



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 PATIKIMUMO TYRIMAS

Kęstutis Montautas<sup>1</sup>, Gintautas Bureika<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

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

**Santrauka.** Straipsnyje analizuojamas Lietuvos transporto priemonių parkas ir jo techninė būklė. Nagrinėjamas lengvųjų automobilių patikimumas. Tyrimo metu buvo nustatyti lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gedimų pasiskirstymas, pateikta automobilių gedimų priklausomybė nuo ridos bei pasiskirstymo dėsningumai. Atlikti lengvųjų automobilių patikimumo skaičiavimai. Lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gendamumo skaičiavimo rezultatai palyginti su Lietuvos techninės apžiūros asociacijos „Transeksa“ duomenimis. Pabaigoje pateikiamos išvados.

**Reikšminiai žodžiai:** lengvasis automobilis, gedimų intensyvumas, negendamumas, statistinis pasiskirstymo dėsnis, patikimumas.

### Įvadas

Transportas yra labai svarbi visuomenės veiklos dalis, tačiau tik 51% Lietuvoje užregistruotų automobilių visiškai atitinka dabartinius techninius ir ekologinius reikalavimus. Daugiau nei pusė Lietuvoje eksploatuojamų lengvųjų automobilių yra senesni nei 10 metų.

Techniškai netvarkingo automobilio eksploatacija yra nerentabili ir pavojinga pačiam savininkui, bei kitiems eismo dalyviams (Daugėla *et al.* 2001). Nelaiku ir netinkamai atlikti techninės priežiūros darbai – tai veiksniai, lemiantys intensyvesnę detalių, agregatų susidėvimą ir priešlaikinius gedimus. Automobilio patikimumas yra jo savybė išlaikyti savo kokybę, techninius parametrus iš anksto numatytą laiką. Vartotojas, įsigydamas gaminį (automobilį), tikisi, kad juo galės be problemų naudotis tam tikrą laiką, todėl, gaminant sudėtingus įrenginius, ypač stengiamasi ištirti jų patikimumą, kad vartotojas nepatirtų nuostolių (DEKRA 2013).

Nemažas būrys VGTU tyrėjų atlieka automobilių patikimumo tyrimus (Paškevičius *et al.* 2013). Automobilio patikimumas priklauso nuo eksploatacijos, aplinkos sąlygų, darbo režimų ir savalaikės techninės priežiūros (Medeškas 2001).

Šio tyrimo metu nustatyta pasirinktos grupės lengvųjų automobilių, jų sistemų ar atskirų detalių negendamumo tikimybė bei identifikuojamos dažniausiai gendančios sistemos, nustatytas ir palygintas kiekvieno atrinkto lengvojo automobilio patikimumo rodiklių kitimas eks-

ploatavimo metu. Automobilio patikimumas nustatomas pagal pagrindinį kriterijų – negendamumą.

Reikia paminėti, kad tyrimo metu nebuvo nagrinėta techninės apžiūros atlikimo technologija, t. y., nenagrinėjami būdai ir priemonės, kaip reikėtų atlikti automobilių techninės apžiūros darbus. Apsiribojama techninės priežiūros periodiškumo analize.

Pagrindinis šio darbo tikslas – ištyrus lengvųjų automobilių gendamumo rodiklius, nustatyti automobilio patikimumą. Tyrimų tematika aktuali techninės priežiūros sistemos pažinimo aspektu. Darbe pateikiami lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gedimų analizės rezultatai ir siūlomi techninės priežiūros gerinimo būdai, kurie gali būti naudingi automobilius eksploatuojančiai įmonei ar fiziniams asmenims.

### Tyrimo metodika

Darbe tiriami lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gedimai, jų priklausomybė nuo ridos bei pasiskirstymo dėsningumai.

Tiriamą transporto parką sudaro 50 lengvųjų automobilių:

- „VW Golf“ – 15 lengvųjų automobilių;
- „VW Passat“ – 15 lengvųjų automobilių;
- „Audi A4“ – 10 lengvųjų automobilių;
- „Audi A6“ – 5 lengvieji automobiliai;
- „Opel Astra“ 5 lengvieji automobiliai.

Kiekvieno lengvojo automobilio techninė priežiūra buvo atliekama „Kemi“ autoservise, Vilniuje.

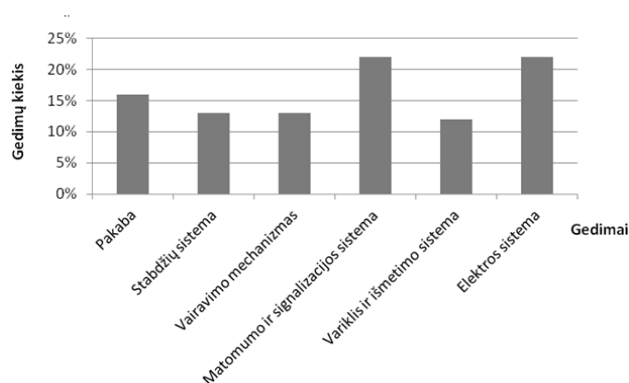
Analizuojant automobilių remonto kortelių duomenis, buvo nustatyta, kad automobilių amžius svyruoja nuo 7 iki 16 metų, todėl lengvieji automobiliai buvo suskirstyti į dvi amžiaus grupes (7–10 metų senumo automobiliai ir 11–16 metų senumo automobiliai), darant prielaidą, kad šie automobiliai savo amžiaus grupėje yra panašios techninės būklės ir panašaus resurso. Taip įvertinama automobilių techninės būklės priklausomybė nuo automobilio amžiaus.

Nustatyti automobilių pažeidimai ir gedimai buvo suklasifikuoti į atitinkamas grupes:

- 1) pakaba;
- 2) stabdžių sistema;
- 3) vairavimo mechanizmas,
- 4) variklis ir išmetimo sistema,
- 5) elektros sistema;
- 6) matomumo ir signalizacijos sistemų gedimai.

### Lengvųjų automobilių patikimumo skaičiavimo rezultatai

Lengvųjų automobilių patikimumo skaičiavimas atliekamas (11–16) metų senumo automobiliams, sudarant gedimų statistinę eilutę. (Žeromskas 1997). Iš gedimų statistinės eilutės matyti, kad matomumo ir signalizacijos elementų bei elektros sistemos gedimų skaičius yra didžiausias. Šie gedimai sudaro po 22 % visų gedimų. Pagrindinių sistemų gedimų dažnio pasiskirstymas pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Pagrindinių sistemų gedimų dažnio pasiskirstymas

Kaip matyti iš 1 pav., pakabos gedimai sudaro 16 %, stabdžių sistemos ir vairavimo mechanizmo gedimai – po 14 % visų gedimų, variklio ir išmetimo sistemos gedimai – 12 %.

Automobilių agregatų ir sistemų gedimų statistinės tikimybės  $p_i$  skaičiuojamos ridos intervale nuo 0 iki 100 000 km.

$$p_i = \frac{m_i}{N}, \quad (1)$$

čia:  $m_i$  – dažnis;  $N$  – bendras atsitiktinio dydžio skaičius.

Resurso vidutinė matematinė reikšmė  $T_{vid}$  apskaičiuojama pagal formulę (Žeromskas 1997):

$$T_{vid} = \sum_{i=1}^n T_{vi} \cdot p_i, \quad (2)$$

čia:  $T_{vi}$  – resurso reikšmė, atitinkanti intervalo vidurkį, km;  $n$  – statistinės eilutės intervalas, km;  $p_i$  – gedimų statistinė tikimybė.

Apskaičiuotos vidutinės matematinės reikšmės, standartiniai nuokrypiai ir variacijos koeficiento dydžiai pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė. Gedimų vidutinė matematinė reikšmė, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas

Gedimų grupės	Resurso vid. matematinė reikšmė $\overline{T_{vid}}$ , tūkst. km	Standartinis nuokrypis $\sigma$ , tūkst. km	Variacijos koeficientas $v$
Elektros sistema	48 000	27 700	0,577
Pakaba	52 500	30 000	0,571
Stabdžių sistema	53 700	28 000	0,520
Vairavimo mechanizmas	52 950	25 000	0,472
Matomumo ir signalizacijos elementai	52 000	30 000	0,570
Variklis ir išmetimo sistema	50 170	23 800	0,470

Kaip matyti iš 1 lent. duomenų, stabdžių sistemos gedimų vidutinė matematinė reikšmė yra didžiausia. Tai reiškia, kad stabdžių sistemos gedimai yra rečiausiai įvykstantys gedimai lyginant su kitomis gedimų grupėmis ir vidutiniškai pasireiškia kas 53 700 km.

Pakabos, matomumo ir signalizacijos sistemų didžiausias yra standartinis nuokrypis, kuris parodo tikimybės atsirasti gedimui ribas.

Gedimų standartinis nuokrypis  $\sigma$  apskaičiuojamas pagal šią lygtį:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (T_{vi} - T_{vid})^2 \cdot \frac{m_i}{N}}. \quad (3)$$

Variacijos koeficientas:

$$v = \frac{\sigma}{T_{vid} - T_p}, \quad (4)$$

čia:  $T_p$  – pradinės informacijos pasiskirstymas, lygus pirmo intervalo pradžiai;  $\sigma$  – gedimų standartinis nuokrypis, km.

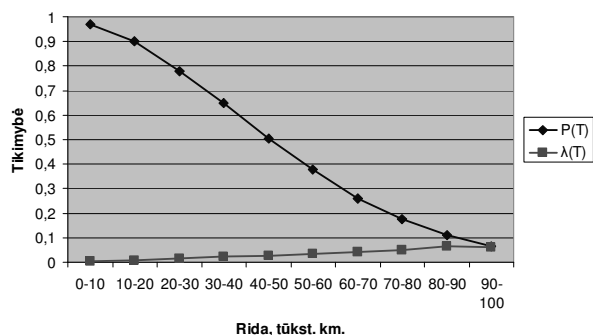
### Gedimų srauto pasiskirstymo funkcija

Pagal variacijos koeficientų dydį parenkamas lengvųjų automobilių gedimų pasiskirstymo teorinis dėsnis (Medekšas 2003). Jei mazgo variacijos koeficientas mažesnis nei 0,33, parenkamas normalusis pasiskirstymo dėsnis, o jei koeficientas yra didesnis už 0,33 – Veibulo pasiskirstymo dėsnis. Tolimesniems

skaičiavimams buvo priimtas Veibulo pasiskirstymo dėsnis.

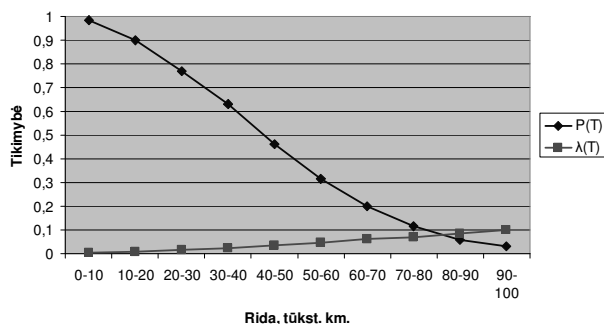
Kaip pavyzdį nagrinėsime vieną iš mažiausiai gendančių sistemų t. y. stabdžių sistemą ir variklio, bei išmetimo sistemą.

Apskaičiavus stabdžių sistemos gedimų grupę, gaunama negendamumo tikimybė  $P(T)$  ir gedimų intensyvumas  $\lambda(T)$ . Šių kintamųjų pasiskirstymo grafikas pateikiamas 2 paveiksle.



2 pav. Stabdžių sistemos negendamumo tikimybės  $P(T)$  ir gedimų intensyvumo  $\lambda(T)$  pasiskirstymas

Variklio ir išmetimo sistemos negendamumo tikimybės  $P(T)$  ir gedimų intensyvumo  $\lambda(T)$  pasiskirstymo grafikas pateikiamas 3 paveiksle.



3 pav. Variklio ir išmetimo sistemos negendamumo tikimybės  $P(T)$  ir gedimų intensyvumo  $\lambda(T)$  pasiskirstymas

2 pav. ir 3 pav. matoma, kad lengvųjų automobilių negendamumo tikimybė automobiliui nuvažiavus 10 tūkst. km. yra artima vienetui, t. y., gedimų šiuo laikotarpiu nepasitaiko. Didėjant automobilio ridai automobilių negendamumo tikimybė mažėja. Nuvažiavus 80–100 tūkst. km. ši tikimybė artėja prie nulio. Tai reiškia, kad gedimas šiose sistemose tikrai įvyks.

Negendamumo tikimybė ir gendamumo intensyvumas stipriai koreliuoja su automobilio nuvažiuotos rida (Bureika *et al.* 2012). Gedimų intensyvumas didėja, didėjant automobilio ridai, tuo tarpu negendamumo tikimybė mažėja.

### Lengvųjų automobilių gedimų statistinis pasiskirstymas

Tyrimui naudojami „Transeksa“ statistiniai duomenys (Transeksa 2013), kuriuose nurodyti Lietuvoje

registruotų lengvųjų automobilių mazgų gedimai. Šie gedimai suklasifikuoti pagal automobilių modelius ir markes.

Atliekant statistinių duomenų pasiskirstymo analizę įtraukiami automobiliai, kurie pagaminti 2003–2006 m. (rida iki 250 tūkst.) ir automobiliai pagaminti 1996–2002 m. (rida nuo 250 tūkst.). Statistinių duomenų analize buvo siekiama palyginti „Transeksos“ statistinius duomenis su tyrimo metu gautais ir apskaičiuotais automobilių negendamumo duomenimis.

Analizuojami lengvieji automobiliai pagaminti 1996–2002 m. (1-a grupė) ir 2003–2006 m. (2-a grupė). Ši automobilių grupė atitinka tyrime naudotų (11–16) metų ir atitinkamai (7–10) metų senumo automobilius.

„Transeksa“ duomenimis 1-os grupės lengvųjų automobilių gedimai pasiskirsto taip: matomumo ir signalizacijos sistemos – 15 % visų gedimų, o 2-os grupės – 13 %. Matomumo ir signalizacijos sistemos pagrindiniai trūkumai yra artimo apšvietimo žibintų ir posūkio rodiklių, taip pat valstybinio numerio apšvietimo lempučių gedimai. Techninės būklės tyrimo metu matomumo ir signalizacijos gedimai 1-os grupės automobiliams sudarė 22 %, o 2-os grupės – 20 %.

Pagal „Transeksa“ duomenimis 1-os grupės automobilių pakabos gedimai sudaro 10 % gedimų, 2-os grupės – 7 %. Analizuojant gautus rezultatus konstatuota, kad 1-os grupės automobilių šie gedimai sudaro 16 % visų gedimų, 2-ros grupės – 19 %.

1-os grupės lengvųjų automobilių variklio ir išmetimo sistemos gedimai aptinkami taip pat gana dažnai. „Transeksa“ duomenimis 1-os grupės automobilių variklio ir išmetimo sistemos gedimai sudarė 9 % visų gedimų, 2-os grupės – 5 %. Dažniausiai pastebimi lengvųjų automobilių gedimai yra dūmingumas ir skysčių prisiskindimas dėl tarpiklių susidėvėjimo, taip pat pastebima išmetimo sistemos tvirtinimo problemų. Techninės būklės tyrimo metu nustatyta, kad 1-os grupės duomenys yra 12 %, atitinkamai 2-ros grupės automobilių – 9 %.

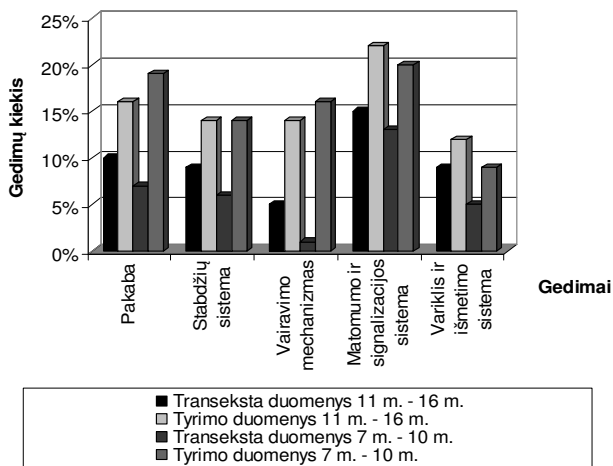
Analizuojant stabdžių sistemos gedimus gauta, kad 1-os grupės automobilių stabdžių sistemos gedimai sudarė 9 % visų gedimų, o 2-os grupės – 6 %. Tyrimo duomenimis 1-os grupės lengvųjų automobilių gedimai siekė 14 %, 2-os grupės taip pat – 14 % visų aptiktų gedimų lengvajame automobilyje. Stabdžių sistemoje pastebimas priekinių ir užpakalinių ratų jėgų netolygumas. Stabdžių sistema dažnai neatitinka nustatytų reikalavimų, pastebimas stabdžių diskų, būgnų susidėvėjimas.

Vairavimo sistema „Transeksa“ duomenimis techninius reikalavimus atitinka be didesnių problemų. Gedimai sudaro 5 % ir atitinkamai 1 % visų gedimų. Pastebimas tik šarnyrinių sujungimų gedimų intensyvumas, tuo tarpu vairo traukės išlieka puikios būklės. Tyrimo duomenimis vairavimo sistemos gedimai sudaro 12 % ir 9 % atitinkamai.

Lengvųjų automobilių gedimų pasiskirstymo lyginamieji duomenys yra pavaizduoti 4 paveiksle.

Kaip matyti iš 4 pav., analizės metu ženkliai išsiskiria tyrimo metu surinkti duomenys. Visuose gedimų grupėse pastebimas gedimų kiekio netolygumas. Lygi-

nant atlikto tyrimo duomenis su statistiniais duomenimis daroma prielaida, kad Lietuvos kelias važinėjantys lengvieji automobiliai yra prastesnės techninės būklės, negu matyti „Transeksa“ duomenimis ir į techninės apžiūros stotis atvyksta jau su sutvarkytais ir paruoštais lengvaisiais automobiliais.



4 pav. Lengvųjų automobilių gedimų pasiskirstymas

Toks gedimų pasiskirstymas ir nesutapimas galimas todėl, kad atliekant tyrimą buvo naudojami mažesnės apimties lengvųjų automobilių parko duomenys, taip pat tyrimo duomenis galėjo įtakoti nevisiškai sutampantys lengvųjų automobilių pagaminimo metai ir rida lyginant

## Literatūra

- Bureika, G.; Žuraulis, V.; Sadauskas, V. 2012. Research on automobile technical state impact on road traffic accident level in the country. Transport Means - 2012: proceedings of the 16th international conference, October 25–26, 2012, Kaunas University of Technology, Lithuania. Kaunas: Technologija, p. 69–72.
- Daugėla, G.; Mītunevičius, V.; Zaicevas, V. 2001. Naudoti lengvieji automobiliai Lietuvoje.
- DEKRA 2013. Used Car Report 2013: how we assessed [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 kovo 9 d.].
- Power, J. D. and Associates 2013. The voice of the customer [interaktyvus]. [žiūrėta 2013 11 21 d.].
- Lietuvos techninės apžiūros įmonių asociacija Transeksta 2012. Bendroji statistika [interaktyvus]. [Žiūrėta 2012 gruodžio 10 d.]. Priega per internetą: <<http://www.vta.lt/index.php/lt/ch/pagrindinis--menu/informacija--ir--statistika/ta--statistika/bendroji--statistika>>.
- Medeškas, H. 2001. Gaminių kokybė ir patikimumas. Kaunas: Technologija. 280 p.
- Paškevičius, P.; Nagurnas, S.; Bureika, G.; Žuraulis, V. 2013. Automobilvežio platformos tiltelio patikimumo tyrimas. *Mokslas – Lietuvos ateitis* 5(5): 541–545. Vilnius: Technika. ISSN 2029-2341.
- Sendžikas, V.; Zaicevas, V.; Žeromskas, R. 2001. Naudoti lengvieji automobiliai Lietuvoje. Techninių trūkumų analizė. Vilnius. 119 p.
- Žeromskas, R. 1997. Mašinų patikimumas: kursinio darbo metodiniai nurodymai ir užduotys. Vilnius. 26 p.

„Transeksa“ duomenis, tačiau tai tik nedidelė įtaka, kuri tyrimo duomenų ženkliai iškreipti negalėjo.

## Išvados

1. Atlikta Lietuvos lengvųjų automobilių techninės būklės analizė parodė, kad daugiausia aptinkama elektros, matomumo ir signalizacijos sistemos gedimų lyginant procentaliai su visais gedimais. Tai sudaro po 22 % abiejuose grupėse.

2. Nustatyta negendamumo tikimybė ir apskaičiuotas gedimų intensyvumas parodė, kad negendamumo tikimybė ir gendamumo intensyvumas stipriai koreliuoja su automobilio nuvažiuota rida. Didėjant automobilio ridai, gedimų intensyvumas didėja, tuo tarpu negendamumo tikimybė mažėja. Pavyzdžiui stabdžių sistemos negendamumo tikimybė  $P(T)$  automobiliui nuvažiavus 0–10 tūkst. km yra lygi 0,97, o ridai esant tarp 90–100 tūkst. km 0,066. Gedimų intensyvumas  $\lambda$  (T) automobiliui nuvažiavus 0–10 tūkst. km siekia 0,003, o ridai pasiekus 90–100 tūkst. km išauga iki 0,06.

3. Atliekant lengvųjų automobilių statistinių gedimų pasiskirstymo palyginimą buvo nustatyta, kad lengvieji automobiliai turi daugiau gedimų, nei teigiama pagal Lietuvos techninės apžiūros asociacijos „Transeksa“ duomenis. Vidutinis gedimų nesutapimas yra 43 %. Taip yra todėl, kad važiuojant į techninę apžiūrą, tikėtina, jog automobiliai specialiai techniškai parengiami (sutvarkomi).