



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

**LENGVŲJŲ AUTOMOBILIŲ EKSPLOATAČINIŲ PARAMETRŲ  
LYGINAMOJI ANALIZĖ**

**Tadeuš Mickelevič<sup>1</sup>, Gintautas Bureika<sup>2</sup>**

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>tadeus.mickelevic@gmail.com; <sup>2</sup>gintautas.bureika@vgtu.lt*

**Santrauka.** Šiame straipsnyje nagrinėjami penkių tos pačios klasės, bet skirtingų gamintojų ir modelių lengvųjų automobilių eksploataciniai parametrai, išreiškiant juos skaitinėmis reikšmėmis ir palyginant tarpusavyje. Pateiktas automobilių traukos jėgos, patikimumo, ekonomiškumo bei ekologiškumo rodiklių palyginimas. Automobilių kokybę vertinama autorių sudarytu kompleksiniu rodikliu, kuris apima visus tirtus rodiklius. Pabaigoje pateikiamos išvados.

**Reikšminiai žodžiai:** automobilio eksploataciniai parametrai, palyginamoji analizė, patikimumas, gendamumas, ekonomiškumas, kompleksinis vertinimo rodiklis.

**Įvadas**

Nei vienas neįsivaizduojame šiuolaikinio gyvenimo be automobilių, kurių srautas kasdien juda pasaulio keliais. Deja, intensyvi šio transporto plėtra ne tik tenkina didėjančius visuomenės poreikius, bet turi ir negatyvių pasekmių – naudojami neatsinaujinantys (išskastiniai) energijos šaltiniai, teršiama aplinka, keliamas triukšmas ir vibracija, kyla automobilių parkavimo, saugojimo vietų problema ir kt. (Bazhynova 2011).

Automobilių ir kitų transporto priemonių paskirtis – saugiai, greitai ir patogiai vežti keleivius ir krovinius (Fahsijev *et al.* 2005). Taigi saugus eismas tampa prioritetine sritimi. O vienas iš veiksnių, lemiančių saugų eismą keliuose yra transporto priemonės techninė būklė ir kokybė. Nuo transporto priemonių kokybės priklauso keleivių bei krovinių vežimo greitis, savikaina, poveikis aplinkai ir žmonių saugumas (Didelevičius *et al.* 2012).

Automobilių kokybės vertinimas yra labai sudėtingas dėl daugybės ją nusakančių rodiklių. Taip pat ją dažnai būna sunku įvertinti objektyviai, nes konkretaus ir vieningo kokybės apibūdinimo nėra, o tarp daugybės kokybės rodiklių prioritetais dažniausiai pasirenkami subjektyviai (Čereška *et al.* 2005)

Tyrimo objektas – tos pačios klasės skirtingų gamintojų automobilių eksploataciniai parametrai. Šiam tyrimui pasirinkti Volkswagen, Peugeot, BMW, Ford ir Toyota automobiliai.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti svarbiausius lengvųjų automobilių eksploatacinius parametrus ir pasiūlyti au-

tomobilių kokybės vertinimo kompleksinio rodiklį.

Tyrimo metu iškelti uždaviniai:

1. Apibrėžti tiriamų automobilių kokybę apibūdinančius eksploatacinius rodiklius, kurie išreiškiami skaitinėmis reikšmėmis.
2. Gautus atskirų automobilių eksploatacinių rodiklių vertinimo rezultatus palyginti tarpusavyje.
3. Gautus atskirų automobilių eksploatacinių rodiklių rezultatus įvertinti vienu kompleksiniu rodikliu.

**Tiriami automobiliai ir jų eksploataciniai parametrai**

Tyrimui pasirinkti 5 vienodos klasės skirtingų gamintojų automobiliai, palyginami tarpusavyje gabaritais, mase, variklio tūriu ir galingumu. Pasirinktų automobilių duomenys pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Tiriami automobiliai

Automobilio markė	Gamybos metai nuo	Degalų tipas	Variklio darbinis tūris, cm <sup>3</sup>
Volkswagen Golf	2003	Dyzelinas	1968
Peugeot 307/308	2001		1997
Ford Focus	2004		1997
Toyota Corolla	2004		1995
BMW 120	2004		1995

Siekiant išvengti subjektyvumo problemų dėl skirtingų reikalavimų skirtingų klasių automobiliams, tiriami tarpusavyje palyginami automobiliai.

Tyrimo metu lyginami 4 pagrindiniai eksploataciniai parametrai, kuriuos vairuotojai anketinės apklausos metu įvardijo kaip svarbiausius renkantis automobilį:

- 1)dinamiškumas (šiuo atveju tai traukos jėga);
- 2)patikimumas;
- 3)ekonomiškumas;
- 4)ekologiškumas.

Jie yra skaičiuojami arba praktiškai matuojami ir tikrinami.

### Traukos jėgos palyginimas

Traukos jėga važiuojant aukščiausia pavana leidžia sklandžiai atlikti lenkimo manevrus užmieščio keliais bei taupyti degalus. Šiuo atžvilgiu BMW automobilių rezultatai yra geriausi, nuo kurių nedaug skiriasi Toyota automobilio rezultatai. Pabrėžtina, kad automobilio Toyota Corolla dyzelinis variklis yra silpniausias iš visų tiriamų.

Atlikus teorinę traukos jėgos analizę gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Traukos jėgos skaičiavimo rezultatai

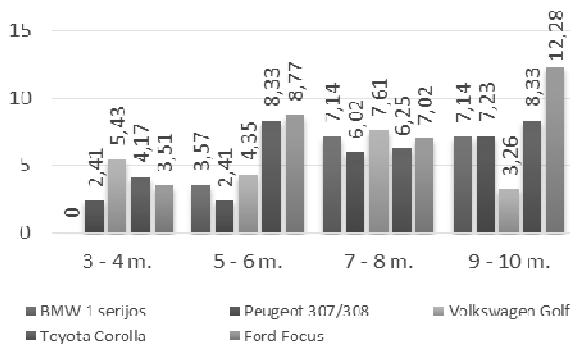
Automobilis	Didžiausia traukos jėga važiuojant 1-a pavana, kN	Didžiausia traukos jėga važiuojant aukščiausia pavana, kN
Peugeot 307	12,8	2,26
Volkswagen Golf	12,6	2,08
BMW 120	17,5	2,80
Ford Focus	12,5	2,20
Toyota Corolla	12,1	2,53

2 lentelėje matyti, kad, važiuojant aukščiausia pavana, didžiausią traukos jėgą išvysto BMW 120 automobilis.

### Nagrinėjamų automobilių gedimų tyrimo rezultatai

Automobilių gedimų tyrimas buvo atliekamas viename iš didžiausių tinklų Lietuvoje turinčiame autoservise. Jo metu buvo renkami ir analizuojami duomenys apie automobiliuose aptiktus techninius trūkumus. Visi gedimai buvo padalinti į kelias grupes: pakabos, variklio ir transmisijos, stabdžių sistemos ir elektros sistemos. Tiriama automobiliai taip pat buvo suskirstyti pagal amžių į 4 grupes – 3–4 m., 5–6 m., 7–8 m., 9–10 m.

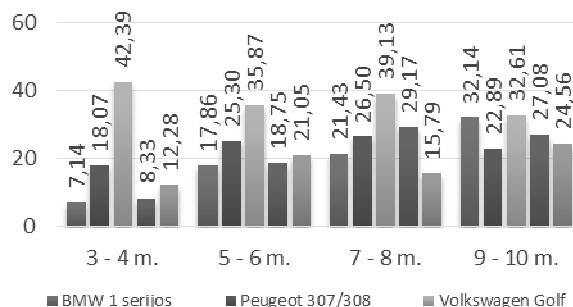
Iš viso buvo ištirti 264 automobiliai. Variklio ir transmisijos gedimų pasiskirstymo tyrimo rezultatai 1 paveiksle.



1 pav. Variklio ir transmisijos gedimų pasiskirstymas % pagal metus

Iš diagramos matyti, kad Volkswagen markės automobilių varikliai ir transmisija yra patikimiausi. Jų gedimo tikimybė yra mažiausia nepriklausomai nuo automobilio amžiaus. Prasčiausi rezultatai gauto ištyrus Ford Focus ir Toyota Corolla automobilius, kurių minėtų agregatų gedimo tikimybė yra didesnė negu kitų tiriamų automobilių ir senstant automobiliui vis didėja.

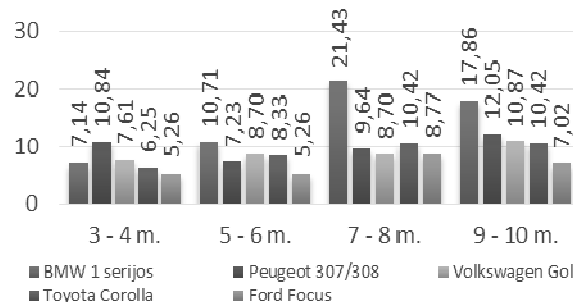
Pakabos gedimų pasiskirstymas priklausomai nuo automobilio amžiaus pateiktas 2 paveiksle.



2 pav. Pakabos gedimų pasiskirstymas % pagal metus

Nagrinėjant 2 pav. pateiktus duomenis apie pakabos gedimų dažnumą pastebimas žymus Volkswagen markės automobilio nepatikimumas šiuo požiūriu.

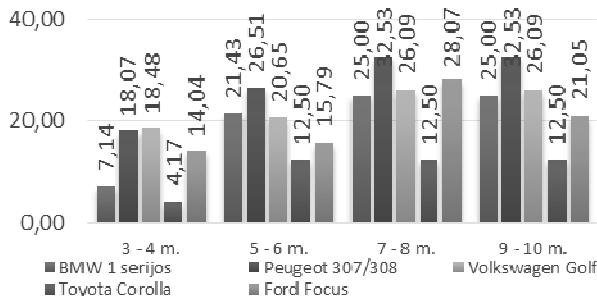
3 paveiksle pateiktas stabdžių sistemos gedimų pasiskirstymas priklausomai nuo automobilio amžiaus.



3 pav. Stabdžių sistemos gedimų pasiskirstymas % pagal metus

Nagrinėjant stabdžių sistemos gedimų tyrimo rezultatus (3 pav.) matyti, kad tokio pobūdžio gedimas dažniau būdingas BMW markės automobiliams. Tai įtakoja didesnė automobilio variklio galia, o tuo pačiu ir dinamika (greičiau dėvisi stabdžių trinkelės ir diskai) bei dažnai pasitaikantys diskų išsikraipymo atvejai dėl stabdžių perkaitinimo.

Elektros sistemos gedimų pasiskirstymas priklausomai nuo automobilio amžiaus pateiktas 4 paveiksle.



4 pav. Elektros sistemos gedimų pasiskirstymas % pagal metus

Kaip matyti iš 4 pav. diagramos, elektros sistemos gedimai dažniausiai aptinkami Peugeot 307/308 automobiliuose.

### Automobilių ekonomiškumo rodiklių tyrimo rezultatai

Degalų sąnaudos  $Q$  (l/100 km) apskaičiuojamos (Pikūnas *et al.* 2005):

$$Q = \frac{g_e \cdot N'_e}{10 \cdot v \cdot \rho_d}, \quad (1)$$

čia:  $g_e$  – degalų lyginamosios sąnaudos, g/kWh;  $N'_e$  – galia, reikalinga pastoviam automobilio greičiui palaikyti, kW;  $\rho_d$  – degalų tankis, g/cm<sup>3</sup>. Dyzelino tankis  $\rho_d = 0,84$  g/cm<sup>3</sup>.

$$N'_e = \frac{N_r + N_0}{\eta}, \quad (2)$$

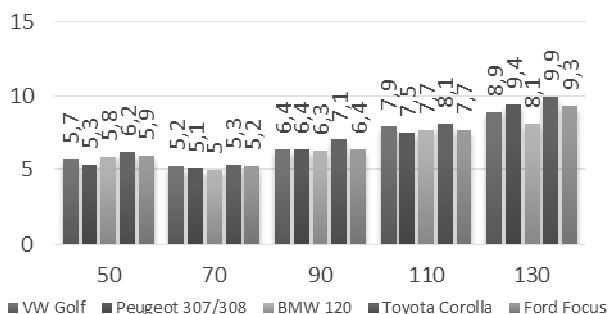
čia:  $N_r$  – apskaičiuotas galingumas, reikalingas riedėjimo varžai nugalėti;  $N_0$  – apskaičiuota galia, reikalinga oro varžai nugalėti;  $\eta$  – transmisijos naudingumo koeficientas.

Lyginamosios degalų sąnaudos  $g_e$  skaičiuojamos pagal formulę:

$$g_e = g_{e \min} \cdot k_n \cdot k_N, \quad (3)$$

čia:  $g_{e \min}$  – minimalios lyginamosios degalų sąnaudos, g/kWh. Minimalios dyzelio priimamos 210 g/kWh;  $k_n$  – koeficientas, įvertinantis degalų sunaudojimo kitimą priklausomai nuo alkūninio veleno sukimosi dažnio;  $k_N$  – koeficientas, įvertinantis degalų sunaudojimo pokytį, priklausantį nuo variklio galingumo panaudojimo laipsnio.

Degalų sąnaudų skaičiavimo rezultatai pateikti 5 paveiksle.



5 pav. Automobilų degalų sąnaudų priklausomybės nuo greičio palyginimas

Automobilio eksploatacijos kaštai susideda ne vien iš išlaidų degalams. Norint išsaugoti gerą automobilio techninę būklę, jo patikimumą, būtina atlikti ir profilaktinę automobilio techninę priežiūrą (Paškevičius *et al.* 2013, Brazys *et al.* 2012).

Vieno kilometro važiavimo kaštus autoriai siūlo skaičiuoti pagal formulę:

$$P_{km} = \sum \left( \frac{P_i + T_i \cdot K_{val.}}{S_i} \right) + \left( \frac{Q \cdot K_{deg}}{100} \right), \quad (4)$$

čia:  $P_{km}$  – vieno nuvažiuoto kilometro kaštai, Lt/km;  $P_i$  – techninei priežiūrai reikalingų detalių kaina, Lt;  $T_i$  – techninės priežiūros operacijai atlikti skirtos darbo laiko sąnaudos, h;  $K_{val.}$  – vienos darbo valandos kaina, Lt/h;  $S_i$  – techninės priežiūros operacijos atlikimo intervalas, km;  $Q$  – vidutinės degalų sąnaudos, l/100km;  $K_{deg}$  – degalų kaina, Lt/l.  $K_{deg} = 4,56$  Lt/l.

Vieno kilometro kaštų skaičiavimo rezultatai pateikiami 6 pav.



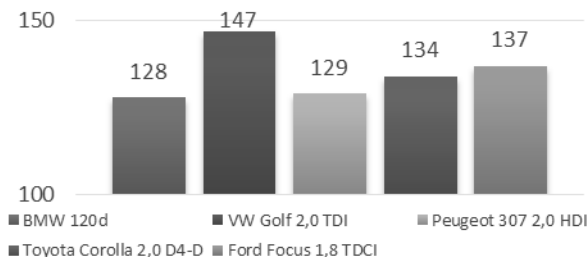
6 pav. Automobilio vieno nuvažiuoto kilometro kaštų palyginimas

6 pav. matyti, kad pigiausiai nuvažiuoti vieną kilometrą kainuoja BMW automobiliu, o brangiausiai Toyota. Reikėtų pažymėti, kad 6 pav. neįskaičiuojami automobilio įsigijimo kaina bei remonto kaštai dėl galimų gedimų.

### Ekologiškumo vertinimas

Siekiant išanalizuoti tiriamųjų automobilių ekologiškumą, pasirinkti du parametrai, pagal kuriuos lyginamos transporto priemonės: CO<sub>2</sub> emisija ir dūmingumas.

Pirmas analizuojamas rodiklis yra gamintojo nurodoma konkretaus automobilio CO<sub>2</sub> emisija, matuojama gramais nuvažiuotam kilometrui (g/km). Minėto rodiklio palyginimas pateiktas 7 paveiksle.



7 pav. Automobilų gamintojų deklaruojama automobilių CO<sub>2</sub> emisija, g/km

Kitas svarbus rodiklis yra automobilio dūmingumas.

Dūmingumas – variklio išmetamųjų dujų neskaidrumas. Jis matuojamas dūmų matuokliu – zonu, kurį sudaro vamzdis su atviru galu, nukreiptu išilgai išmetamojo vamzdžio. Kameroje su neatspindinčiu vidiniu paviršiumi išmatuojama šviesos sugertis (šviesos absorbcija). Dūmingumo lygį nusako šviesos absorbcija, ir tai yra procesas, kai medžiaga (išmetamomis dujomis) sklindan-

čios šviesos intensyvumas mažėja. Šviesos absorbcijos koeficientas  $k$  skaičiuojamas taikant formulę (Mickūnaitis 2004):

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-kL} \quad [m^{-1}], \quad (5)$$

čia:  $L$  – veiksmingasis šviesos kelio per matuojamas dujas ilgis, m;  $\Phi_0$  – įeinantis srautas;  $\Phi$  – išeinantis srautas.

Tiriamų automobilių dūmingumas nagrinėjamas remiantis automobilių techninę apžiūrą atliekančios įmonės „Tuvlita“ duomenimis. Tam tikslui atsitiktiniu būdu buvo pasirinkta po 10 kiekvieno tiriamo modelio automobilių su atitinkančiais varikliais. Tyrimui naudojamos tiriamų automobilių dūmingumo reikšmės, išmatuotas techninės apžiūros atlikimo metu. Iš gautų rezultatų išvesta vidutinė reikšmė, kuri ir nusako automobilio modelio dūmingumą. Rezultatai pateikti 8 paveiksle.



8 pav. Automobilių dūmingumas,  $m^{-1}$

Įvertinus auomobilių išskiriamos CO<sub>2</sub> emisijos ir dūmingumo parametrus galima padaryti išvadą, kad labiausiai teršiantis aplinką anglies dvideginiu yra Volkswagen Golf markės automobilis, tačiau jo išmetamųjų dujų dūmingumas yra vidutinis.

### Kompleksinis automobilių kokybės vertinimas

Kompleksinį automobilių kokybės vertinimo rodiklį  $T$  siūloma skaičiuoti pagal šią formulę:

$$T = K_{vertės} \cdot (0,15K_{tr} + 0,4_{pat} + 0,3_{ekon} + 0,15_{ekol}), \quad (6)$$

čia:  $K_{tr}$  – traukos rodiklių įvertinimas;  $K_{pat}$  – patikimumo įvertinimas;  $K_{ekon}$  – ekonomiško įvertinimas;  $K_{ekol}$  – ekologiškumo įvertinimas;  $K_{vertės}$  – automobilio vertės santykinis įvertinimo rodiklis.

Šiuo atveju tiriamų automobilių traukos rodiklių vertinimo skaitinės reikšmės  $K_i$  yra maksimizuojamos (kuo didesnė traukos jėga – tuo geriau) ir nustatomos pagal principą:

$$K_i = \frac{z_i}{z_{max}}, \quad (7)$$

čia:  $Z_{max}$  – tiriamų automobilių traukos rodiklio didžiausia (geriausia) vertė;  $Z_i$  – automobilių eksploatacinio rodiklio nustatyta reikšmė. Šiame tyrime traukos jėga važiuojant žemiausia ir aukščiausia pavara sumuojamos, o  $Z_{tr}$  reikšmės lygios: BMW – 20,3 kN; Peugeot – 15,1 kN; VW – 14,7 kN; Toyota – 14,6 kN; Ford – 14,7 kN.

Kitų tyrime nagrinėjamų automobilių kokybės rodiklių vertinimo skaitinės reikšmės apskaičiuojamos minimizavimo (kuo tyrimo metu mažesnis dydis nustatytas – tuo geriau) principu:

$$K_i = \frac{z_{min}}{z_i}. \quad (8)$$

Automobilio vertės (kainos) koeficientas nustatomas lyginant pirmų metų gamybos naudotų automobilių rinkos kainą ir apskaičiuojamas minimizavimo principu.

Remiantis [www.autoplus.lt](http://www.autoplus.lt) skelbimų portale parduodamų automobilių kainomis nustatoma apytiksli automobilių vertė ir apskaičiuojamas koeficiento  $K_{vertės}$  reikšmės, kurios pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Automobilių  $K_{vertės}$  reikšmės

Automobilio modelis	Rinkos vertė, tūkst. Lt	$K_{vertės}$
Peugeot 307	9,0	1,000
BMW 120	17,0	0,529
VW Golf	14,5	0,643
Ford Focus	11,0	7
Toyota Corolla	14,0	0,621

Patikimumo įvertinimui  $K_{pat}$  nustatyti skaičiuojama gedimų tikimybių, nustatytų tyrimo metu atskiroms automobilių sistemoms ar mazgams, vidutinė reikšmė.

Automobilių ekonomiškas vertinamas apskaičiuota degalų sąnaudų, važiuojant skirtingais greičiais, vidutine reikšme. Skaičiavimo rezultatai pateikti 5 paveiksle, o  $Z_{ekon}$  reikšmės lygios: VW – 6,82 l/100 km; Peugeot – 6,74; BMW – 6,58; Toyota – 7,32; Ford – 6,90.

Ekologiškumas tyrime lygintas dviem dydžiais – dūmingumu ir CO<sub>2</sub> emisija. Nustatant bendrą ekologiškumo įvertinimą skaičiuojama dviejų dydžių, pateiktų 7 ir 8 paveiksluose, sandauga.  $Z_{ekol}$  yra lygios:

VW – 116; Peugeot – 88; BMW – 58; Toyota – 127; Ford – 138.

Kokybės rodiklių įvertinimų svarbos koeficientai, naudojami autorių siūlomoje 6 formulėje, parinkti remiantis anketinės apklausos rezultatais, atliktos specialiai šitam tyrimui.

Įvertinus visus kintamuosius, apskaičiuotas kompleksinis automobilio vertinimo rodiklis  $T$ , kurio reikšmės pateiktos 4 lentelėje.

4 lentelė. Kompleksinio vertinimo rodiklio reikšmės

Eilės Nr.	Automobilio modelis	Kompleksinio vertinimo rodiklio reikšmė
1	Peugeot 307/308	0,792
2	Ford Focus	0,669
3	Toyota Corolla	0,541
4	BMW 120	0,488
5	VW Golf	0,450

Apklausos metu buvo apklausti 43 20–50 metų amžiaus respondentai, vairuojantys automobilius. Iš jų 15 atsakė, kad svarbiausias automobilio rodiklis jiems yra patikimumas, 11 – ekonomiškas, 6 – dinamiškumas

savybės, o 5 respondentai pasirinko ekologiškumą kaip svarbiausią automobilio rodiklį. 6 apklausos dalyviai pasirinko kitus rodiklius, kurių praktiškai neįmanoma išreikšti skaičiais.

Iš 4 lentelės duomenų matyti, kad geriausiai įvertintas Peugeot 307/308 modelis. Nuo jo nedaug atsiliko Ford Focus automobilis. Prasčiausiai iš 5 tirtų automobilių vertinamas VW Golf automobilis.

### Išvados

1. Atlikus tyrimą ir palyginus gautus rezultatus galima teigti, kad didžiausiu dinamiškumu pasižymi BMW automobilis, kurio išvystoma traukos jėga žemiausia pavara yra 17,5 kN, o aukščiausia pavara – 2,8. Taip yra dėl to, kad tiriamų automobilių tarpe BMW variklis turėjo didžiausią galingumą. Mažiausia traukos jėga važiuojant pirma pavara pasižymi Toyota

automobilis (12,1 kN), o aukščiausia pavara – Ford Focus (2,2 kN).

2. Tyrimo rezultatai parodo, kad patikimiausiu iš tirtų automobilių yra Toyota Corolla, kurio gedimų atvejų aptikta mažiausiai.

3. Pagal ekonomiškumo vertinimo rezultatus gauta, kad BMW automobilio vieno nuvažiuoto kilometro savikaina mažiausia ir siekia vos 0,25 Lt (įvertinant degalų ir būtinąsias technines priežiūros sąnaudas). Brangiausiai kainuoja Toyota automobilių eksploatacija – 0,35 Lt/km.

4. Įvertinus automobilių kokybę kompleksiniu rodikliu aukščiausią įvertinimą gavo Peugeot 307/308 – 0,792, antroje vietoje yra Ford Focus automobilis – 0,669, trečioje pozicijoje Toyota Corolla – 0,541.

5. Tyrimo metu prasčiausius įvertinimus gavo BMW 120 ir VW Golf markės automobiliai, įvertinti 0,488 ir 0,450 atitinkamai.

### Literatūra

- Bazhynova, T. 2011. *Ocenka kachestva tehniceskikh reshenij v konstrukcii lehkovyh avtomobilej*. Vestnik HNADU. 55: 45–51. (in Russian).
- Brazys, M.; Butkus, A. 2012. Automobilių eksploatacinio patikimumo tyrimas. *Mokslas – Lietuvos ateitis = Science – future of Lithuania: Statyba, transportas, aviacinės technologijos = Civil and transport engineering, aviation technologies*. 208–210.
- Čereška, A.; Pauža, V. 2005. *Kokybės analizė ir valdymas. Mokomoji knyga*. Vilnius: Technika. 25–32.
- Didelevičius D., Garbinčius G. 2012. „VW“ markės automobilių gedimų tyrimas. *Mokslas – Lietuvos ateitis = Science – future of Lithuania: Statyba, transportas, aviacinės technologijos = Civil and transport engineering, aviation technologies*. 205–208.
- Fahsijev, H.; Krahmaleva, A. 2005. Metodika ocenki kachestva avtomobilej, *Ekonomicheskoe vozrozhdenije Rossii* 5: 54–64. (in Russian).
- Mickūnaitis, V. 2004. Lengvųjų automobilių kokybė ir jos kitimas laikui bėgant. Vilnius: Technika. 15–17.
- Paškevičius, P.; Nagurnas, S.; Bureika, G.; Žuraulis, V. 2013. Automobilvežio platformos tiltelio patikimumo tyrimas / Paškevičius, P.; Nagurnas, S.; Bureika, G.; Žuraulis, V. // *Mokslas – Lietuvos ateitis = Science – future of Lithuania: Statyba, transportas, aviacinės technologijos = Civil and transport engineering, aviation technologies*. 5 (5): 541–545.
- Pikūnas, A.; Mickūnaitis, V. 2005. Automobilių degalų sąnaudų nustatymo ir normavimo metodikos. Vilnius: Technika. 41–45.