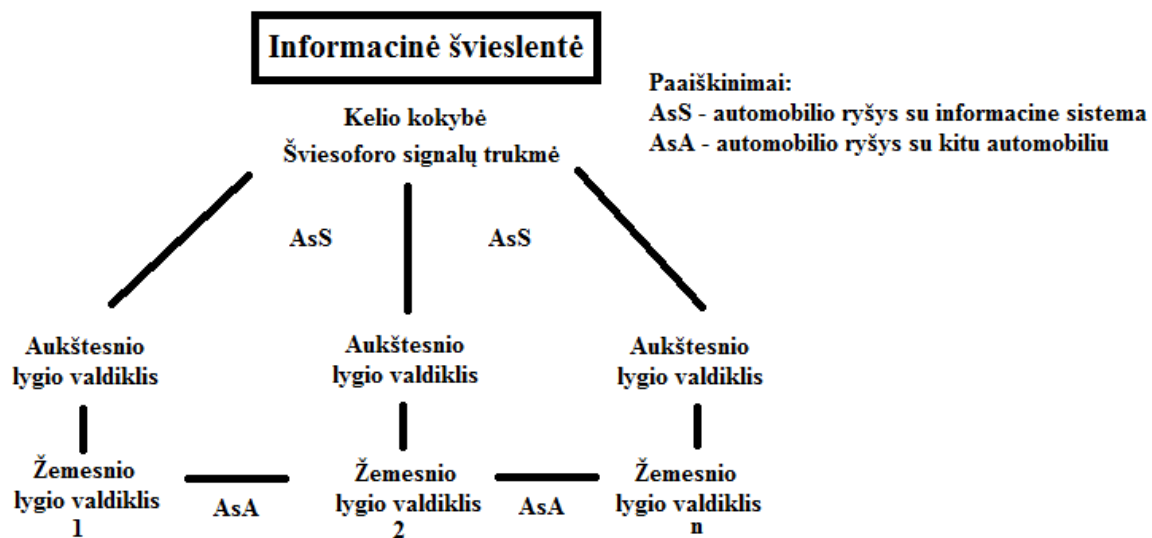
Kalbant apie ekologišką vairavimą didelio skirtumo transporto priemonių degalų sąnaudų nepastebėta. Tiek hibridai, tiek dyzelinu varomi automobiliai vairuojant ekologiškai suvartoja mažiau degalų. Eismo sąlygos, bei automobilio tipas taip pat ženkliai keičia degalų suvartojimą. Mieste hibridiniai sedanai sunaudoja iki 28 % mažiau degalų už dyzelinu varomus sedanus. Dar vienas didesnis minusas hibridiniams automobiliams, tai jų reakcija į aplinkos temperatūros pokytį. Temperatūrai pakitus 8 °C degalų suvartojimas pakinta iki 3 %, kada dyzeliniams automobiliams – tik iki 1 %. Taigi hibridiniai automobiliai yra ekonomiškėsi net ir realiomis sąlygomis, tačiau jų ekonomiškumas kinta kartu su eismo sąlygų faktoriais (Zahabi, S.A. H.; et al. 2014).

Egzistuoja strategija hibridiniams automobiliams dar labiau sumažinti suvartojamą degalų kiekį, o taip pat ir sumažinti taršą. Minėtoje strategijoje teigiama, kad norint pasiekti šiuos tikslus reikia:

- sumažinti tuščiosios eigos trukmę automobiliui stovint prie raudono šviesoforo signalo;
- pagerinti eismo valdymo sistemų ir hibridinio automobilio tiesioginį ryšį;
- esant galimybei, eismo srauto valdymo sistemas, reguliuoti eismo srautą išskaidant.

Ši strategija yra išskirtinė tuo, kad norimų tikslų pasiekti padeda hierarchinė kontrolė (Hom Chaudhuri, B.; et al. 2016). Esant šiai kontrolės rūšiai vykdoma aukštesnio, bei žemesnio lygių kontrolė. Taip hierarchinė kontrolė padeda sumažinti hibridinių automobilių degalų suvartojimą, o kartu gerina transporto sistemos mieste mobilumą, bei mažina CO₂ emisijas.

Strategija naudoja 2 lygių kontrolės valdiklius. Šiuo atveju kontrolė yra decentralizuota, tai yra reikalinga, kad kiekvienas automobilis autonomiškai galėtų vertinti eismo sąlygas naudojant tik vietinę informaciją. Aukštesnio lygio valdiklis generuoja hibridinio automobilio greitį, taip sumažindamas traukos energijos suvartojimą ir bandydamas sumažinti raudono šviesoforo signalo poveikį. Taip pat išsaugodamas eismo sistemos mobilumą ir efektyvų judėjimą (Hom Chaudhuri, B.; et al. 2016). Kiekvienas žemesnio lygio valdiklis naudoja aukštesnio valdiklio perduodamus signalus ir taip parenka optimaliausią strategiją hibridinio automobilio galios santykio panaudojimui. Bendra hierarchinė kontrolės schema pateikta 4. pav.



4 pav. Hierarchinė kontrolės schema (Sudaryta autorių).

Ši metodika gali būti naudojama visiškai autonominėms transporto priemonėms arba pusiau autonominėms ar kaip pagalbos vairuotojui sistema. Žinoma vairuotojas privalėtų laikytis aukštesnio kontrolės lygio valdiklio nurodymų. Iš esmės šios strategijos trūkumas yra akivaizdus – vairuotojas privalo laikytis sistemos nurodymų, tai dažnai yra nepatikima (Hom Chaudhuri, B.; et al. 2016).

Energijos hibridiniame automobilyje valdymas pasitelkiant eismo stebėjimo sistemas

Sumažinti taršą miestuose galima ir gerinant infrastruktūrą. Vienas iš siūlymų infrastruktūros tobulinimui būtų tiesioginio ryšio tarp vairuotojų informavimo sistemos ir automobilio programinės įrangos tobulinimas. Hibridinės transporto priemonės yra stipriai pranašesnės prieš įprastinius automobilius savo programinės įrangos valdymo galimybėmis. Taip efektyvus ryšys hibridinėms transporto priemonėms leistų dar labiau padidinti degalų ekonomiją ir sumažinti oro taršą miestuose.

Energijos valdymo strategija yra pagrindinė tyrimų tema hibridiniams automobiliams, nes tai tiesiogiai nulemia hibridinių automobilių degalų sąnaudas. Dažniausiai energijos valdymo strategijos būna sutapatinamos su optimalaus automobilio valdymo strategijomis ir šis požiūris tam tikrais atvejais yra tinkamas, tačiau dažniau šių strategijų tapatinti negalima (Zheng, C.; *et al.* 2015). To priežastys yra fiksuoti hibridinio automobilio važiavimo ciklai, taip pat kintančios eismo sąlygos bei vairuotojo elgsena. Dėl šių priežasčių šiuo metu efektyviausia energijos valdymo strategija yra būsimos kelionės automobiliu prognozavimas. T. y. eismo sąlygų stebėseną, optimalaus maršruto pasirinkimas, teisingų vairavimo įgūdžių naudojimas. Kelionės prognozavimas dažniausiai atliekamas 2 pagrindinėmis priemonėmis:

- remiantis ankstesne vairavimo informacija;
- remiantis realiais telemetriniais duomenimis, panaudojant globalinę padėties nustatymo sistemą (GPS).

Kalbant apie sprendimus energijos valdymo strategijai pagerinti šiuo metu labiausiai tobulinama stop–start funkcija. Norima, kad ši funkcija automatiškai stabdytų variklį pasiekus kelionės tikslą, bei greičiau paleistų variklį po sustabdymo. Kitas sprendimas, tiesiogiai susijęs su minėta stop–start funkcija, yra stabdymo energijos panaudojimas baterijoms krauti. Siekiama, kad šių sistemų tarpusavio ryšys užtikrintų optimalų energijos valdymą hibridiniame automobilyje. Šių sistemų integracijai Kim TS, Manzie C, Watson H. (2008) siūlo panaudoti jau minėtus realius telemetrinius duomenis. Taip hibridinio automobilio energijos valdymo strategija gali būti efektyviausia taikant minėtas technines sistemas bei panaudojant programinę įrangą, kuri perduoda automobiliui realius telemetrinius duomenis (Zheng, C.; *et al.* 2015).

Išvados

1. Dažniausiai siekiant palyginti įprastinį vidaus degimo variklį turinčio automobilio ir hibridinio automobilio degalų suvartojimą parenkami beveik identiški automobiliai, aprašoma konkreti situacija, tyrimo vietovė (pvz., mistas, priemiestis, greitkelis ir pan.), vertinam vairavimo kultūros bei įgūdžių svarba (pvz.: agresyvus arba normalaus režimo vairavimas). Tokių tyrimų rezultatai rodo, kad hibridinės transporto priemonės padeda sutaupyti degalų visomis eismo sąlygomis ir važiavimo stiliais. Didžiausias degalų suvartojimo sumažėjimas pasiektas važiuojant miesto sąlygomis normaliuoju režimu.

2. Norint hibridiniams automobiliams dar labiau sumažinti suvartojamą degalų kiekį, o taip pat ir sumažinti taršą, reikia: sumažinti tuščiosios eigos trukmę automobiliui stovint prie raudono šviesoforo signalo; pagerinti eismo valdymo sistemų ir hibridinio automobilio tiesioginį ryšį; esant galimybei, eismo srauto valdymo sistemas, reguliuoti eismo srautą išskaidant.

3. Sumažinti taršą miestuose galima ir gerinant infrastruktūrą. Vienas iš siūlymų infrastruktūros tobulinimui būtų tiesioginio ryšio tarp vairuotojų informavimo sistemos ir automobilio programinės įrangos tobulinimas. Kalbant apie sprendimus energijos valdymo strategijai pagerinti šiuo metu labiausiai yra tobulintina stop–start funkcija, kuria siekiama užtikrinti optimalų energijos valdymą hibridiniame automobilyje.

Literatūra

1. Hom Chaudhuri, B.; 2016. Hierarchical control strategies for energy management of connected hybrid electric vehicles in urban roads, *Transportation Research Part C* 62: 70–86.
2. Pitanuwat, S.; Sripakagorn, A. 2015. An Investigation of Fuel Economy Potential of Hybrid Vehicles under Real-World Driving Conditions in Bangkok, *Energy Procedia* 79: 1046–1053.
3. Zahabi, A. H.; 2014. Fuel economy of hybrid-electric versus conventional gasoline vehicles in real-world conditions: A case study of cold cities in Quebec, Canada, *Transportation Research Part D* 32: 184–192.
4. Zheng, C.; 2015. An energy management approach of hybrid vehicles using traffic preview information for energy saving, *Energy Conversion and Management* 105: 462–470.
5. Kim, TS, Manzie, C, Watson, H. Fuel economy benefits of look-ahead capability in a mild hybrid configuration. In: IFAC world congress, Seoul, Republic of Korea, 6–11 July 2008, pp.5646–5651. Laxenburg, Austria: IFAC.

THEORETICAL ASSESSMENT OF HYBRID CARS EFFICIENT ENERGY CONSUMPTION

Summary

The paper examines the problem of energy efficiency of a hybrid car. The hybrid and conventional car comparison is based on the Toyota Auris petrol and hybrid models, comparing fuel consumption in various driving modes (city, submersible, highway). Also, the assumptions for an effective increase in energy consumption have been analyzed. An additional energy consumption monitoring method using traffic monitoring systems is used.

Key words: Hybrid car, efficiency, energy consumption, fuel economy

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Čižiūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorė. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Logistikos ir transporto vadybos katedros docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto Automobilių transporto katedros lektorius. VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Mechanika, aplinkosauga, logistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Čižiūnienė.

Science degree and name: doctor, lector.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Logistics and Transport Management department associated professor.

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 653 62824, k.ciziuniene@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Technical faculty Automobile Transport department lector. Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Mechanics, environmental, logistics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt