

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS

ŽEMĖS ŪKIO INŽINERIJOS FAKULTETAS

Transporto ir jėgos mašinų katedra

Kęstutis Tilvikas

Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimas

Magistrantūros studijų baigiamasis darbas

Studijų sritis: Technologijos mokslai

Studijų kryptis: Mechanikos inžinerija (09T1)

Studijų programa: Žemės ūkio mechanikos inžinerija

Akademija, 2010

Baigiamųjų darbų ir egzaminų vertinimo komisija:

(Patvirtinta Rektorius 2010 m. kovo 17 d. įsakymu Nr. 60KS)

Pirmininkas: Prof. dr. Bronius KAVOLĖLIS, Lietuvos žemės ūkio universitetas

Nariai:

1. Doc. dr. Vidmantas BUTKUS, Lietuvos žemės ūkio universitetas
2. Doc. dr. Henrikas NOVOŠINSKAS, Lietuvos žemės ūkio universitetas
3. Prof. dr. Juvencijus DEIKUS, Lietuvos žemės ūkio universitetas
4. Prof. dr. Gvidonas LABECKAS, Lietuvos žemės ūkio universitetas
5. Doc. dr. Egidijus ŠARAUSKIS, Lietuvos žemės ūkio universitetas
6. Prof. dr. Juozas PADGURSKAS, Lietuvos žemės ūkio universitetas

Mokslinis vadovas

doc. dr. Algirdas JANULEVIČIUS, Lietuvos
žemės ūkio universitetas

Recenzentas

prof. dr. Gvidonas LABECKAS, Lietuvos žemės
ūkio universitetas

Oponentas

prof. dr. (HP) Juozas PADGURSKAS, Lietuvos
žemės ūkio universitetas

Katedros vedėjas

doc. dr. Stasys SLAVINSKAS, Lietuvos žemės
ūkio universitetas

LIETUVOS ŽEMĖS ŪKIO UNIVERSITETAS
ŽEMĖS ŪKIO INŽINERIJOS FAKULTETAS
TRANSPORTO IR JĖGOS MAŠINŲ KATEDRA

Magistrantūros baigiamasis darbas

Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimas

Autorius: mag. Kęstutis Tilvikas
Vadovas: doc. dr. Algirdas Janulevičius

Kalba – lietuvių
Darbo apimtis – 56 p.
Lentelių skaičius – 6
Paveikslų skaičius – 33
Naudota informacijos šaltinių – 37
Priedų skaičius – 1

Santrauka

Lengvųjų automobilių negendamumo užtikrinimas garantiniu laikotarpiu viena iš priemonių didinančių konkurencingumą. Nepaisant sukuriamų naujų gamybos technologijų, garantiniu laikotarpiu atsiranda lengvųjų automobilių gedimų. Siekiant įgyvendinti visavertį vartotojų aptarnavimą būtina užtikrinti, kad garantiniu laikotarpiu gedimai būtų šalinami kaip įmanoma greičiau. Tam pasiekti būtina, kad pardavėjai savo sandėliuose turėtų optimalų kiekį atsarginių detalių bei žinodami gedimų tikimybės priklausomybę nuo ridos galėtų atlikti prevencinius darbus gedimams išvengti. Tikimasi, kad nustačius lengvųjų automobilių gendamumą garantiniu laikotarpiu būtų lengviau optimizuoti garantinio aptarnavimo procesą. Eksperimentinių tyrimų tikslas yra nustatyti lengvųjų automobilių gendamumą garantiniu laikotarpiu. UAB „Sostena“ atliktų tyrimų duomenimis „Renault“ markės lengvųjų automobilių gedimų įvyksta per visą garantinį laikotarpį. Nepatikimiausia garantiniu laikotarpiu yra automobilių važiuoklė. Didžiausia tikimybė, kad automobilio važiuoklės sistemoje bus pastebėta gedimų, yra automobiliui nuvažiavus 40–50 tūkst. kilometrų. Automobilį eksploatuojant iki 10 tūkst. kilometrų tikimybė, kad atsiras gedimų, yra mažiausia. Tyrimais nustatyta, kad beveik penkis kartus rečiau nei važiuoklė yra pažeidžiami automobilių varikliai, elektros bei aušinimo sistemos.

Reikšminiai žodžiai: lengvasis automobilis, garantinis laikotarpis, gedimai

Master theses

Investigation of Automobiles Faults During Warranty Period

Author: mag. Kęstutis Tilvikas

Supervisor: doc. dr. Algirdas Janulevičius

Language – Lithuanian

Pages – 56 p.

Tables – 6

Pictures – 33

Sources of literature – 37

Annexes – 1

Summary

Assurance of reliability in passenger cars during the warranty period is one of the means increasing competitiveness. Although novel manufacturing technologies have been designed recently, there are some possible flaws in passenger cars that can be encountered during the warranty period. Seeking to implement a complete customer attendance it has to be made sure that during the warranty period all the faults should be mended as soon as possible. To attain this objective, first of all, it is necessary that all dealers have an optimum stock of spare parts in their warehouses and secondly, actions designed to prevent faults and failures have to be implemented based on the statistical likelihood for the most common failures to occur. It is hoped that it would be easier to optimize a process of after-sales service if a failure of passenger cars during the warranty period is established. The purpose of the experimental study is to determine a fault/ flaw of passenger cars during the warranty period. The findings of research done by Ltd. “Sostena” suggest that failures of “Renault” passenger cars occur during the whole period of warranty. Chassis was found to be the most unreliable part during the warranty period. The research evidence also indicates that the highest likelihood for the flaws to be noticed in a chassis is after a car has done from 40 to 50 thousand kilometres. The least probability for the flaws to manifest themselves was determined before a passenger car had done 10 thousand kilometres. The research shows that chassis, electricity and cooling systems are five times less prone to failures.

Keywords: passenger car, warranty period, failures

TURINYS

IVADAS	6
1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ	7
1.1. Gaminių patikimumas ir kokybė	7
1.2. Gedimų klasifikavimas bei jų atsiradimo priežastys	10
1.3. Lengvųjų automobilių gedimų priežasčių ir gedimų dažnio analizė	15
1.4. Lengvųjų automobilių techninės priežiūros ir remonto režimas bei jo formavimasis	17
1.5. Diagnozavimo metodai	18
1.6. Automobilių remontabilumas	19
1.7. Lengvųjų automobilių variklio gedimų analizė	21
1.8. Lengvųjų automobilių važiuoklės gedimų analizė	22
1.9. Lengvųjų automobilių aušinimo sistemos gedimų analizė	25
1.10. Lengvųjų automobilių elektros sistemos gedimų analizė	27
1.11. Rečiau pasitaikančių automobilių gedimų analizė	28
1.12. Naujų automobilių priežiūra garantiniu laikotarpiu	30
1.13. Teorinis lengvųjų automobilių techninės priežiūros ir remonto strategijos optimizavimas	31
1.14. Teorinis transporto priemonių remontabilumo rodiklių nustatymas	33
1.15. Informacijos šaltinių apibendrinimas	35
2. TYRIMŲ TIKSLAS IR UŽDAVINIAI	36
3. TYRIMŲ METODIKA	37
3.1. Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimų metodika	37
3.2. Statistinės eilutės sudarymas	39
3.3. Pagrindinių skaitinių charakteristikų skaičiavimas	40
3.4. Lengvųjų automobilių negendamumo tikimybės nustatymas	41
4. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS	42
4.1. Pagrindinių skaitinių charakteristikų skaičiavimas	42
IŠVADOS	53
LITERATŪROS APRAŠAS	54
DARBO APROBACIJA	57
PRIEDAI	58
1 priedas	59

IVADAS

Gaminio patikimumas yra jo savybė išlaikyti savo kokybę, techninius parametrus, iš anksto numatytą laiką (Medekšas, 2003). Vartotojas, įsigydamas gaminį, tikisi, kad juo galės naudotis tam tikrą laiką, todėl gaminant sudėtingus technologinius įrenginius ypač stengiamasi iširti jų patikimumą, kad vartotojas nepatirtų nuostolių. Gaminio patikimumo skaičiavimai prasideda projektavimo stadijoje, kadangi jau tuomet reikia ypatingai atsargiai rinktis medžiagas, jas tirti, bandyti ir tik tuomet naudoti gamyboje. Gaminio patikimumas, negendamumas labai priklauso ir nuo eksploatacijos, aplinkos sąlygų, darbo režimų, techninės priežiūros plano. Todėl visas šitas sąlygas reikia iširti ir apibendrintai pateikti vartojimo instrukcijoje.

Pastaraisiais metais ypač padidėjo lengvųjų automobilių Lietuvos keliuose. Asiradus palankioms naujų automobilių įsigijimo sąlygoms žymiai padidėjo jų pirkimas.

Šiuolaikiniai automobiliai yra aukšto techninio lygio ir puikios kokybės, tenkinančios net gana įnoringus vairuotojus. Nepaisant to, dažnai, perkant naują automobilį, atsižvelgiama ne tik į jo technines charakteristikas, modelį, dydį ar galingumą, bet ir į jo saugumą kelyje bei patikimumą. Ypač svarbus automobilio patikimumas garantiniu laikotarpiu. Tuomet garantija taikoma visoms dalims, kuriose yra medžiagų ar gamybos defektų (Christozov, 2010)

Lengvųjų automobilių patikimumas bei negendamumas turi būti užtikrinamas projektuojant atskiras detales bei rengiant pradinį gamybos darbą (Medekšas, 2003). Technologiniame procese svarbu užtikrinti operacijų atlikimo kokybę, šioje stadijoje lemiamos įtakos galutinio gaminio kokybei turi ne tik medžiagos, jų kokybė, bet ir darbuotojų profesionalumas bei kruopštumas. Lengvieji automobiliai turi būti pritaikyti eksploatuoti įvairiomis klimatinėmis sąlygomis, siekiant kaip galima daugiau juos apsaugoti nuo nepalankių gamtos poveikių – korozijos ir kt.

Lietuvoje lengvieji automobiliai nėra gaminami. Mūsų šalyje parduodami kitų Europos bei pasaulio šalių gamintojų automobiliai. Kadangi gamintojų būstinės dažnai yra toli nuo eksploatuojamų automobilių, garantiniu aptarnavimu rūpinasi lengvųjų automobilių pardavėjai. Sugedus transporto priemonei, savininkui yra labai svarbu, kad gedimas būtų pašalintas kaip galima greičiau. Įvertinus tokią situaciją svarbu nustatyti automobilių, jų sistemų ar atskirų detalių gendamumo tikimybę bei identifikuoti dažniausiai gendančias detales. Žinant šiuos rezultatus gali būti užtikrinamas pakankamas atsarginių detalių kiekis automobilių pardavėjų sandėliuose.

Remiantis atliktais tyrimais bus siekiama nustatyti lengvųjų automobilių detalių gendamumą garantiniu laikotarpiu.

1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ ANALIZĖ

1.1. Gminių patikimumas ir kokybė

Gaminio patikimumas yra jo savybė išlaikyti kokybę iš anksto numatytą laiko tarpą (Medekšas, 2003; Višniakas, 2005). Transporto priemonės bei ją sudarančių agregatų ir sistemų patikimumo pagrindai padedami ją projektuojant. Transporto priemonės patikimumo garantijos, užfiksuotos jos projekte, būna efektyvios tik tuomet, kai transporto priemonė pagaminama tiksliai pagal brėžinį ir numatytą technologiją (Jonušas, 2001). Transporto priemonės patikimumas labai priklauso nuo jos eksploatacijos bei eksploatacijos taisyklių, nustatytų gamintojų, laikymosi (Mickūnaitis, 2006). Bet kurios transporto priemonės gyvavimo ciklas susideda iš trijų etapų: projektavimo, gamybos ir eksploataavimo (LST 1280:1993). Projektavimo tarpsniu visi patikimumui skaičiuoti ir tirti uždaviniai yra skirstomi į grupes:

- svarbiausių mašinos elementų patikimumo pagrindimas. Apytikriai numatoma mašinos struktūra ir pagrindžiami projektavimo principai, naudojantis orientaciniais patikimumui skaičiuoti metodais parengiamas techninis projektas;
- mašinų ir jos elementų patikimumo nustatymas: tiriami metodai, skirti patikimumui nustatyti bei įvertinamas jų efektyvumas, parenkamos svarbiausios projektinės charakteristikos – atsparumas, ilgaamžiškumas, patvarumas ir kt.
- kontroliniai patikimumo skaičiavimai naudojantis projektine dokumentacija. Jie atliekami tikslaus arba visiško patikimumo skaičiavimo metodais (Jonaitis, 1998).

Transporto priemonių norimą patikimumą sukurti, pagaminti ir šiam patikimumui išsaugoti reikia mokėti tą patikimumą nustatyti visuose minėtuose etapuose, nes kiekviename iš jų transporto priemonių patikimumo skaičiavimo ir kontrolės tikslai šiek tiek skirtingi. Pagrindiniai transporto priemonių patikimumo veiksniai pateikiami diagramoje (1.1 pav.) (Mickūnaitis, 2006).

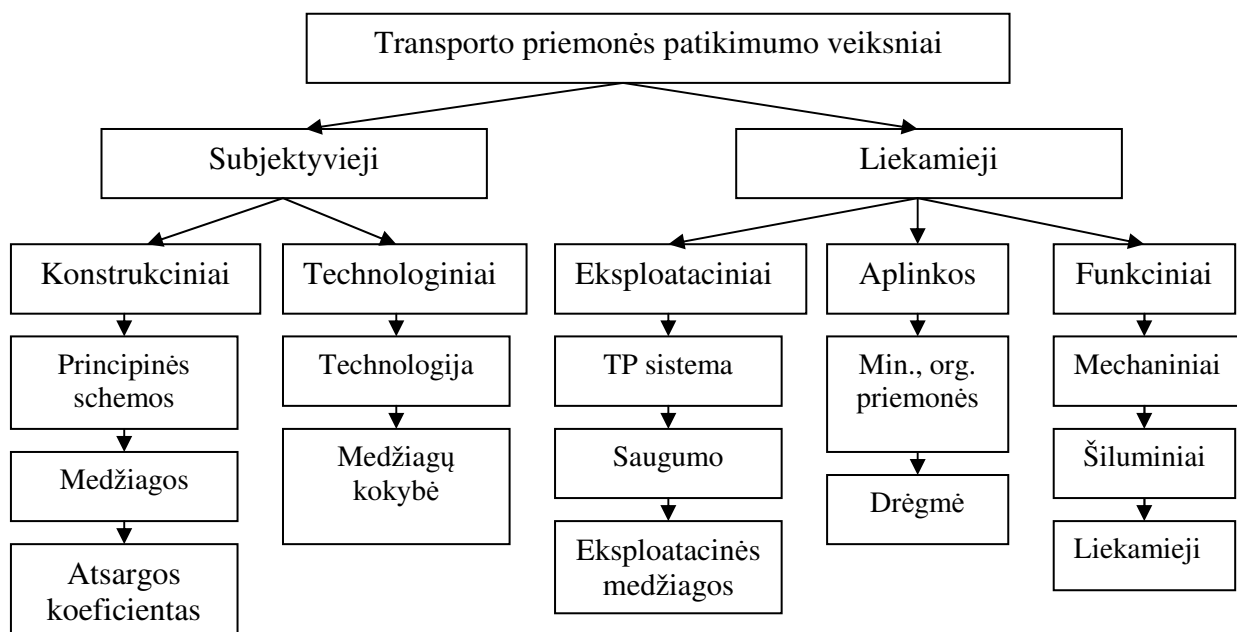
Mašinos bei jos elementų patikimumas nustatomas pagal įvairias savybes: negendamumą, ilgaamžiškumą, pataisomumą, išsilaikomumą (Medekšas, 2003; Jonušas, 2001; Višniakas, 2005; Brazys, 2007). Vienas pagrindinių patikimumo parametrų yra negendamumas – tai objekto gebėjimas nepertraukiamai išlaikyti tam tikrą laiką savo darbingumą (Višniakas, 2005). Kiekybiškai jį nusako šie rodikliai: negendamumo tikimybė, vidutinis išdirbis iki gedimo, vidutinis išdirbis tarp gedimų, gedimų intensyvumas ir gedimų srauto parametras (Medekšas, 2003). Lengvųjų automobilių negendamumas apribojamas detalės darbo trukmės, priklausomai nuo jos lengvųjų automobilių, jų sistemų ar atskirų detalių negendamumas mažėja. Eksploatuojant transporto priemones negendamumui didelės įtakos turi apkrovos pobūdis bei jos

kaita laiko atžvilgiu, mašinos darbingumo palaikymo lygis bei dar daugelis kitų parametrų. Trumpiau automobilių detalių negendamas gali būti išreiškiamas priklausomybe:

$$P=P(t, T, S, V, F), \quad (1.1)$$

čia P – negendamas;
 t – laikas, kuriam skaičiuojamas negendamas;
 T – detalės darbo trukmė tol, kol ji sugenda;
 S – apkrovos pobūdis;
 V – apkrovos keitimosi laiko atžvilgiu pobūdis;
 F – mašinos darbingumo palaikymo lygis (Jonaitis, 1998).

Vieniems objektams didžiausią reikšmę turi negendamas, kitiems – ilgaamžiškumas arba ilgaamžiškumas ir pataisomumas kartu paėmus (Brazys, 2007). Negendamas labai svarbus tokiems objektams, kuriems sugedus būna žmonių aukų arba didelių materialinių nuostolių. Kiekvieną šių savybių nusako tam tikra grupė patikimumo rodiklių. Kadangi gedimų atsiradimo laikas ir jo šalinimo trukmė yra atsitiktiniai dydžiai, tai patikimumo rodikliai yra nustatomi remiantis tikimybių teorija bei matematine statistika (Jonaitis, 1998).



1.1 pav. Transporto priemonių patikimumo veiksniai (Mickūnaitis, 2006)

Šiuolaikinės technikos sudėtingumas, gamybinių procesų mechanizavimas ir automatizavimas, gyventojų poreikių didėjimas, kylant jų materialinei gerovei, sudaro objektyvias sąlygas planingai gerinti visų pramonės šakų produkcijos kokybę (Čereška, 2005).

Technikos objekto kokybė yra sudėtinė savybė, apibūdinama įvairiomis charakteristikomis, prisidedančiomis prie vartotojo reikmių tenkinimo (Višniakas, 2005; Brazys, 2007). Yra išskiriamos trys pagrindinės kokybės charakteristikos: tolydinės, diskretinės, dvejetainės. Tolydinės charakteristikos yra tokios, kurios gali įgauti bet kokią reikšmę nustatytame reikšmių intervale, jos yra objektyvios, nes gali būti tiksliai išmatuojamos ir nepriklauso nuo asmeninės nuomonės (Višniakas, 2005). Subjektyviomis yra laikomos diskretinės charakteristikos, kurios naudojamos pažymėti savybėms, kurioms būdingos kelios reikšmės. Pačios konkrečiausios yra dvejetainės technikos objekto kokybės charakteristikos, kuriomis įvardinama ar objektas turi vieną ar kitą savybę, ar ne. Šiuo atveju vertinimas gali turėti vieną iš dviejų variantų – taip arba ne (Medekšas, 2003; Višniakas, 2005; Čereška, 2005).

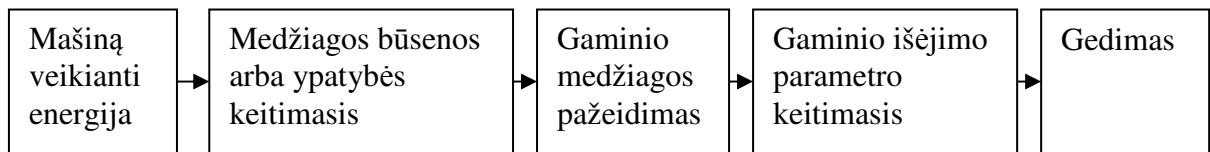
Standartas ISO 9000 kokybę apibrėžia taip: kokybė yra produkto ar paslaugos savybių ir charakteristikų visuma, leidžianti patenkinti vartotojo pareikštas ar numatomas reikmes (LST 1280:1993). Esminės kokybės savybės yra tai, kad gaminys gerai atlieka savo funkcijas, yra ilgaamžiškas, lengvai aptarnaujamas, patraukliai atrodo, yra pagamintas pagal naujausias technologijas (Medekšas, 2003; Čereška, 2005). Transporto priemonių kokybės rodikliai yra skirstomi į:

- paskirties, rodantys, ar transporto priemonė atitinka paskirtį (variklio galia, traukos jėga, dinamiškumas, didžiausias greitis, leidžiama naudingoji apkrova ir kt.);
- patikimumo (negendamumas, ilgaamžiškumas, pataisomumas ir išlaikomumas);
- ekonomiškumo (apibendrintas lyginamasis degalų ekonomiškumo rodiklis, bendrosios techninės priežiūros ir remonto lyginamosios darbo sąnaudos);
- ekologinius (deginių toksiškumas, triukšmo lygis išorėje);
- ergonominius (triukšmo lygis salone, vairo sukimo jėga, stabdžių pedalo spaudimo jėga);
- saugumo (stabdymo kelias, konstrukcijos saugumo atitikimas tarptautinėms normoms);
- estetinius (konstruktorių dizainerių kompleksinis įvertinimas);
- transportinius;
- standartizacijos ir unifikacijos;
- patentinius teisinius ir kt. (Mickūnaitis, 2006).

Daugeliu atvejų automobiliai praranda savo kokybę eksploatacijos metu. Transporto priemonių eksploatacija – tai sudėtingas procesas, susidedantis iš įvairių periodų, kurių metu mašinų darbingumas mažėja arba atstatomas (Jonaitis, 1998). Automobilių eksploatavimas trunka nuo gaminio pagaminimo iki iškomplektavimo.

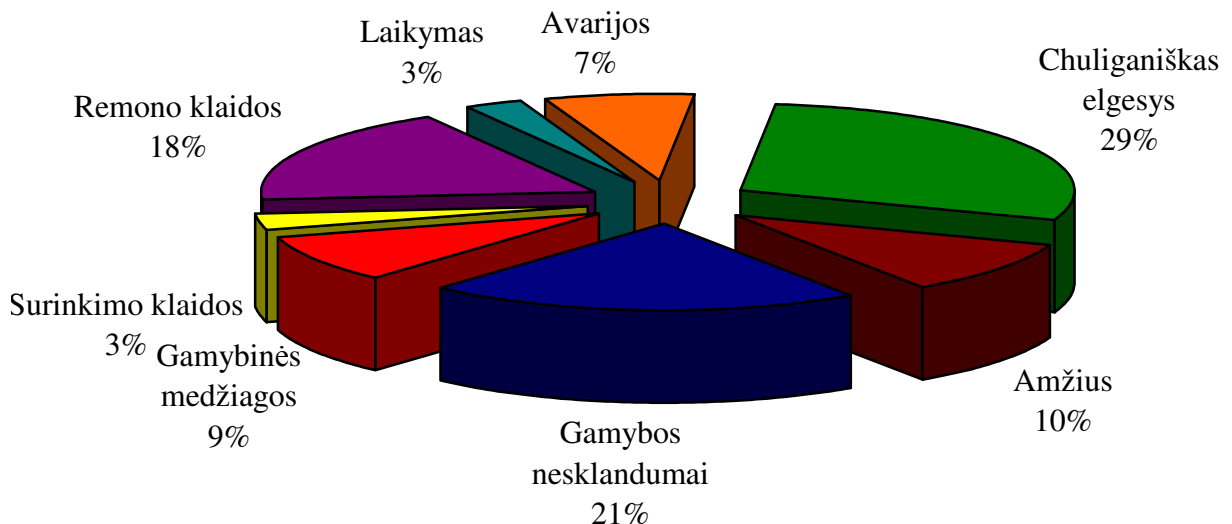
1.2. Gedimų klasifikavimas bei jų atsiradimo priežastys

Pirmaisiais automobilio eksploatavimo metais vienas gedimas įvyksta vidutiniškai kas 24 tūkst. km., o septintaisiais – kas 5 tūkst. km. Todėl būtina gerai žinoti gedimų srauto kitimą (Tilindis, 2003). Šiuolaikinis automobilis turi 15–18 tūkst. detalių, iš kurių 7–9 tūkst. keičia savo kokybę. Be to, 3–4 tūkst. detalių darbo laikas trumpesnis nei paties automobilio (Brazys, 2007; Mickūnaitis, 2004). Vykstant sudėtingiems fizikiniams ir cheminiams procesams, keičiasi transporto priemonės pradiniai parametrai tol, kol ji sugenda (1.2 pav.).



1.2 pav. Transporto priemonės gedimo atsiradimo struktūrinė schema

Vidutiniškai 10 procentų automobilių gedimų priklauso nuo jų amžiaus, o daugiausia – 21 proc. gedimų yra įtakojami gamintojo daromų klaidų. Automobilių gedimų išsidėstymas pateikiamas 1.3 paveiksle (Heyes, 1998; Lawless, 2010).



1.3 pav. Naujų automobilių gedimų atsiradimo priežastys (Heyes, 1998)

Vykstant sudėtingiems fiziniams bei cheminiams procesams, kinta detalių medžiagų pradinės savybės ir būklė: jos senėja, lengviau pažeidžiamos, iškyla įvairių sutrikimų pavojus (Mickūnaitis, 2006). Objekto ar elemento darbingumo netekimas dar gali būti vadinamas gedimu

(Jonušas, 2001). Gedimų priežastis dažniausiai būna detalių pokyčiai joms trinant ir dylant. Tas pats elementas gali sugesti dėl kelių skirtingų priežasčių, t. y. gedimai gali būti įvairių tipų (Heyes, 1998). Gaminio projektavimo stadijoje, norint iki minimumo sumažinti gedimo tikimybę, būtinai išanalizuoti visus galimus elemento gedimo tipus, ištirti jų priežastis ir numatyti priemones gedimams išvengti arba jų dažniui sumažinti. Sąlygos gedimams atsirasti susidaro dėl klaidų ir defektų visose objekto gyvavimo stadijose, t. y. projektuojant, gaminant ir eksploatuojant (Medekšas, 2003; Višniakas, 2005).

Gedimo priežastys skirstomos į dvi klases:

- priklausomos nuo elemento medžiagos savybių;
- nepriklausomos nuo medžiagos.

Nuo medžiagos savybių priklausantys gedimai yra plastinės deformacijos, veikiant statinei apkrovai, išsidėvėjimas, smūginis suirimas, irimas dėl korozijos, irimas dėl aukštos temperatūros (Jonaitis, 1998). Šiuolaikinių mašinų ir įrengimų patikimumą nemažai sąlygoja trinties procesai kinematinėse porose (Rymeikis, 1990). Suirimas apkrovimo metu įvyksta deformuojamame kūne susikaupus didelėms plastinėms deformacijoms. Vienas dažniausiai pasitaikančių gedimų yra metalų korozija. Korozija pažeidžia visus automobilius, tiek naujesnius, tiek senesnius. Skirtingi modeliai gaminami skirtingai, tad ir rūdija vieni mažiau, o kiti daugiau. Kad ir kaip ten bebūtų – metalas, veikiamas mūsų šalies klimato, anksčiau ar vėliau yra paveikiamas korozijos, ypač jei automobilio kėbulas yra patyręs auto įvykių (Medekšas, 2003; Višniakas, 2005). Kuo labiau ir stipriau bent kartą buvo deformuotas automobilio kėbulas, tuo greičiau jis pradeda rūdyti, todėl jam būtina atlikti kėbulo konservavimo darbus – kėbulo ir dugno paruošimą ir antikorozinį padengimą. Visi nauji automobiliai paprastai būna padengti antikorozine danga, bet eksploatacijos metu ji dėvisi, todėl kartais tenka atnaujinti. Yra keletas būdų kaip apsisaugoti nuo korozijos (Tilindis, 2003). Svarbiausia – sustabdyti dviejų veiksnių poveikį, kurie įtakoja korozijos greitį – tai deguonį ir drėgmę.

Objektai ir jų elementai gali sugesti dėl nuo medžiagos nepriklausančių priežasčių: surinkimo klaidų, paviršiaus įbrėžimų, sandarumo praradimo, tvirtinimų atsipalaidavimo, padidėjusių vibracijų ir triukšmo, prastos priežiūros ir pan. (Čereška, 2005).

Didžioji dalis gedimų atsiranda intensyviai eksploatuojant transporto priemones. Eksploatuojant veikia trys svarbiausi veiksniai, dėl kurių mažėja jų kokybė, gali atsirasti gedimai: aplinkos energija, vidiniai energijos šaltiniai, potencinė energija (Mickūnaitis, 2006).

Aplinkos poveikis dažnai būna viena pagrindinių gedimų priežasčių (Mickūnaitis, 2004). Nepalankiomis klimato sąlygomis suaktyvinamas paviršių korodavimas, mažinamas technologinių medžiagų patvarumas. Įvairių automobilių markių polinkis rūdyti skirtingas

(Azevedo 2010; Yu 2010; Čereška, 2005). Pavojingiausia yra ta korozija, kuri prasideda sunkiai matomose, uždaroje erdmėje – pavyzdžiui, slenksčiuose, durelių vidiniuose paviršiuose, lanžeronuose, statramsčiuose ir pan. Automobilių gamintojai nuolatos tobulina technologijas, imasi įvairių priemonių, kad jų gaminamų automobilių atsparumas korozijai didėtų, ilgėtų antikorozijos garantijos laikas (Pukauskas, 2008).

Vidiniai energijos šaltiniai susidaro dirbant transporto priemonei. Potencinė energija yra susikaupusi transporto priemonės detalėse ir medžiagose vykstant jos gamybos procesui.

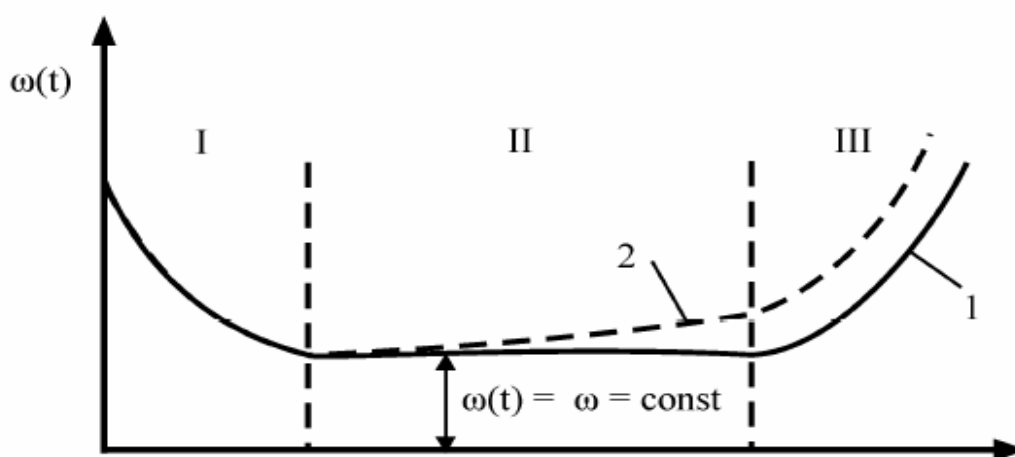
Pagal atsiradimo priežastis gedimai skirstomi į konstrukcinius, technologinius ir eksploatacinius. Konstrukciniai gedimai įvyksta dėl projektavimo klaidų, kai nesilaikoma standartų, sumažinami detalių atsparumo atsargos koeficientai, parenkamos netobulos principinės schemos (Višniakas, 2005). Technologiniai gedimai atsiranda, kai pažeidžiama gamybos technologija, nesilaikoma techninės dokumentacijos reikalavimų, naudojamos nekokybiškos medžiagos ir komplektinės detalės, netikrinama gamybos technologija bei gaminių kokybė. Eksploataciniai gedimai įvyksta tuomet, kai transporto priemonė eksploatuojama ne jai skirtomis sąlygomis, nesilaikoma techninėje dokumentacijoje nurodomų eksploatavimo taisyklių, naudojami netinkami tepalai ir kitos eksploatacinės medžiagos, žema personalo kvalifikacija.

Pagal transporto priemonės gedimo poveikį darbingumui gedimai gali būti daliniai ir visiški (Butkus, 1993; Pukauskas, 2008). Įvykus daliniam gedimui, transporto priemonė pasidaro iš dalies nedarbinga, t. y. dar gali atlikti savo funkcijas, bet sumažėja jos darbo efektyvumas. Šie gedimai dažniausiai susiję su transporto priemonės išsiregulavimu, todėl sutaisomi techninio aptarnavimo metu. Įvykus visiškam gedimui, transporto priemonė pasidaro visiškai nedarbinga, t. y. negali atlikti savo funkcijų. Visiškus gedimus galima pašalinti tik suremontavus ar pakeitus sugedusius mazgus arba elementus (Medekšas, 2003; Jonušas, 2001; Višniakas, 2005; Čereška, 2005).

Priklausomai nuo gedimo atsiradimo laiko jie gali būti staigūs, lėtiniai ir protarpiniai (Višniakas, 2005). Staigūs gedimai yra tada, kai automobilis ar atskira jo detalė sugenda staiga, netikėtai, ją vienu metu veikiant vienam ar keliems atsitiktiniams veiksniams. Vykstant lėtiniam gedimui, transporto priemonės kokybė mažėja palaipsniui ir kritinę ribą pasiekia per tam tikrą laiko tarpą. Protarpinis gedimas – tai daugkartinis trumpalaikis objekto funkcijų sutrikimas, atsistatantis vykstant gaminyje atvirkštiniais pokyčiams (Jonaitis, 1998).

Vertinant transporto priemonę kaip vientisą sistemą, pastebima, kad gedimų dažnis priklauso nuo eksploatacijos trukmės (1.4 pav.). Didelės gedimų dažnio reikšmės būdingos objekto eksploatacijos pradžiai ir pabaigai (I ir III stadijos). I stadijoje gedimų skaičius sparčiai

mažėja, nes išmokstama naudoti objektą, pašalinami gamybos defektai, prisiderina kinematinės poros. Paskui nusistovi objekto normalaus darbo gedimų dažnis. II stadijoje gedimų dažnis yra pastovus, jis dar gali būti vadinamas stacionariuoju. Šiuo laikotarpiu gedimai dažniausiai yra atsitiktiniai. Jų priežastis – nuokrypiai nuo normalaus darbo režimo. III stadijoje gedimų pagausėja dėl objekto elementų dilimo, senėjimo ir kitų priežasčių. Dėl padažnėjusių gedimų netikslinga toliau eksploatuoti objektą ir jis arba nurašomas, arba atliekamas kapitalinis remontas. Manoma, kad po kapitalinio remonto gedimų dažnis yra stacionarusis (Mickūnaitis, 2006).



1.4 pav. Gedimų dažnio priklausomybė nuo eksploatacijos trukmės: 1 – teorinė kreivė, 2 – realusis gedimų dažnis (Mickūnaitis, 2006).

Gedimo atsiradimo laikas ir jo šalinimo trukmė yra atsitiktiniai dydžiai, todėl patikimumo rodikliai dažniausiai nustatomi remiantis tikimybių teorija ir matematine statistika (Mickūnaitis, 2006; Brazys, 2007).

Projektavimo stadijoje atlikta gedimų analizė leidžia sumažinti gedimų intensyvumą pradinėje ir galinėje objekto eksploatavimo stadijose bei pailginti tarpinę stadiją, kurioje gedimų greitis stacionarus. Tai gali būti pasiekta šiomis priemonėmis:

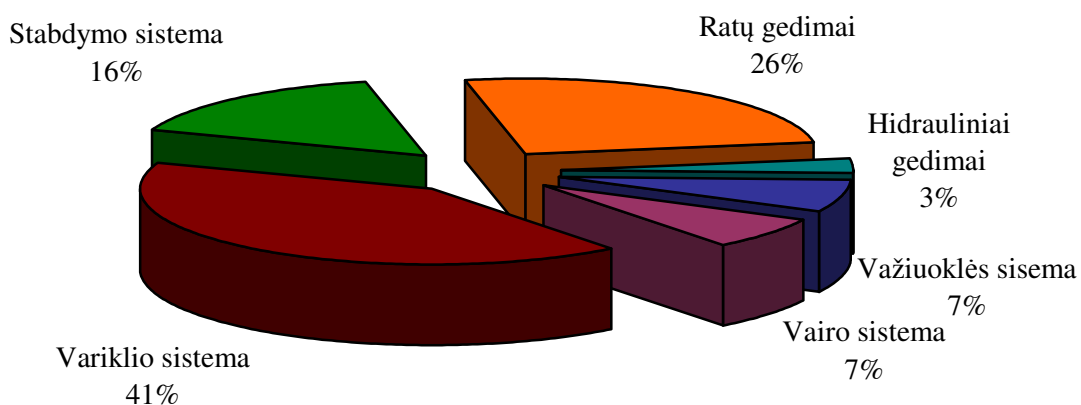
- mažinant įtempimus elemente;
- įdedant tam tikrą laiką naują elementą, kad praeitų pradinė gedimų stadija;
- numatant atitinkamą techninę priežiūrą.

Įtempimų mažinimas mazguose yra vienas pagrindinių lengvųjų automobilių projektavimo bei gamybos uždavinių, tačiau nemažiau svarbu yra tiek trinties tiek dėl jos atsiradusiems temperatūriniais pažeidimams mažinti yra naudojamos alyvos. Šiuo metu plačiausiai paplitusios sintetinės bei mineralinės alyvos, tačiau vis didesnis dėmesys skiriamas ne

mažiau pranašioms bioalyvoms, pagamintoms iš rapsų ar kitų atsinaujinančios energijos šaltinių (Padgurskas, 2008).

Žinant automobilių sistemų gendamumo tikimybę garantiniu laikotarpiu ar po jo iš dalies galima būtų užkirsti kelią daugeliui gedimų. Tam atlikti būtina sudaryti specialias automobilių profilaktinės patikros metodikas, pagal kurias galima būtų atlikti nesudėtingas operacijas, kuriomis bent iš dalies būtų sumažinta gedimų atsiradimo tikimybė. Patikrų metu labai svarbu yra užtikrinti gerą visų sistemų darbą, nes dažnai sugedus vienam elementui seka visos sistemos ar net kelių sistemų gedimų atsiradimas (Tilindis, 2003).

Naujų automobilių garantiniu eksploatavimo laikotarpiu dažniausiai pasireiškia gamybiniai defektai. Gedimų dažnio charakteristika pateikiama 1.5 paveiksle (Tilindis, 2003; Mickūnaitis, 2004; Heyes, 1998).



1.5 pav. Dažniausiai pasitaikantys gamykliniai gedimai

Automobilių būklė vertinama analizuojant įvairius automobilių mazgus, sistemas ar elementus. Automobilių būklei įvertinti yra daug įvairių metodų, kurie remiasi fizikinėmis, cheminėmis ir kitomis elementų savybėmis (Šimakauskas, 2004). Techninės priežiūros laikas gali būti apibūdintas kaip momentas, kada kai kurie objekto elementai pasiekia ribinę būklę. Neatlikus techninės priežiūros, tų elementų darbingumas pradeda mažėti ir tai gali sukelti nepataisomų kitų objekto elementų gedimų. Pavyzdžiui, laiku nepakeitus tepalo ir tepalo filtro vidaus degimo variklyje, jo darbas pablogėja, ir po tam tikro laiko stūmokliai gali užstrigti cilindruose, laiku nepakeitus ratų padangų, jos slysta stabdymo metu ir sukelia rimtos avarijos grėsmę.

1.3. Lengvųjų automobilių gedimų priežasčių ir gedimų dažnio analizė

Kuo sudėtingesnis technikos objektas, tuo realesnis pavojus, kad jis bus nepatikimas. Dėl to būtina imtis specialių priemonių patikimumui didinti. Projektuojamų objektų patikimumas turi būti apskaičiuojamas iš anksto (Višniakas, 2005; Čereška, 2005). Skaičiavimams reikalingi duomenys apie tokių pat arba panašių objektų ar jų elementų patikimumo charakteristikas. Šie duomenys gaunami arba specialiais bandymais, arba statistiškai apdorojant eksploatacinius rodiklius. Specialūs patikimumo bandymai yra labai brangūs, todėl dažniausiai išbandomi ne patys gaminiai, o tikrai kai kurie jų elementai (Čereška, 2005).

Tas pats elementas gali sugesti dėl kelių skirtingų priežasčių, t. y. gedimai gali būti įvairių tipų. Gaminio projektavimo stadijoje, norint iki minimumo sumažinti gedimo tikimybę, būtina išanalizuoti visus galimus elemento gedimo tipus, ištirti jų priežastis ir numatyti priemones gedimams išvengti arba jų dažniui sumažinti. Sąlygos gedimams atsirasti susidaro dėl klaidų ir defektų visose objekto gyvavimo stadijose, t. y. projektuojant, gaminant ir eksploatuojant (Jonušas, 2001; Višniakas, 2005).

Gedimo priežastys skirstomos į dvi klases:

- priklausomos nuo elemento medžiagos savybių;
- nepriklausomos nuo medžiagos.

Nuo medžiagos savybių priklausantys gedimai yra tokie: plastinės deformacijos, veikiant statinei apkrovai, išsidėvėjimas, smūginis suirimas, irimas dėl korozijos, irimas dėl aukštos temperatūros ir pan.

Objektai ir jų elementai taip pat gali sugesti dėl nuo medžiagos nepriklausančių priežasčių: surinkimo klaidų, paviršiaus įbrėžimų, sandarumo praradimo, tvirtinimų atsipalaidavimo, padidėjusių vibracijų ir triukšmo, prastos priežiūros ir pan.

Projektavimo stadijoje atlikta gedimų analizė leidžia sumažinti gedimų intensyvumą pradinėje ir galinėje objekto eksploatavimo stadijose bei pailginti tarpinę stadiją, kurioje gedimų greitis stacionarus.

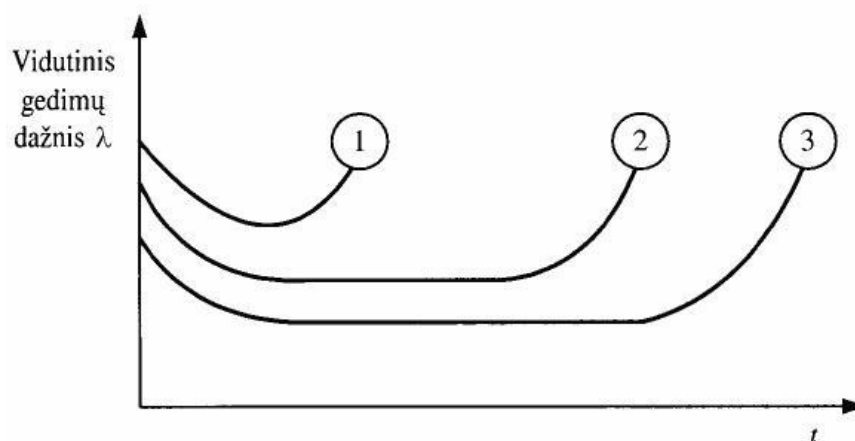
Tai gali būti pasiekta šiomis priemonėmis:

- mažinant įtempimus elemente;
- įdirbant tam tikrą laiką naują elementą, kad praeitų pradinė gedimų stadija;
- numatant atitinkamą techninę priežiūrą.

Kai labai padidėja elemento įtempimai (1.6 pav. 1 kreivė), gedimų greitis yra didelis, o stacionaraus gedimų greičio atkarpa maža. Mažinant įtempimus elemente, gedimų intensyvumas mažėja, o vidurinė horizontalioji kreivės dalis ilgėja, t. y. ilgėja elemento normalaus darbo

trukmė (2 ir 3 kreivės). Objekto patikimumui padidinti kartais atliekamas pradinis naujo elemento įdirbis. Tai sumažina gedimų skaičių eksploatacijos metu.

Laiku atliekama techninė priežiūra trukdo objektui pasiekti trečiąją 1.6 paveiksle parodytų kreivių stadiją, kuriai būdingas didėjantis gedimų intensyvumas (Medekšas, 2003). Techninės priežiūros laikas gali būti apibūdintas kaip momentas, kada kai kurie objekto elementai pasiekia ribinę būklę. Neatlikus techninės priežiūros, tų elementų darbingumas pradėtų mažėti ir tai galėtų sukelti nepataisomų kitų objekto elementų gedimų (Višniakas, 2005). Pavyzdžiui, laiku nepakeitus tepalo ir tepalo filtro vidaus degimo variklyje, jo darbas pablogėtų, ir po tam tikro laiko stūmokliai galėtų užstrigti cilindruose; laiku nepakeitus padangų, jos slystų stabdymo metu ir sukeltų rimtos avarijos grėsmę (Brazys, 2007).



1.6 pav. Vidutinio gedimų greičio priklausomybė nuo elemento apkrovimo: 1 – labai dideli įtempimai; 2 – vidutiniai įtempimai; 3 – maži įtempimai

Projektuojamų objektų patikimumas turi būti apskaičiuojamas iš anksto. Skaičiavimams atlikti reikalingi duomenys apie tokių pat arba panašių objektų ar jų elementų patikimumo charakteristikas (Pukauskas, 2008). Šie duomenys gaunami arba specialiais bandymais, arba statistiškai apdorojant eksploatacinius rodiklius. Specialūs patikimumo bandymai yra labai brangūs, todėl dažniausiai išbandomi ne patys gaminiai, o tikrai kai kurie jų elementai. Sudėtingų brangių technikos objektų gedimai registruojami, nurodant gedimo tipą ir sugedusį elementą. Vėliau gedimai klasifikuojami pagal juos sukėlusį reiškinį (Mickūnaitis, 2006).

Dažniausiai naudojamas eksperimentiškai nustatomas parametras yra vidutinis gedimų intensyvumas (greitis). Jis apskaičiuojamas, dalijant suminį gedimų skaičių per stebėjimo laiką iš suminio įdirbio per tą patį laiką. Šitaip skaičiuojant, daroma prielaida, kad vidutinis gedimų intensyvumas yra toks pat per visą stebėjimo laiką (Višniakas, 2005; Heyes, 1998).

1.4. Lengvųjų automobilių techninės priežiūros ir remonto režimas bei jo formavimasis

Techninės priežiūros ir remonto režimas – tai transporto priemonės techninės priežiūros ir remonto tikslams realizuoti reikalingų priemonių sistema. Jį sudaro privalomų darbų seka, jų atlikimo periodiškumas, darbų sąnaudos ir gamybos techninė bazė. Remonto darbų periodiškumas priklauso nuo įvykusio gedimo, tačiau profilaktinio remonto operacijos atliekamos, laikantis tam tikro periodiškumo (Višniakas, 2005; Jonaitis, 1998; Tilindis, 2003).

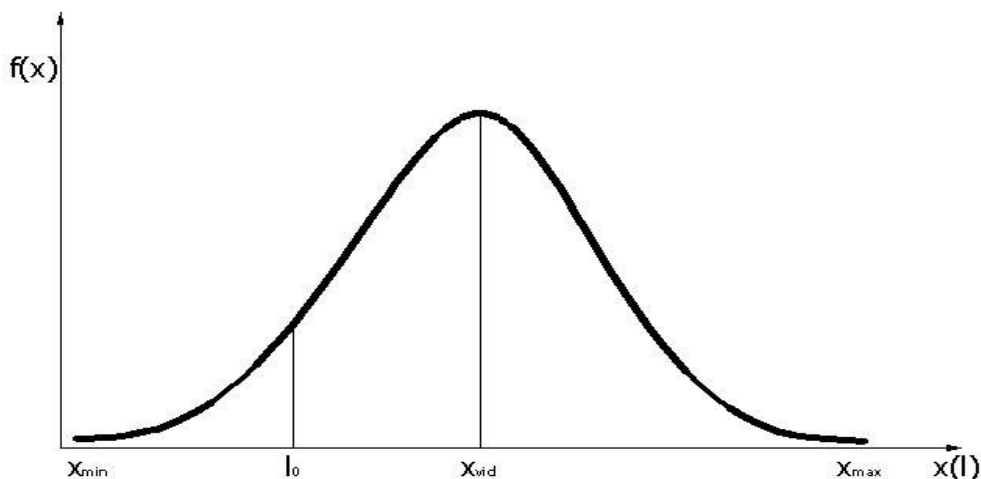
Techninės priežiūros darbai būna:

- privalomi (kontroliniai – diagnostikos, tepimo, valymo, tvirtinimo ir kt.);
- pagal poreikius (reguliavimo, elektrotechnikos, sistemų priežiūros, padangų priežiūros, detalių keitimo ir kt.).

Techninės priežiūros nustatymo metodai skirstomi į:

- paprastuosius (pagal prototipą, analogą);
- analitinius;
- pagrįstus stebėjimo rezultatais (statistinius);
- imitacinius (pagrįstus atsitiktinių procesų modeliavimu).

Techninės priežiūros periodiškumo nustatymo metodai. Pirmasis – pagal leistiną negendamumo lygį (1.7 pav.).



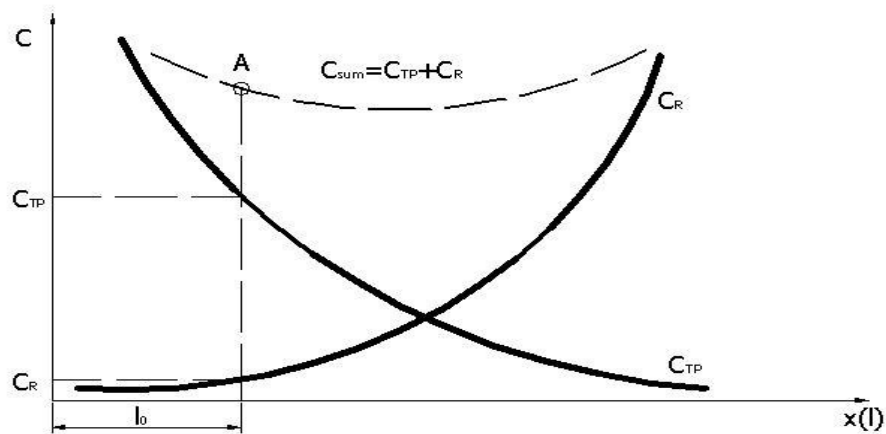
1.7 pav. Periodiškumo nustatymas pagal leistiną negendamumo lygį

Šis metodas pagrįstas tokio racionalaus periodiškumo išrinkimu, kuriam esant elemento ar detalės gedimo tikimybė neviršija iš anksto pasirinkto dydžio (Tilindis, 2003):

$$P_d \{x_i \geq l_0\} \geq R_d = \gamma; l_0 = x_\gamma \cdot \gamma, \quad (1.2)$$

čia x_i – išdirbis iki gedimo;
 P_d – negendamo darbo tikimybė;
 l_0 – techninės priežiūros periodiškumas;
 R_d – negendamo darbo leistina tikimybė (agregatams ir mechanizmams, nuo kurių tiesiogiai priklauso eismo sauga, $R_d = 0,9 - 0,98$, kitiems – $R_d = 0,85 - 0,9$);
 x_γ – γ procentinis resursas.

Antrasis - pagal techninės priežiūros ir remonto sąnaudas (techninis – ekonominis metodas). 1.8 pav. kreivės C_{TP} ir C_R (5 pav.) vaizduoja materialinių ir darbo lyginamųjų sąnaudų, tenkančių techninei priežiūrai ir remontui, priklausomybę nuo jų atlikimo periodiškumo (Tilindis, 2003).



1.8 pav. Periodiškumo nustatymas pagal TP ir R sąnaudas

$$C_{TP} = \frac{d}{l}; \quad C_R = \frac{C}{L}; \quad (1.3)$$

čia d – techninės priežiūros darbų vertė;
 l – darbų atlikimo periodiškumas;
 C – remonto darbų vertė;
 L – resursas iki remonto.

1.5. Diagnozavimo metodai

Diagnozavimo metodų įvairovė priklauso nuo diagnostinių parametrų fizinės prigimties, matavimo prietaisų tikslumo ir diagnostavimo rūšies (Brazys, 2007).

Pagal paskirtį diagnostika skirstoma į 2 rūšis – bendrąją ir detaliąją.

Bendroji diagnostika (D-1) skirta bendros techninės būklės nustatymui be konkrečių gedimų radimo, t.y. pagal bendrą požymį (taip/ne). Ji naudojama tų mechanizmų diagnozavimui, kurie tiesiogiai susiję su saugiu eismu bei transporto priemonės diagnoze visumoje.

Detalioji diagnostika (D-2) skirta atskirų elementų diagnozei, norint išaiškinti konkrečią gedimo vietą, pobūdį bei priežastis. Ja nustatoma ne tik tiksli diagnozė, bet ir darbų, reikalingų objektų darbingumui atstatyti, seka, apimtys bei pobūdis.

Diagnostika dar skirstoma į:

- subjektyviąją – grindžiama žmogaus profesine patirtimi, naudojant primityvias matavimo priemones;
- objektyviąją – jos pagrindą sudaro speciali aparatūra (metodai: energetiniai, vibroakustiniai, šiluminiai, stroboskopijos, specialieji).

Subjektyviosios diagnostikos pagalba dažnai nustatomi labai aiškūs, vizualiai matomi gedimai, lūžiai ar trūkimai. Siekiant atlikti labai tikslią diagnostiką ir nustatyti visus automobilio gedimus ar darbingumo sutrikimus būtina naudotis naujausiomis technologijomis ir metodikomis, kurios yra tiksliai pritaikytos atitinkamiems automobiliams ar jų detalėms.

1.6. Automobilių remontabilumas

Yra dvi pagrindinės priežastys, dėl kurių transporto priemonės ilgai prastovi ir sunaudojama daug lėšų jų techninei priežiūrai ir remontui (Mickūnaitis, 2004):

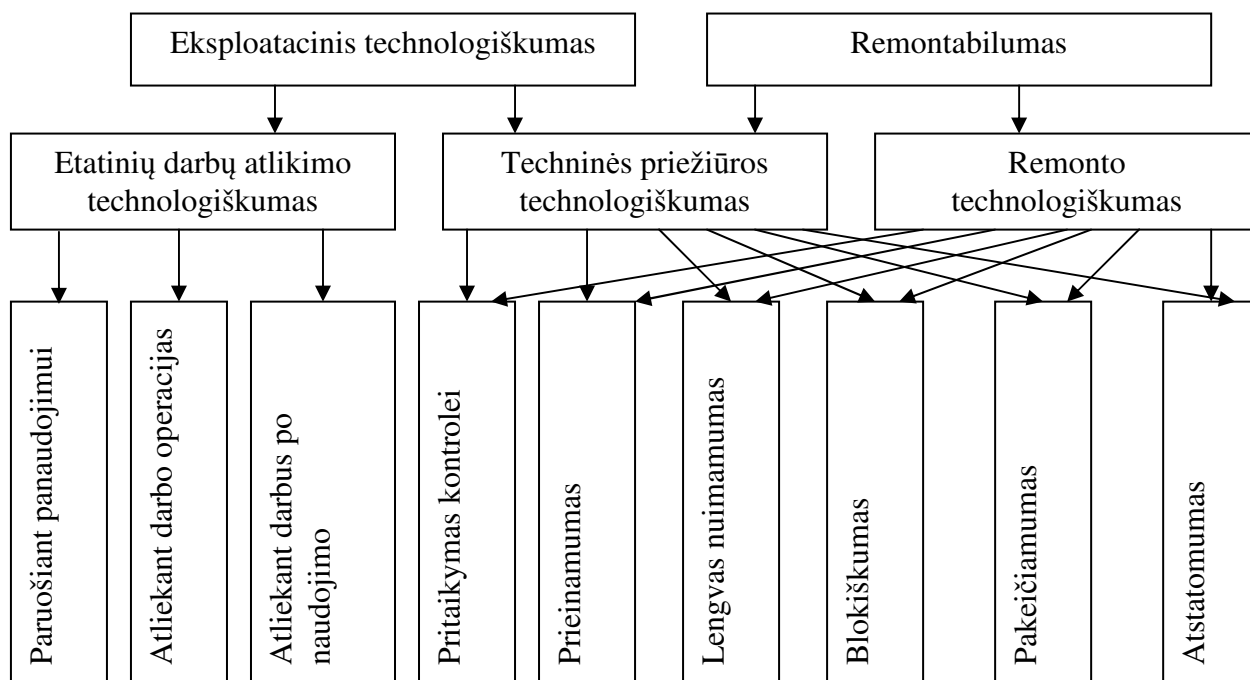
- netobula transporto priemonių konstrukcija, neleidžianti greitai ir lengvai atlikti techninės priežiūros ir remonto;
- netobula transporto priemonių techninės priežiūros ir remonto sistemos organizacija ir atliekamų darbų technologija.

Ekspluatacinis technologiškumas ir remontabilumas (1.9 pav.) apima ta pačią techninės priežiūros technologiškumo savybę (Mickūnaitis, 2004).

Ekspluatacinis technologiškumas – tai tokia konstrukcijos savybė, kuri apibūdina pritaikymą darbams, paruošiant ją naudojimui (Brazys, 2007). Transporto priemonės konstrukcijos pritaikymas atlikti darbus, kurių tikslas atstatyti darbingumą, vadinamas remontabilumu. Valstybiniuose standartuose ši sąvoka traktuojama kaip savybė, kurios esmė yra gaminius pritaikyti, numatyti, aptikti ir pašalinti gedimus, atliekant techninę priežiūrą ir remontą (Višniakas, 2005).

Etatinių darbų atlikimo technologiškumas – tai tokia konstrukcijos savybė, kuri parodo

jų pritaikymą atlikti transporto priemonės paruošimo eksploatacijai darbus bei atlikti darbus transporto priemonės naudojimo darbo metu.



1.9 pav. Techninės priežiūros technologiskumo schema

Techninės priežiūros technologiskumas (remontabilumas) – konstrukcijos savybė, išreiškiama jos pritaikymu atlikti techninės priežiūros darbus. Šių darbų pagrindinė paskirtis – palaikyti techniškai tvarkingą transporto priemonių būklę, kad būtų galima jas naudoti išlaikant numatytą efektyvumo rodiklį lygį, sumažinti techninės būklės blogėjimo intensyvumą ir kontroliuoti jų darbingumą. Techninės priežiūros darbų pagrindinis tikslas – palaikyti transporto priemonės darbingumą eksploatacijos metu (Jonaitis, 1998).

Remonto technologiskumas – konstrukcijos ir konstrukcinių elementų (dalių, surinkimo vienetų, mazgų) savybė, charakterizuojanti jų pritaikymą remontiniams darbams, siekiant atstatyti jų darbingumą ir resursą. Remonto darbų tikslas – atstatyti transporto priemonės darbingumą iki numatyto resurso (Pukauskas, 2008).

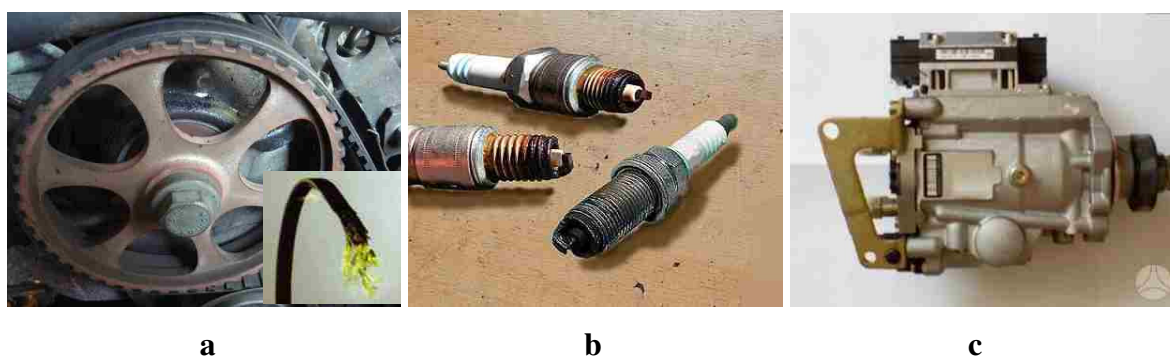
Reikalavimai, keliama pasikartojimui, yra vieni svarbiausių transporto priemonės remontabilumo savybių. Racionaliai išsprendus šį klausimą, galima padidinti dirbančiųjų darbo našumą, sutrumpinti prastovos laiką ir sumažinti išlaidas techninei priežiūrai ir remontui. Dėl gaminių konstrukcinio netobulumo ir dėl atstatymo metodų netobulumo resurso atstatymo remonto metu koeficientas būna 0,3 – 0,4. Sukaupia patirtis, remontuojant įvairias transporto priemones, rodo, kad antrinį resursą galima padidinti iki 0,1 – 1 pirminio resurso. Taikant

modernius būdus galima šį koeficientą padaryti didesnę už 1 (Višniakas, 2005; Pukauskas, 2008).

1.7. Lengvųjų automobilių variklio gedimų analizė

Automobilio variklis yra vienas iš mažiausiai patikimų jo agregatų (Pikūnas, 1999). Automobiliuose šiuo metu vis dar populiariausi šiluminiai varikliai, nors vis dažniau galima aptikti hibridinius automobilius, turinčius ir elektrinį variklį. Šiluminio variklio varomoji jėga – temperatūrų skirtumas. Tokiame variklyje šilumos šaltinio sukurta šiluma paverčiama naudingu darbu. Labiausiai paplitę šiluminiai varikliai yra vidaus degimo varikliai. Stūmoklinių vidaus degimo variklių degimo kameroje degant skystiesiems arba dujiniams degalams, gauta šiluminė energija paverčiama mechaniniu darbu (Pukauskas, 2008). Daugeliu atvejų pagrindinių variklių detalių – cilindro ir stūmoklių resursai lemia viso variklio darbo resursą (Pikūnas, 1999).

Vidaus degimo variklių gendamumui įvertinti tenka atkreipti dėmesį į jų tipus. Vidaus degimo varikliai gali būti skirstomi į kibirkštinio ir slėginio uždegimo. Kibirkštinio uždegimo varikliuose naudojami lakieji degalai (benzinas, dujos arba bioetanolis), kuriems uždegti reikalinga kibirkštis, o slėginio uždegimo varikliuose naudojamas dyzelinas arba biodyzelinas, kuriam užsiliepsnoti pakanka suslėgtojo oro šilumos. Plečiantis atsinaujinančios energetikos sektoriui lengvųjų automobilių kuras gali būti naudojamas kartu su RME nekenkiant variklio darbo režimams (Labeckas, 2007). Eksploatuojant lengvuosius automobilius dažnai kyla problemų dėl paskirstymo diržo trūkimo, uždegimo žvakių bei kuro siurblio gedimų (1.10 pav.).



1.10 pav. Gendamiausios lengvųjų automobilių variklių detalės: a – paskirstymo diržas, diržo trūkimas; b – degalų uždegimo žvakės; c – degalų siurblys

Tiek kibirkštinio uždegimo, tiek dyzeliniuose varikliuose stūmoklis juda rimties taškuose (Pukauskas, 2008). Siekiant optimalaus transporto priemonės veikimo būtina užtikrinti kiek galima didesnę automobilio variklio negendamumą ir ekonomiškumą. Variklių mechaninį bei

ekonominį naudingumą lemia cilindų ir stūmoklių temperatūrinis laukas ir nuo jo priklausančios temperatūrinės deformacijos (Majeske, 2007).

Variklio eksploatacijos metu dėl gedimų mazguose bei detalių sujungimuose blogėja jo galingumo ir ekonomiškumo rodikliai, mažėja variklių patikimumas ir ilgaamžiškumas (Pikūnas, 1999). Pagrindiniai automobilių variklių gedimai atsiranda dėl nevienodos temperatūros. Tiek cilindro, tiek ir stūmoklio grupės darbo metu yra nevienoduose temperatūros laukuose. Eksploatacijos metu atsiradęs nevienodas temperatūrinis laukas tiesiogiai įtakoja nevienodų deformacijų atsiradimą. Veikiamos skirtingų temperatūrų tarpusavyje sujungtos detalės veikia viena kitą, kinta detalių forma bei paviršius. Dėl šių priežasčių variklio cilindų ir stūmoklių temperatūrinis laukas ir nuo jo priklausančios temperatūrinės deformacijos yra vieni iš pagrindinių faktorių, lemiančių variklių mechaninį naudingumo koeficientą (Medekšas, 2003; Pikūnas, 1999).

Dažna vidaus degimo variklių gedimų priežastimi būna nepakankamas variklio detalių patvarumas (Zautra, 2000). Taip pat yra nustatyta, kad nepakankamas atsparumas dilimui bei gedimams gali atsirasti dėl netinkamų alyvų naudojimo (Pikūnas, 1990; Padgurskas, 2008). Variklio detalių patvarumui padidinti gali būti naudojamas lazerinis paviršių apdirbimas, kurio metu padidinamas paviršiaus kietumas. Paviršiaus sutvirtinimo lygis priklauso nuo lazerio spindulio takelio, kuo pastarasis dažnesnis, tuo paviršius bus kietesnis (Zautra, 2000). Dar vienas būdų variklių detalių trinties mažinimui yra įvairių alyvų naudojimas. Siekiant užtikrinti gerą variklių darbą ir kartu prisidėti prie bioenergetinių medžiagų naudojimo detalių tepimui gali būti naudojamos rapsų alyvos su įvairiais sintetiniais priedais ar be jų bei įvairios metalinės dengiamosios medžiagos (Padgurskas, 1994; Padgurskas, 2008).

Identifikuojant variklio gedimus galima naudotis triukšmo lygio vertinimu. Turint etaloninę triukšmo lygio diagramą bei maksimaliai leistinus triukšmo lygius, atlikus triukšmo lygio matavimus galima nustatyti vienus ar kitus variklio sistemos detalių gedimus (Juodzevičius, 2001).

1.8. Lengvųjų automobilių važiuoklės gedimų analizė

Automobilio važiuoklė – taip pat labai svarbi automobilio sistema kaip ir variklis. Kelio nelygumų sukelti smūgiai iššaukia didelį skaičių gedimų (Medekšas, 2003; Višniakas, 2005). Važiuoklės paskirtis – perduoti automobilio sunkio jėgą kelio paviršiui, sušvelninti, kelio nelygumų sukeltus smūgius ir ratų sukamąjį judesį pakeisti automobilio slenkamuoju judesiu. Važiuoklę sudaro automobilio rėmas (arba kėbulo sutvirtinta apatinė dalis berėmiame

automobilyje), priekinis ir užpakalinis tiltai, pakaba ir ratai. Pakaba sudaryta iš įvairių įtaisų, tokių kaip amortizatoriai, spyruoklės, įvairios svirtys, kuriais tiltas tvirtinamas prie rėmo arba kėbulo (Pukauskas, 2008). Atlikus tyrimų analizę nustatyta, kad dažniausiai važiuoklės sistemoje genda amortizatoriai.

Automobilio kėbulo pasvirimą posūkyje sumažina stabilizatorius. Jis įtaisomas automobilių priekyje. Tai plieninis strypas, kuris vidurine dalimi pritvirtintas prie automobilio kėbulo, o atlenkti jo galai prijungti prie pakabos apatinių svirčių. Pasvirus kėbului, stabilizatorius susukamas ir taip priešinasi kėbulo posvyriui. Galinėje automobilio pakaboje stabilizatoriaus funkciją atlieka ašies sija (Jonušas, 2001). Stabilizatorius, kaip ir kiekviena pakabos detalė dėvisi ir laikui bėgant reikalauja keitimo ir remonto. Stabilizatorius paprastai yra tvirtinamas dviem gumomis prie kėbulo, o savo galuose prie kiekvienos ašies rato yra tvirtinamas traukėmis ar šarnyriukais. Dažniausiai sugenda traukės (1.11 pav.), kurios yra prie ratų, kadangi jų būna įvairių, jų skleidžiami garsai būna skirtingi. Automobilio važiuoklė neįsivaizduojama be spyruoklių. Spyruoklių gedimai dažni nėra, tačiau pasitaiko jų lūžių, atsiradusių dėl korozijos (1.12 pav.)



1.11 pav. Tilto riebokšlio gedimas

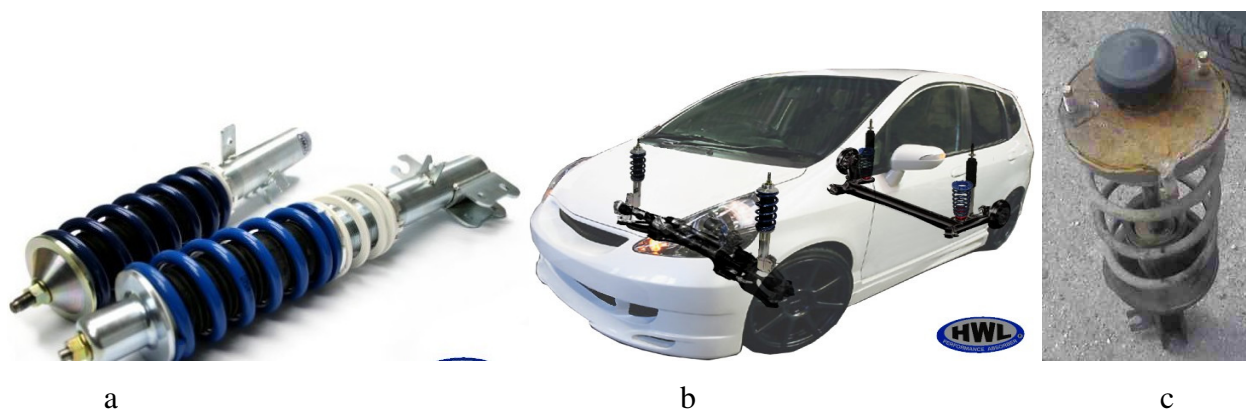


1.12 pav. Nauja ir pažeista spyruoklės

Viena pagrindinių automobilių važiuoklės detalių yra amortizatoriai. Jie sumažina vibraciją, neleidžia automobiliui šokinėti važiuojant nelygiu paviršiumi ir kristi į kelių duobes. Jų veikimas paremtas skysčio, slegiamo pro kalibruotas skylutes, pasipriešinimu. Amortizatoriai įrengiami tarp kėbulo ir ašių prie kiekvieno automobilio rato (1.13 pav.). Amortizatoriaus stūmoklyje ir cilindro dugne įrengti vožtuvai, sudaro nevienodą pasipriešinimą skysčio tekėjimui judant stūmokliui ir taip mažina jo švytavimus. Šiuo metu yra žinomi du amortizatorių tipai: dujiniai bei hidrauliniai. Dujiniais vadinami tokie hidrauliniai amortizatoriai, kuriuose suslėgtų

dujų „kamštis“ trukdo perpumpuojamai alyvai suputoti. Dujiniai amortizatoriai yra lengvesni nei hidrauliniai, jiems nėra privalomas visiškas hermetiškumas.

Sugedus amortizatoriams, automobilis, pervažiavęs nelygumus, dar ilgai siūbuoja [22]. Eksploatuoti automobilį su sugedusiais amortizatoriais labai pavojinga, ypač jei blogais keliais važiuojama dideliu greičiu. Važiuojant prastais keliais ar gana dideliais greičiais, hidrauliniuose amortizatoriuose esanti alyva ilgainiui pradeda putoti. Tada dėl susidariusių putų prastėja amortizatorių darbas ir jie nebeužtikrina reikiamo ratų sukibimo su keliu, ir sukelia važiavimo nepatogumų.



1.13 pav. Automobilio amortizatoriai: a – amortizatoriai; b – amortizatorių montavimas; c – amortizatoriaus gedimai

Labiausiai paplitę amortizatorių defektai yra:

- amortizatoriaus koto riebokšlio nutrūkimas;
- amortizatoriaus vidaus pažeidimai: vožtuvų mazgo arba stūmoklio gedimas arba natūralus susidėvėjimas;
- mechaninis amortizatoriaus pažeidimas: įtrūkimas, įdubimas korpuse, koto kreivumas;
- amortizatoriaus lūžimas: koto lūžimas, tvirtinimo kilpos nutrūkimas, atraminių gumų degradacija arba pažeidimas;
- amortizatorių skysčio savybių neatitikimas arba degradacija;
- dujų nebuvimas amortizatoriuje.

Dažniausia amortizatorių problema – ištekėjusi alyva. Dėl atsiradusių nesandarumų ištekėję tepalai neleidžia tinkamai veikti amortizatoriaus mechanizmui, todėl tokius būtina keisti. Kita problema – dažnai plyšta apsauginės gumos. Atsiradus apsauginės gumos įtrūkimams purvas ir drėgmė patenka ant besitrinančių dalių, todėl amortizatorius greičiau nusidėvi ir praranda būtiną charakteristiką. Iš nekokybiškų žaliavų pagamintos apsauginės gumos neatlaiko smūgių ir

greičiau suplyšta, todėl būtina rinktis patikimus amortizatorius su gamintojų nustatytais apsauginėmis detalėmis.

Nepaisant dažnų amortizatorių gedimų, važiuoklėje dažnai pasitaiko šie gedimai:

- sulinksta lanžeronai ir skersinės, jose atsiranda įtrūkimų, atsipalaiduoja kniedžių sujungimai;
- įtrūksta ar susisuka priekinė ašis, sudyla stebulių guoliai bei jų lizdai, padidėja jų laisvumas, sudyla šerdesai ir jų lizdai, išdyla ratlankių tvirtinimo skylės, sumažėja spyruoklių arba lingių tamprumas, gali lūžti lingių lakštai, sulankstomi ratlankiai, pažeidžiamos padangos;
- deformuojami automobilio skersinio pastovumo stabilizatoriai.

Važiuoklės gedimai tiesiogiai įtakoja vairuotojo bei keleivių saugumą. Automobilio važiuoklės gedimai pirmiausia pasireiškia nemaloniais automobilio garsais, sklindančiais iš automobilio, važiuojant nelygiu keliu, automobilio nestabilumu manevruojant (Mickūnaitis, 2006). Taip pat dažni yra gedimai, kurių vairuotojas nepastebi tol, kol gedimas neprogressuoja iki kritinės ribos.

1.9. Lengvųjų automobilių aušinimo sistemos gedimų analizė

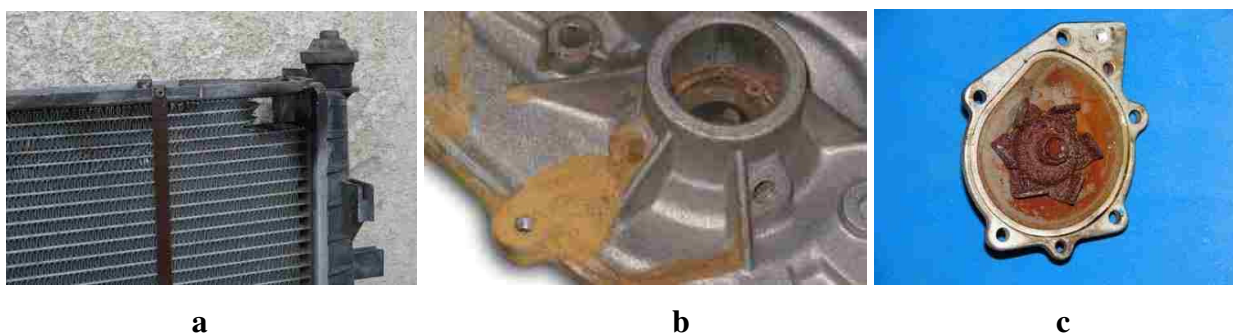
Automobilio aušinimo sistema reikalinga šilumai nuvesti nuo labiausiai įkaitusių variklio detalių ir optimaliai jų temperatūrai palaikyti. Jei variklis nebūtų vėdinamas, labai įkaistų alkūninio ir dujų skirstymo mechanizmų detalės, jos būtų blogiau tepamos. Be to, varikliui perkaitus, cilindrai blogiau prisipildytų oro ar mišinio, Oto varikliuose darbo mišinys ne laiku savaime užsidegtų. Aušinimo sistemą sudaro radiatorius, ventiliatorius, vandens siurblys, termostatas, šilumos jungiklis, plėtimosi bakelis ir sujungimo žarnelės. Kai variklis šaltas, termostatas būna uždaras, vandens siurblys skystį pompuoja per vidinius kanalus, apvedimo žarnelę (ir šildytuvo grandinę, jeigu jis įjungtas), termostato kapsulę ir vėl grąžina ją prie vandens siurblio įeinamosios angos. Norint, kad variklis greičiau įšiltų, nereikia skubėti jungti šildytuvo (Vizgaitis, 2001).

Varikliai gali būti aušinami oru arba kombinuotu būdu. Aušinimas oru gali būti natūralus arba priverstinis. Natūralus aušinimas oru yra toks, kai variklio aušinamo oro srautas priklauso tik nuo transporto priemonės važiavimo greičio ir aplinkos oro temperatūros. Tokia sistema negali užtikrinti variklio detalių optimalios temperatūros (Kudarauskas, 2008). Priverstinis aušinimas oru yra toks, kai, nepriklausomai nuo važiavimo greičio, ventiliatorius sukuria oro srautą, o sklendė gali reguliuoti oro srauto dydį. Šis aušinimo būdas yra geresnis, nes gali

užtikrinti efektyvesnį variklio detalių šiluminį režimą, o jo konstrukcija yra paprastesnė už kombinuoto aušinimo sistemų.

Šiuo metu automobilių varikliai dažnai aušinami skysčiu. Cirkuliuojantis aušinimo skystis aušina variklio cilindrus, degimo kamerų paviršius ir vožtuvų lizdus. Kai aušinimo skystis pasiekia atitinkamą temperatūrą, atsidaro termostatas. Aušinimo skystis cirkuliuoja viršutinėje žarnoje prie radiatoriaus viršaus (Buteliauskas, 2008).

Tekėdamas per radiatorių, skystis aušinamas oro srautu, kurį, jei būtina, sustiprina elektrinis aušinimo ventiliatorius. Vieni dažniausių aušinimo sistemos gedimų yra radiatoriaus pažeidimai bei įvairių detalių korozija, atsiradusi dėl detalių nesandarumo bei aušinimo skysčio pratekėjimo 1.14 pav. Aušinimo skystis grįžta į vandens siurbį per apatinę žarnelę ir atidarytą termostatą. Elektrinis aušinimo ventiliatorius valdomas šilumos jungikliu, įmontuotu į radiatoriaus pagrindą. Aušinimo skysčio temperatūra reguliuojama cilindro bloko galvutėje esančiu davikliu.



1.14 pav. Aušinimo sistemos pagrindinių detalių gedimai: a – radiatoriaus pažeidimas; b – korozija, atsiradusi dėl aušinimo skysčio pratekėjimo; c – aušinimo siurblio korozija

Varikliams aušinti yra skirti specialūs neužšalantys skysčiai (antifrizai), kurie gaminami vandens pagrindu. Aušinimui gali būti naudojamas ir vanduo, tačiau jis žemos temperatūros sąlygomis gali užšalti, sugadinti radiatorių ir variklį. Kita vertus, vanduo, kuriame yra daug ištirpusių druskų, gali ant cilindro išorinių paviršių sudaryti nuosėdas ir pažeisti terminį variklio darbo režimą, pažeisti aušinimo skysčio siurblio sandarinimo riebokšlį (Buteliauskas, 2008). Todėl varikliui aušinti dažniausiai naudojamas antifrizo ir vandens mišinys. Jeigu aušinimo sistemoje cirkuliuotų tik vanduo, jis sukeltų elektrolizę bei koroziją, todėl antifrizo sudėtyje yra ir antikoroziinių elementų (Aušinimo sistemos priežiūra, 2010).

Pagrindinis požymis, kad yra gedimas, vienaip ar kitaip susijęs su aušinimo sistema, yra variklio temperatūros padidėjimas, kitaip tariant, perkaitimas.

1.10. Lengvųjų automobilių elektros sistemos gedimų analizė

Automobilių gamybos pradžioje elektros energija buvo naudojama tik automobilio variklio darbo mišiniui uždegti. Vėliau, atsiradus naujoms technologijoms, didėjant žmonių poreikiams elektros įrenginių kiekis automobilyje sparčiai didėjo. Šiuo metu automobiliuose elektros energija naudojama ne tik darbo mišiniui variklio cilindruose uždegti, bet ir keliui ir vidui apšviesti, varikliui paleisti, kontrolės matavimo prietaisams maitinti, šviesos signalizacijai, papildomiems elektros įrenginiams ir įvairiems elektroninėms, radijo, ryšių priemonėms maitinti. Elektros nuolatinės srovės įtampa yra 12 arba 24 V. Šiuolaikiniai nauji automobiliai neįsivaizduojami be daugelio mikroelektroninių prietaisų. Elektroninės automobilio procesų valdymo sistemos ypač pagerina jo eksploatacinius parametrus, tačiau tuo pačiu beveik trečdaliu padidėja automobilio kaina (Šimakauskas, 2004). Dėl savo sudėtingumo ši sistema dažnai yra skaidoma į atskiras dalis (1 lentelė).

1.1 lentelė. Elektros įrenginių klasifikavimas

Automobilio elektros įrenginiai	Maitinimo sistema	Akumuliatorius, generatorius, įtampos reguliatorius
	Paleidimo sistema	Starteris, blokavimo relė
	Uždegimo sistema	Pertraukiklis ir skirstytuvas, jutikliai, žvakės, uždegimo ritė, elektroniniai blokai, mikroprocesorius
	Įpurškimo sistema	Mikroprocesorius, jutikliai, degalų siurblys, purkštukai
	Stabdžių antiblokavimo sistema	Mikroprocesorius, jutikliai, vožtuvų blokas, apsauga
	Apšvietimo sistema	Žibintai, apšvietimo komutaciniai aparatai, vidaus ir išorės prietaisai
	Išorinės šviesos ir garso signalizacijos sistema	Posūkių įtaisai, garso signalas, „STOP“ signalas
	Pavaros prietaisai	Stiklų valytuvai, aušinimo sistemos įtaisai, salono ventiliatorius
	Matavimo ir kontrolės prietaisai	Degalų kiekio matuoklis, variklio termometras, tolimų šviesų kontrolės įtaisas, tepalo manometras, stabdžių kontrolės įtaisai, akumuliatoriaus baterijos krovimo prietaisai, spidometras, tachometras
	Bendrieji komutacijos prietaisai	Darbo režimo perjungiklis, centrinis montažo blokas, rozetės, kištukai

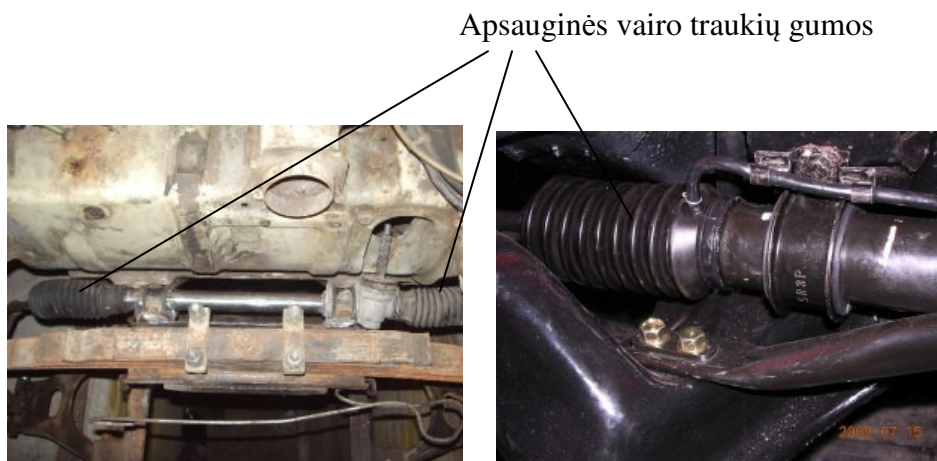
Automobilio elektros įrenginių schema tapo labai sudėtinga, todėl atsiradus net menkiems gedimams neapsieinama be kvalifikuoto specialisto pagalbos.

Elektros įrenginių techninės būklės įvertinimas bei defektų prognozė yra aktualus ir gana sudėtingas uždavinys. Automobilio elektros tiekimo šaltiniai turi tenkinti įtampos pastovumo ir galingumo reikalavimus, greitai atkurti akumuliatorių baterijos elektros energiją ir turėti pakankamą galingumą, kai variklis dirba mažu sukimosi dažniu. Automobilio elektros įrenginiai,

kaip kaitrinės lempos, nuolat veikiantys elektromagnetiniai prietaisai, elektroniniai prietaisai yra nepatikimi, kai įtampa svyruoja didesniu intervalu. Akumuliatorių baterijos įtampa mažėja proporcingai atiduodamos srovės dydžiui. Elektros generatoriaus įtampa didėja, kai didėja sukimosi dažnis ir mažėja atiduodamos srovės dydis. Siekiant elektros įrenginių darbo patikimumo, būtina riboti elektros šaltinių įtampos svyravimą (Šimakauskas, 2004)..

1.11. Rečiau pasitaikančių automobilių gedimų analizė

Prie kitų gedimų gali būti priskiriami visų likusių sistemų gedimai. Dažniausiai pasitaikantis yra vairo sistemos gedimas (Vizgaitis, 2001). Didelė vairaračio laisvoji eiga būna sudilus vairo traukių ar pakabos šarnyrams, išsiregulavus vairo pavarai, atsileidus vairo tvirtinimo varžtams, atsiradus vairo svirties klibėjimui (Butkus, 1993). Vairas sunkiai sukiojasi kai sudyla jo šerdesai ar vairo mechanizmas (Vizgaitis, 2001). Vairo kolonėlė, sukančią vairą tiek į vieną pusę, tiek į kitą visiškai išsitraukia į abi puses. Judančios dalys yra tepamos specialiais skysčiais ir saugomos nuo išorinės drėgmės, žvyro ir purvo apsauginių gumų dėka. Apsauginės vairo traukių gumos dengia vairo kolonėlės traukes (1.15 pav.). Jų paskirtis yra išlaikyti ratus vienodame lygyje automobiliui judant aukštyn ir žemyn. Jos sudarytos iš metalo ir metalinio obuolio jo viduje – apskritimo, kuris privalo standžiai judėti, judant vairo kolonėlės traukėmis.



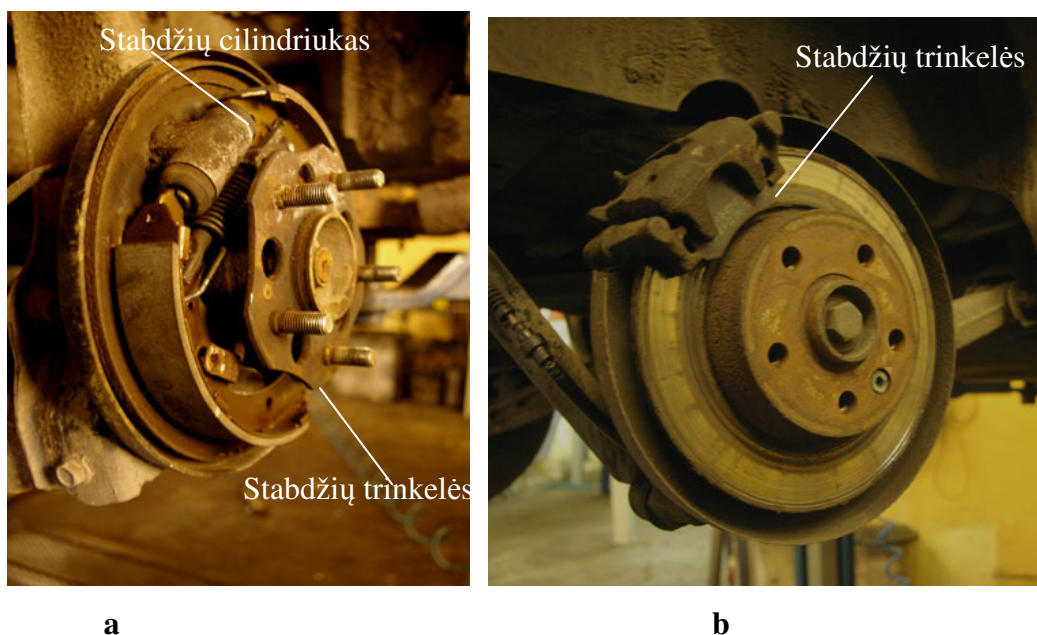
1.15 pav. Vairo traukių prevencinė apsauga nuo mechaninių pažeidimų

Prie kitų automobilių sistemų priskiriama ir stabdžių sistema. Visų automobilių stabdžiai panašūs. Paprastai montuojami diskiniai ir (arba) būgniniai stabdžiai, hidraulinė sistema su stabdžių skysčio bakeliu, pagrindiniu bei darbiniais cilindrais, stabdžių stiprintuvu, žarnelėmis ir kt. Diskiniai stabdžiai yra montuojami priekyje ir dirba kartu su stabdžių trinkelėmis, kurios stabdymo metu yra spaudžiamos prie ketaus diskų, kurie sukasi kartu su ratu. Stabdžių trinkelės

yra viena pagrindinių diskinių stabdžių gedimų priežasčių. Po dvi stabdžių trinkelės kiekvienam ratui yra sumontuota diskinių stabdžių suportuose (1.16 pav.), kurie yra neatskiriama pakabos dalis. Spaudžiant stabdžio pedalą hidraulinėje stabdžių sistemoje yra sukuriama slėgis, kuris išstumia iš suportų cilindriukus, kurie spaudžia stabdžių trinkeles prie diskų.

Jie yra būgno formos (1.16 pav.) ir montuojami tik gale. Vieni pagrindinių šio tipo stabdžių sistemos gedimų yra stabdžių trinkelėlių bei stabdžių cilindriuko gedimai (1.16 pav.) Būgninės stabdžių trinkelės (a) yra išlenktos pusapskritimiui bei turi frikcinius antdėklus ir stabdymo metu yra spaudžiamos prie vidinio būgno paviršiaus. Po dvi stabdžių trinkeles kiekvienam ratui yra sumontuota būgninių stabdžių sistemoje, kuri yra neatskiriama pakabos dalis.

Spaudžiant stabdžio pedalą hidraulinėje stabdžių sistemoje yra sukuriama slėgis, kurio pagalba rato stabdžių cilindriukas spaudžia trinkeles į vidinį būgnų paviršių, kol dėl jų trinties automobilis pradeda stoti.



1.16 pav. Dažniausiai pasitaikantys stabdžių mechanizmų gedimai: a – būgniniai stabdžiai; b – diskiniai stabdžiai

Stabdžių sistemai priklauso ir stovėjimo (rankinis) stabdis, kuriuo galima ekstremaliu atveju stabdyti ir važiuojantį automobilį. Kai kuriuose modeliuose sumontuojamas hidraulinis servopavaros blokas, stabdžių antiblokavimo bei kitos sistemos. Dažniausiai stabdžių sistema turi dvigubą įstrižinę hidraulinę schemą. Tai reiškia, kad kiekviena sistemos grandinė valdo vieną priekinį ir vieną įstrižai priešingą užpakalinį stabdį nuo sudvejinto pagrindinio cilindro. Paprastai abi grandinės veikia tolygiai, tačiau jei viena iš jų sugenda, kitos stabdymo jėga

vienodai veiks abu ratus ir automobilis stabdomas lėtės tolygiai, tik ne taip efektyviai (Kudarauskas, 2007). Slėgio regulatorius stabdžių sistemoje įjungtas į užpakalinį stabdžio hidraulinį vamzdį. Šis blokas reguliuoja slėgį, veikiantį kiekvieną užpakalinį stabdį. Dėl to, staigiai stabdant, negali įstrigti užpakaliniai ratai. Priekiniai diskiniai stabdžiai yra valdomi vieno stūmoklio, veikiančio stabdžių trinkelį atramas (suportus). Būgninių stabdžių trinkelės valdo darbinių stabdžių cilindrai su dvigubu stūmokliu ir stabdžio pedalo susireguliuavimo sistema. Rankinis stabdis būna sujungtas lynu dažniausiai su užpakaliniais ratais, kuriuos galima stabdyti mechaniškai netgi neveikiant hidraulinei sistemai. Stabdžių stiprintuvas padeda efektyviau stabdyti.

Pagrindiniai stabdžių sistemos gedimai yra:

- stabdžių skysčio ištekėjimas;
- per didelės laisvosios jėgos atsiradimas;
- lengvai spaudžiamas stabdžių pedalas;
- sunkiai spaudžiamas stabdžių pedalas;
- vieno ar visų automobilio ratų nestabdymas;
- stabdymo netolygumas ir kt.

Stabdžių skystis bakelyje gali sumažėti ir dėl hidraulinėje sistemoje atsiradusio nesandarumo. Tokiu atveju būtina vizualiai patikrinti visas stabdžių skysčio galimo nutekėjimo vietas ir jas užsandarinti. Spausdami stabdžių pedalą ar užtraukdami rankinio stabdžio svirtį galite pastebėti pernelyg didelę jų laisvąją eigą. Minėtas požymis gali atsirasti ir dėl pernelyg didelio stebulės (disko) guolio laisvumo, kada sudyla ar išsireguliuoja ratų guoliai. Dar viena defekto priežastis - rankinio stabdžio lynas sureguliuotas neteisingai arba neveikia galinis stabdžių reguliavimo mechanizmas. Laisvas pedalo spaudimas atsiranda tada, kai stabdžių sistemoje yra oro, kuris atsirado dėl sistemos nesandarumo. Susidėvėję ar nusipoliravę stabdžių trinkelį frikciniai paviršiai irgi apsunkina stabdymą, stabdžio pedalas gali pasidaryti sunkiai spaudžiamas.

Visi ratai gali nestabdyti dėl mechaniškai užblokuoto stabdžių pedalo. Kita priežastis – pagrindiniame cilindre atsiradęs hidraulinis spaudimas. Automobilis netolygiai gali stabdyti dėl alyva užterštų trinkelį frikcinių paviršių arba šiems nevienodai sudilus. Kadangi stabdžių sistema yra viena pagrindinių siekiant užtikinti keleivių saugumą, ja būtina pasirūpinti nedelsiant.

1.12. Naujų automobilių priežiūra garantiniu laikotarpiu

Moksliniais tyrimais nustatyta, kad daugelis klientų, ketinančių įsigyti naujus automobilius, didelį dėmesį skiria garantiniam aptarnavimui. Šiuo metu tai tapo viena iš

priemonių, siekiant vartotojus įtikinti gaminio patikimumu (Christozov, 2010). Garantija automobiliams dažniausiai yra suteikiama atitinkamai ridai ar laiko tarpui (Lawless, 2010; Majeske, 2007).

Garantinis aptarnavimas netaikomas eksploatacinei automobilio amortizacijai ir natūraliam nusidėvėjimui. Daugeliu atvejų garantinis aptarnavimas netaikomas jei:

- automobilio viduje arba išorėje buvo padaryti mechaniniai arba cheminiai pažeidimai;
- automobilis buvo netinkamai eksploatuojamas.
- savininkas žino, kad automobilį aptarnavo ar remontavo trečios šalies atstovas;
- buvo komplektuojamos gamintojo nesertifikuotos dalys arba automobilis buvo modifikuotas;
- nebuvo laikomasi gamintojo nustatytų taisyklių arba aptarnavimo knygelėje nustatyta techninė apžiūra nebuvo atlikta laiku;
- auto transporto priemonės savininkas laiku nepranešė apie pastebėtą automobilio defektą tik pradėjus automobilį eksploatuoti arba iškart po defekto atsiradimo (Murthy, 2002).

Garantija nustoja galiojusi po 36 mėnesių. Defektai, apie kuriuos yra laiku pranešama, bet jie nepakeičiami ar nesuremontuojami per garantinį laikotarpį, turi būti pakeisti ar suremontuoti vadovaujantis garantiniais įsipareigojimais.

1.13. Teorinis lengvųjų automobilių techninės priežiūros ir remonto strategijos optimizavimas

Naudojant diagnostiką komplekse su techninės priežiūros ir remonto operacijomis, tikslinga parenkamą strategiją pagrįsti ekonomiškai. Atliekant visas reglamentuojamas techninės priežiūros ir remonto operacijas (pirmoji strategija), suminė darbų apimtis bus (Tilindis, 2003):

$$t = t_{\Sigma} \cdot N, \quad (1.4)$$

čia N – visų techninėje dokumentacijoje reglamentuojamų operacijų skaičius;
 t_{Σ} – i-tojo elemento techninės priežiūros ir remonto darbų suminė apimtis.

Atliekant tik tas operacijas, kurių būtinumas nustatytas diagnostikos priemonėmis (antroji strategija), suminė darbų apimtis:

$$t = t_{\Sigma} \cdot n. \quad (1.5)$$

čia n – diagnostikos priemonėmis nustatytų būtinų operacijų skaičius;
 t_{Σ} – i-tojo elemento techninės priežiūros ir remonto darbų suminė apimtis.

Jos gali būti apskaičiuojamos lygtimi [14]:

$$t_{\Sigma} \cdot N = \sum_l^N t_{\Sigma}, \quad (1.6)$$

$$t_{\Sigma} \cdot n = \sum_i^N t_{\Sigma} + \sum_i^N t_{\Sigma i}. \quad (1.7)$$

čia N – visu techninėje dokumentacijoje reglamentuojamų operacijų skaičius;
 n – diagnostikos priemonėmis nustatytų būtinų operacijų skaičius;
 $t_{\Sigma i}$ – i-tojo elemento techninės priežiūros ir remonto darbų suminė apimtis.

1.7 lygties dešinėsios pusės pirmąjį narį galima išreikšti taip (Tilindis, 2003):

$$\sum_i^N t_{\Sigma} = \sum_i^n t_{\Sigma i} + \sum_i^N F_i \cdot t_{\Sigma} \quad (1.8)$$

čia F_i – tikimybė, kad, atlikus kontrolę (diagnostiką), i-tajam elementui reikės atlikti profilaktinę ar remonto operaciją.

Išrašę (1.7) išraišką į (1.4) lygtį, gauname (Tilindis, 2003):

$$t_{\Sigma} \cdot n = \sum_l^N (F_l \cdot t_{\Sigma l} + t_{\Sigma l}). \quad (1.9)$$

Į lygtis įeinantys dydžiai yra atsitiktiniai, todėl, pasirenkant techninės priežiūros ir remonto strategiją, reikia nustatyti dydžių $t_{\Sigma} \cdot N$, $t_{\Sigma} \cdot n$, $t_{\Sigma ik}$ ir n pasiskirstymo integralines funkcijas $F_1 \cdot t_{\Sigma} \cdot N$, $F_2 \cdot t_{\Sigma} \cdot n$, $F_3 \cdot t_{\Sigma l}$, $F(n)$. Jas žinodami, galime apskaičiuoti atsitiktinių dydžių matematinės viltis $M[t \cdot N]_{\Sigma}$, $M[t \cdot n]_{\Sigma}$, $[]_{ik} M t_{\Sigma}$ ir $M[n]$.

Automobilių techninės priežiūros ir remonto darbų suminių trukmių matematinės viltys apskaičiuojamos lygtimis (Tilindis, 2003):

$$M[t_{\Sigma} \cdot N] = N \cdot \bar{t}_{\Sigma}, \quad (1.10)$$

$$M[t_{\Sigma} \cdot n] = M[n] \bar{t}_{\Sigma k} + N \bar{t}_{\Sigma k} = N \cdot \bar{F}_m \cdot \bar{t}_{\Sigma} + N \cdot \bar{t}_{\Sigma}, \quad (1.11)$$

čia t ir $t k$ – vidutinės elemento techninės priežiūros ir kontrolės darbų apimtys;
 $M[n]$ – po kontrolės atliekamų techninės priežiūros ir remonto darbų skaičiaus matematinė viltis. Ją galima apskaičiuoti naudojantis 1.12 lygtimi (Tilindis, 2003).

$$M[n] = N \cdot \bar{F}_m, \quad (1.12)$$

čia: F_m – vidutinė automobilio elementų gedimo tikimybė.

Pasirenkant strategiją galimi trys nagrinėjimo atvejai (Tilindis, 2003):

$$1. M[t_{\Sigma} \cdot N] < M[t_{\Sigma} \cdot n], \bar{t}_{\Sigma} < \bar{F}_m \cdot \bar{t}_{\Sigma} + \bar{t}_{\Sigma k}, \quad (1.13)$$

$$2. M[t_{\Sigma} \cdot N] > M[t_{\Sigma} \cdot n], \bar{t}_{\Sigma} > \bar{F}_m \cdot \bar{t}_{\Sigma} + \bar{t}_{\Sigma k}, \quad (1.14)$$

$$3. M[t_{\Sigma} \cdot N] = M[t_{\Sigma} \cdot n], \bar{t}_{\Sigma} = \bar{F}_m \cdot \bar{t}_{\Sigma} + \bar{t}_{\Sigma k}. \quad (1.15)$$

Jeigu tinka pirmoji sąlyga, tai ekonomiškai tikslinga taikyti pirmąją strategiją. Jeigu antroji sąlyga – tikslinga taikyti antrąją strategiją. Jeigu trečioji sąlyga, tada reikia nagrinėti $F \cdot (M[t_{\Sigma} \cdot N])$ ir $F \cdot (M[t_{\Sigma} \cdot n])$, t.y. nustatyti matematinės viltis, atitinkančias pasirinktojo pataisomumo rodiklio integralinės funkcijos reikšmes. Kai $F \cdot (M[t_{\Sigma} \cdot N]) > F \cdot (M[t_{\Sigma} \cdot n])$, tada ekonomiškai tikslinga taikyti antrąją automobilių techninės priežiūros ir remonto darbų strategiją.

Atlikus mokslinių tyrimų analizę pastebėta, kad plačiausiai naudojama antroji strategija (Tilindis, 2003).

1.14. Teorinis transporto priemonių remontabilumo rodiklių nustatymas

Jei norime valdyti transporto priemonės remontabilumo savybę, turime naudoti išreiškiančius rodiklius. Šie rodikliai yra atsitiktiniai dydžiai, todėl juos nustatant naudojamosi tikimybių teorija, matematikos statistikos ir transporto priemonių priežiūros teorijos matematiniu aparatu (Mickūnaitis, 2004). Vidutinis darbingumo atstatymo laikas (Mickūnaitis, 2004):

$$T_v = \frac{1}{m \sum t_i}, \quad (1.16)$$

čia t_i – i-ojo gedimo pašalinimo laikas;
 m – gedimų, įvykusių bandymo ar eksploatacijos metu, skaičius.

Techninio išnaudojimo koeficientas [16]:

$$K_{ti} = \frac{t_p}{t_p + t_r + t_{tp} + t_a}, \quad (1.17)$$

čia t_r – remontinis išdirbis per tiriamą laikotarpį;
 t_a – laikas atstatymui;
 t_{tp} – laikas techninei priežiūrai per tiriamą laikotarpį.

Suminės darbo sąnaudos techninei priežiūrai ir remontui (Mickūnaitis, 2004):

$$T_d = \sum n_{tp,i} \cdot T_{tp,i} + \sum n_{r,i} \cdot T_{r,i} , \quad (1.18)$$

čia k_{tp}, k_r – techninės priežiūros ir remonto skaičius, numatytas tiriamai transporto priemonei;
 $n_{tp,i}, n_{r,j}$ – techninės priežiūros ir remonto skaičius per numatytą eksploatacijos periodą t_e ;
 $T_{tp,i}, T_{r,j}$ – techninės priežiūros ir remonto vidutinis darbo imlumas.

Pastaba: n ir T reikšmės nustatomos skaičiuojant arba pagal statistiką. Lyginamosios darbo sąnaudos, nustatomos pagal formulę (Mickūnaitis, 2004):

$$T_{d,l} = \frac{T_d}{s} , \quad (1.19)$$

čia s – transporto priemonės eksploatacijos laikas.

Konstruktinis pereinamumo koeficientas (Mickūnaitis, 2004):

$$K_{kp} = \frac{N_a}{N_b} , \quad (1.20)$$

čia N_a – surinkimo vienetų ir detalių pavadinimų kiekis;
 N_b – bendras konstrukcijos elementų pavadinimų kiekis.

Pakeičiamumo koeficientas (Mickūnaitis, 2004):

$$K_p = \frac{N_p}{N_b} , \quad (1.21)$$

čia N_p – transporto priemonės pakeičiamų ir surinkimo vienetų skaičius;

Techninės priežiūros pasikartojimo koeficientas (Mickūnaitis, 2004):

$$K_{p,tp} = \frac{N_{p,tp}}{N_b} , \quad (1.22)$$

čia $N_{p,tp}$ – transporto priemonės elementų skaičius, kurių techninės priežiūros periodiškumas yra kartotinis arba dalus bazinių konstrukcinių elementų techninės priežiūros ir remonto periodiškumui.

Elementų darbo pasikartojimo koeficientas (Mickūnaitis, 2004):

$$K_{p,l} = \frac{N_{p,l}}{N_b} , \quad (1.23)$$

čia $N_{p,l}$ – transporto priemonės elementų skaičius, kurių darbo laiko periodiškumas yra kartotinis arba dalus bazinių konstrukcinių elementų techninės priežiūros ir remonto periodiškumui.

1.15. Informacijos šaltinių apibendrinimas

Lengvųjų automobilių gendamumas yra įtakojamas įvairių veiksnių. Patikimumo užtikrinimui turi būti atliekamos įvairios operacijos bei priimami sprendimai jau projektavimo etape. Net ir atsirandant naujoms technologijoms, tobulėjant darbo įrangai, darbuotojų kvalifikuotumui dėl įvairių meteorologinių, technologinių ar eksploataavimo veiksnių dažnai pasireiškia gedimai net garantiniu laikotarpiu. Įsigydamas naują automobilį vartotojas tikisi, kad kurį laiką nekils problemų dėl naujų detalių gedimų. Dėl šios priežasties garantiniu laikotarpiu turi būti užtikrinamas greitas gedimų šalinimas, tam pardavėjai bei automobilių serviso tarnautojai turi apsirūpinti atsarginėmis dalimis, kad vėliau dėl jų nebuvimo nekiltų nesklandumų, nebūtų trikdomas pirkėjo darbas bei gaištamas laikas, kai automobilio negalima eksploatuoti. Taip pat labai svarbu, kad būtų paruoštos ir darbuotojų įsisavintos gedimų šalinimo metodikos, įdarbinti atitinkamos specializacijos darbuotojai. Nustačius ridą, nuo kurios atsiranda įvairių sistemų gedimai galima būtų planuoti darbus bei tinkamai parinkti lengvųjų automobilių profilaktinio patikrinimo bei priežiūros darbų schemas. Tikimasi, kad atlikus lengvųjų automobilių variklio, važiuoklės, aušinimo bei elektros sistemų gendamumo analizę garantiniu laikotarpiu iš dalies galima nustatyti atsarginių detalių bei specialistų poreikį.

2. TYRIMŲ TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Tyrimų tikslas: Nustatyti lengvųjų automobilių variklio, važiuoklės, aušinimo bei elektros sistemų detalių gendamumą garantiniu laikotarpiu bei įvertinti automobilių gendamumo priklausomybę nuo ridos.

Tyrimų uždaviniai:

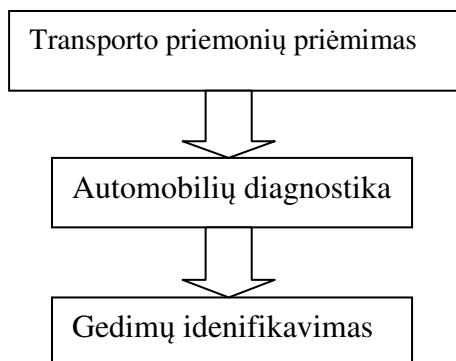
1. Nustatyti lengvųjų automobilių mechanizmų ir sistemų (variklio, elektros sistemų, transmisijos, važiuoklės ir kt.) gendamumą garantiniu laikotarpiu;
2. Suskirstyti tiriamų lengvųjų automobilių mazgus į grupes gendamumo požiūriu;
3. Nustatyti tiriamų automobilių pagrindinių sistemų atskirų detalių gendamumo tikimybę garantiniu laikotarpiu;
4. Nustatyti tiriamų automobilių bei jų detalių gendamumo tikimybės priklausomybę nuo ridos;
5. Nustatyti tiriamų automobilių dažniausiai gendančių detalių gedimų atsiradimų priežastis.

3. TYRIMŲ METODIKA

3.1. Automobilių gendamumo garantiniu laikotarpiu tyrimų metodika

Tyrimai atlikti UAB „Sostena“ servise. Tyrimams buvo pasirinkti „Renault“ markės vidutinės klasės lengvieji automobiliai: Clio, Laguna, Logan, Megane, Scenic, Thalia. Tiriamieji automobiliai buvo pagaminti 2006 – 2009 metais, garantinis laikotarpis truko iki kol buvo pasiekta 100 tūkst. km. rida.

Tyrimų metu buvo atliekamas automobilių defektų nustatymas bei šalinimas garantiniu laikotarpiu. Taip pat buvo kaupiami duomenys apie pagrindinių automobilių sistemų (variklio, važiuoklės, vėdinimo, elektros bei kitų) gendamumą. Lengvųjų automobilių tyrimai servise buvo atliekami pagal schemą (3.1 pav.).



3.1 pav. Tyrimų schema

Pirmojo etapo metu kartu su lengvojo automobilio savininku buvo analizuojami atsiradusio gedimo požymiai, nustatyta, ar transporto priemonė buvo eksploatuojama pagal paskirtį ir laikantis gamintojo nurodytų reikalavimų. Taip pat sukaupiami duomenys apie automobilio ridą, pažymima jo markė bei įsigijimo metai.

Automobilio diagnostikos darbai pradedami tiriamosios vietos identifikavimu bei pasiruošimu.

Tyrimų metu numatyta kaupti duomenis apie lengvųjų automobilių gendamumą. Tyrimais numatyta nustatyti konstrukcinės, technologinės bei eksploatacinės gedimų atsiradimų priežastis bei nustatyti pagrindines gedimų pasekmes – reiškimosi pobūdį, gedimų poveikio visai lengvojo automobilio sistemai laipsnį bei gedimų prognozavimo galimybę. Atlikti struktūrinį transporto priemonių gendamumo klasifikavimą duomenis pateikiant 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Transporto priemonių gedimų struktūrinis klasifikavimas

Pasekmės \ Prižastys		Konstrukcinės	Technologinės	Ekspluatacinės	Iš viso:
Reiškimosi pobūdis	staigieji lėtieji				
Poveikio laipsnis	daliniai visiškai				
Prognozavimo galimybė	prognozuojami neprognozuojami				
Iš viso:					

Variklio sistemos gedimų nustatymas. Variklio sistemos gedimai buvo nustatyti naudojant kompiuterinę įrangą bei tam skirtus elektroninius prietaisus (3.2 pav.). Prie automobilio sistemos kompiuterio prijungus elektroninius daviklius buvo stebimas variklio darbas bei programine įranga fiksuojamos sistemos klaidos.



a



b

3.2 pav. Automobilių diagnostikos įranga: a – diagnostinis stendas DASPAS-65; b – automobilio sisteminių duomenų skaitytuvas

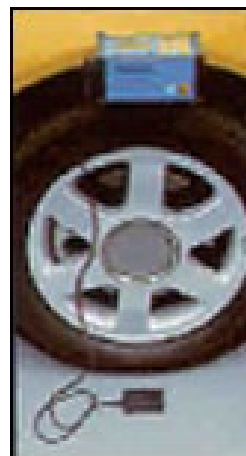
Važiuklės sistemos gedimų nustatymas. Važiuklės sistemos gedimai buvo vertinami vizualiai. Keltuvu pakėlus automobilį buvo nustatomos sulūžusios ar kitaip paveiktos detalės, kurias reikėjo pakeisti. Amortizatorių patikrinimui bei veikimo tikslumui nustatyti buvo naudojama amortizatorių tikrinimo įranga (3.3 pav.).

Amortizatorių tikrinimui automobilis buvo pastatomas ant kieto pagrindo, išjungiamas rankinis stabdis, vairas nustatomas tiesiai, pavarų dėžė nustatoma neutralioje padėtyje. Testavimo aparatas tvirtinamas ant sparno tiesiai virš rato centro, išorinis ultrasensorinis daviklis pajungiamas ir paguldomas ant pagrindo tiesiai po testavimo aparatu. Sumontavus testavimo

įrangą automobilio korpusas buvo stipriai ir staigiai paspaudžiamas žemyn 3 kartus ir atleidžiamas.



a



b

3.3 pav. Amortizatorių tikrinimo įranga: a – duomenų kaupimo oscilografas; b – oscilografo prijungimas prie automobilio

Elektros sistemos diagnostika. Elektros sistemos gedimui nustatyti automobilio variklis buvo užgesinamas. Ampermetras prijungiamas prie akumuliatoriaus bet kurio gnybto. Jei matavimo daviklis ir kita įranga rodo, kad srovė yra didelė, galima teigti, kad gedimas yra. Nustačius gedimo buvimą, vienas po kito buvo tikrinami saugikliai. Nustačius tikslią gedimo vietą, testeriu buvo tikrinamas elektros pratekėjimas gedimo buvimo dalyje, siekiant išsiaiškinti ir pašalinti sutrikimą.

3.2. Statistinės eilutės sudarymas

Variacinė eilutė rodo atsitiktinio dydžio kitimo ribas. Joje nurodau kiekvieno intervalo dydį bei atsitiktinio dydžio reikšmių skaičius, kurie iš bendro skaičiaus patenka į kiekvieną intervalą (Višniakas, 2005). Lengvųjų automobilių garantinis aptarnavimas baigiasi jiems nuvažiavus 100 tūkst. km. Automobilių garantinio laikotarpio ridą suskirstau į 10 intervalų, kurių kiekvienas užima 10 000 km. Pagal turimus duomenis sudarau variacinę eilutę, kurioje surašau gedimų skaičių (3.2 lentelė).

Iš variacinės eilutės sudarau kiekvienos techninės sistemos pradinių duomenų statistines eilutes. Jose nurodau kiekvieno intervalo dydį, intervalo vidurio reikšmes, atsitiktinio dydžio reikšmių skaičius (dažnius) bei atsitiktinio dydžio atsiradimo statistines tikimybes. Statistinės tikimybės apskaičiuojamos naudojantis 3.1. lygtimi.

$$p_i = \frac{m_i}{N_i}, \quad (3.1)$$

čia m_i – pagrindinių sistemų kiekvieno periodo gedimų skaičius;
 N_i – pagrindinių sistemų gedimų skaičius garantiniu laikotarpiu.

3.2 lentelė. Lengvųjų automobilių gedimų garantiniu laikotarpiu variacinės eilutės

Intervalai, tūkst km Gedimai	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 70	70 – 80	80 – 90	90 – 100
Variklis	5	9	12	20	-	11	13	9	7	12
Važiuklė	-	31	29	40	61	56	85	19	32	40
Aušinimo sistema	8	6	2	-	-	1	3	4	1	3
Elektros sistema	9	17	3	13	16	12	4	3	1	16
Kita	11	1	1	2	4	3	4	4	5	5

3.3 Pagrindinių skaitinių charakteristikų skaičiavimas

Automobilių ridos vidutinė matematinė reikšmė skaičiuojama 3.2 lygtimi (Višniakas, 2005).

$$\bar{T}_{vid} = \sum_{i=1}^n T_{ivid} \cdot \frac{m_i}{N_i}; \quad (3.2)$$

čia T_{ivid} - ridos reikšmė, atitinkanti i – tojo intervalo vidurį;
 n – statistinės eilutės intervalų skaičius;
 m_i – pagrindinių sistemų kiekvieno periodo gedimų skaičius;
 N_i – pagrindinių sistemų gedimų skaičius garantiniu laikotarpiu.

Ridos nukrypimo laipsnis $\bar{T}_{ivid}$ atžvilgiu charakterizuojamas vidutiniu kvadratinu nuokrypiu. Vidutinis kvadratinis nuokrypis apskaičiuotas 3.3 lygtimi.

$$\sigma = \sqrt{\sum \left(T_{ivid} - \bar{T}_{vid} \right)^2 \cdot \frac{m_i}{N_i}}; \quad (3.3)$$

čia T_{ivid} - ridos reikšmė, atitinkanti i – tojo intervalo vidurį;
 $\bar{T}_{vid}$ - vidutinė ridos reikšmė;
 m_i – pagrindinių sistemų kiekvieno periodo gedimų skaičius;
 N_i – pagrindinių sistemų gedimų skaičius garantiniu laikotarpiu.

Atsitiktinio dydžio išsiskaidymas charakterizuojamas variacijos koeficientu, kuris apskaičiuojamas 3.4 lygtimi.

$$v = \frac{\sigma}{T_{vid} - T_p}; \quad (3.4)$$

čia σ - vidutinis kvadratinis nuokrypis;
 T_{vid} - vidutinė reikšmė;
 T_p - pradinis informacijos pasislinkimas, lygus pirmojo intervalo pradžiai.

3.4 Lengvųjų automobilių negendamumo tikimybės nustatymas

Negendamumo tikimybė ($F(t)$) – tai tikimybė, kad tam tikrą laiką, arba išdirbį detalės nesuges. Ji išreiškiama vieneto dalimis arba procentais ir kinta nuo 1 iki 0 (Jonaitis, 1998). Žinant gedimų atsiradimo tikimybę negendamumo tikimybė gali būti apskaičiuojama 3.5 lygtimi (Medekšas, 2003).

$$F(t) = 1 - P(t), \quad (3.5)$$

čia $P(t)$ – lengvųjų automobilių gendamumo tikimybė.

4. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

4.1 Pagrindinių skaitinių charakteristikų skaičiavimas

Transporto priemonių gedimų struktūrinis klasifikavimas. Tyrimų duomenimis buvo nustatyta, kad automobilių gedimai atsiranda dėl įvairių priežasčių. Buvo sudaryta eksperimentinė transporto priemonių gedimų struktūrinio klasifikavimo lentelė (4.1 lentelė).

4.1 lentelė. Transporto priemonių gedimų struktūrinis klasifikavimas

Priežastys		Konstrukcinės	Technologinės	Ekspluatacinės	Iš viso:
Pasekmės					
Reiškimosi pobūdis	staigieji	35	85	75	195
	lėtieji	55	125	125	305
Poveikio laipsnis	daliniai	55	115	120	290
	visiški	35	95	80	210
Prognozavimo galimybė	prognozuojami	25	40	50	115
	neprognozuojami	65	170	150	385
Iš viso:		90	210	200	

Variklio sistemos statistinė tikimybė intervale nuo 0 iki 10000 km:

$$p_i = \frac{m_i}{N_i} = \frac{5}{98} = 0,051.$$

Visų pagrindinių sistemų statistinės tikimybės pateikiamos 4.2 lentelėje.

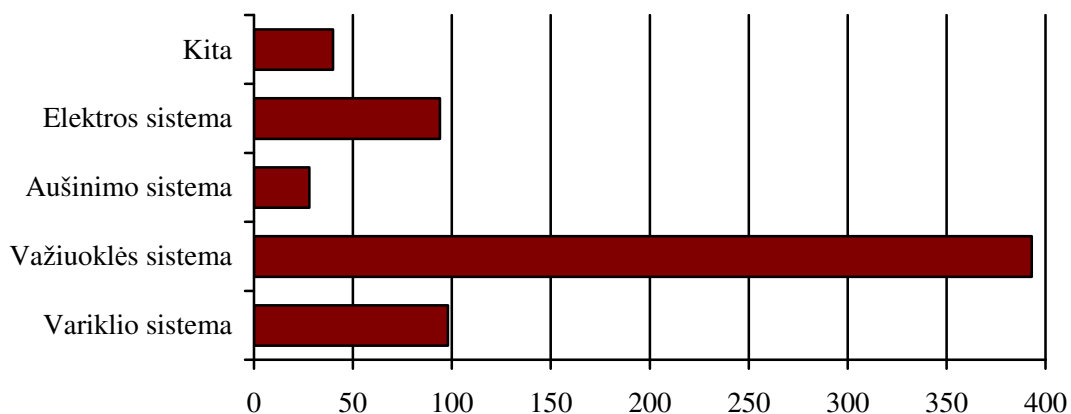
4.2 lentelė. Lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gedimų intervalinė statistinė eilutė

Rida, tūkst. km.	0 - 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Rodikliai										
Intervalo vidurys, km	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
Variklio sistema										
Gedimų dažnis	5	9	12	20	2	9	13	9	7	12
Statistinė tikimybė	0,051	0,092	0,122	0,204	0,020	0,092	0,133	0,092	0,071	0,122
Važiuklės sistema										
Gedimų dažnis	5	28	27	40	61	56	85	19	32	40
Statistinė tikimybė	0,013	0,071	0,069	0,102	0,155	0,142	0,216	0,048	0,081	0,102

4.2. lentelės tęsinys

Rida, tūkst. km. Rodikliai	0 - 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Intervalo vidurys, km	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
Aušinimo sistema										
Gedimų dažnis	8	6	2	0	0	1	3	4	1	3
Statistinė tikimybė	0,286	0,214	0,071	0	0	0,036	0,107	0,143	0,036	0,107
Elektros sistema										
Gedimų dažnis	9	17	3	13	16	12	4	3	1	16
Statistinė tikimybė	0,096	0,181	0,032	0,138	0,170	0,128	0,043	0,032	0,011	0,170
Kita										
Gedimų dažnis	11	1	1	2	4	3	4	4	5	5
Statistinė tikimybė	0,275	0,025	0,025	0,050	0,100	0,075	0,100	0,100	0,125	0,125

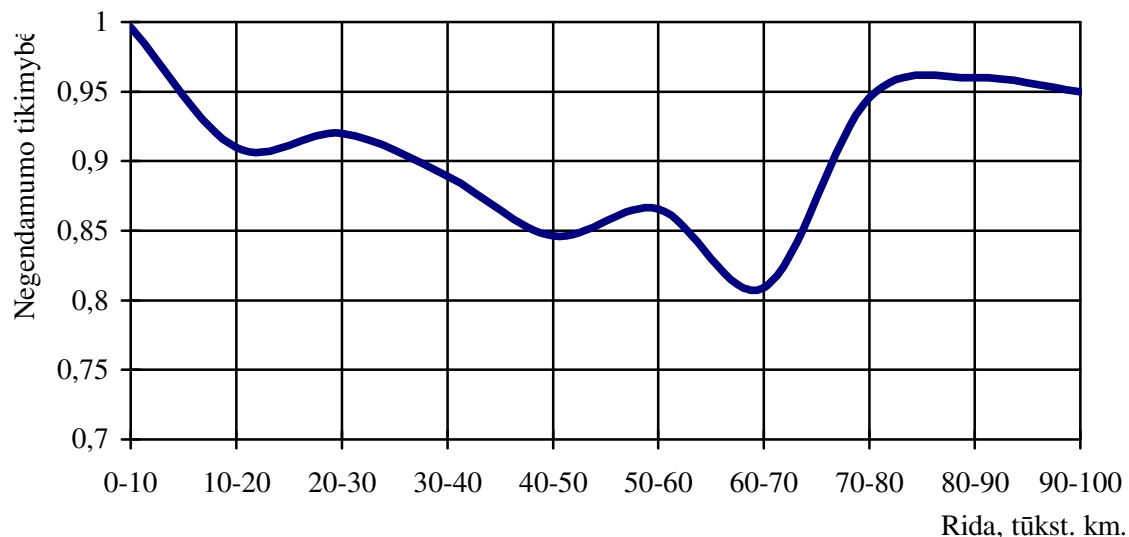
Remiantis tyrimų metais surinktais pagrindinių automobilių sistemų gedimo duomenimis nustatytas gedimų dažnis garantiniu laikotarpiu pagal ridą (4.1 pav.). Gedimų dažnis, arba gedimų pasiskirstymo tankis, – tai per darbo laikotarpį sugedusių detalių skaičiaus ir darbo trukmės bei darbo pradžioje buvusių detalių skaičiaus santykis, kai sugedusios detalės netaisomos ir nekeičiamos naujomis arba suremontuojamos (Mickūnaitis, 2006).



4.1 pav. Lengvųjų automobilių pagrindinių sistemų gedimų dažnis

Atlikti automobilių tyrimai parodė, kad garantiniu laikotarpiu didžiausias yra važiuoklės sistemos gedimų dažnis. Mažiausia gedimų nustatyta vėdinimo sistemoje, jų dažnis siekia vos 30.

Atlikus automobilių gendamojo analizę nustatyta negendamumo tikimybė (4.2 pav.). Eksploatuojant „Renault“ klasės automobilius iki 70 tūkst. km. negendamumo tikimybė mažėja. Ridai didėjant iki 80 tūkst. km. negendamumo tikimybė sparčiai didėja ir pasiekusi 0,96 lieka beveik pastovi iki garantinio laikotarpio pabaigos.



4.2 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių negendamumo tikimybė garantiniu laikotarpiu

Variklio sistemos vidutinis resursas:

$$\bar{T}_{ivid} = 5000 \cdot 0,051 + 15000 \cdot 0,092 + 25000 \cdot 0,122 + 35000 \cdot 0,204 + 45000 \cdot 0,020 + 55000 \cdot 0,092 + 65000 \cdot 0,133 + 75000 \cdot 0,092 + 85000 \cdot 0,071 + 95000 \cdot 0,122 = 51020 \text{ km}$$

Variklių sistemos gedimų vidutinis kvadratinis nuokrypis.

$$\sigma = \sqrt{(5000 - 51020)^2 \cdot 0,051 + (15000 - 51020)^2 \cdot 0,092 + (25000 - 51020)^2 \cdot 0,122 + (35000 - 51020)^2 \cdot 0,204 + (45000 - 51020)^2 \cdot 0,020 + (55000 - 51020)^2 \cdot 0,092 + (65000 - 51020)^2 \cdot 0,133} = 23965$$

Tada automobilių variklių sistemos gedimų variacijos koeficientas yra:

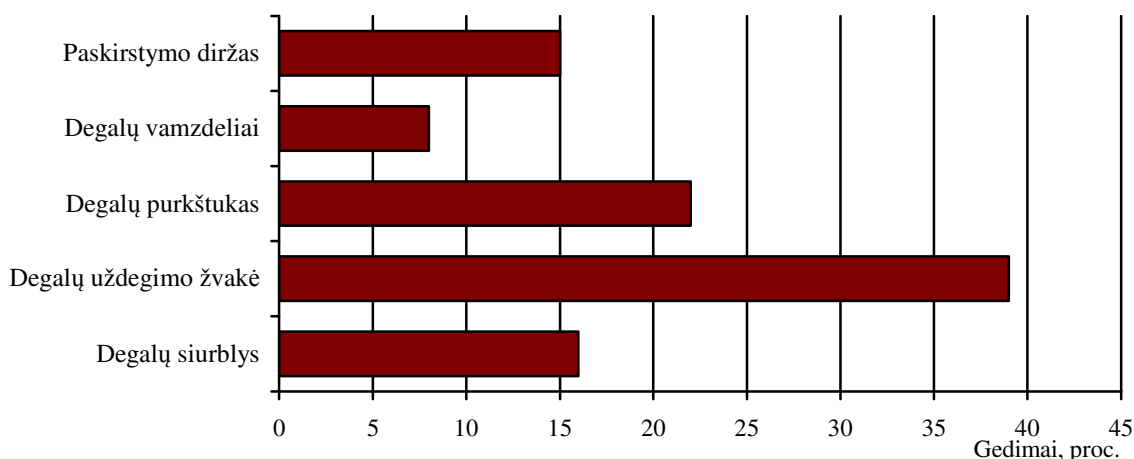
$$v = \frac{27618}{50955 - 0} = 0,541.$$

Visų pagrindinių lengvųjų automobilių sistemų resurso vidutinės matematinės reikšmės, vidutiniai kvadratiniai nuokrypiai ir variacijos koeficientai pateikiami 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Pagrindinių skaitinių charakteristikų skaičiavimo rezultatai

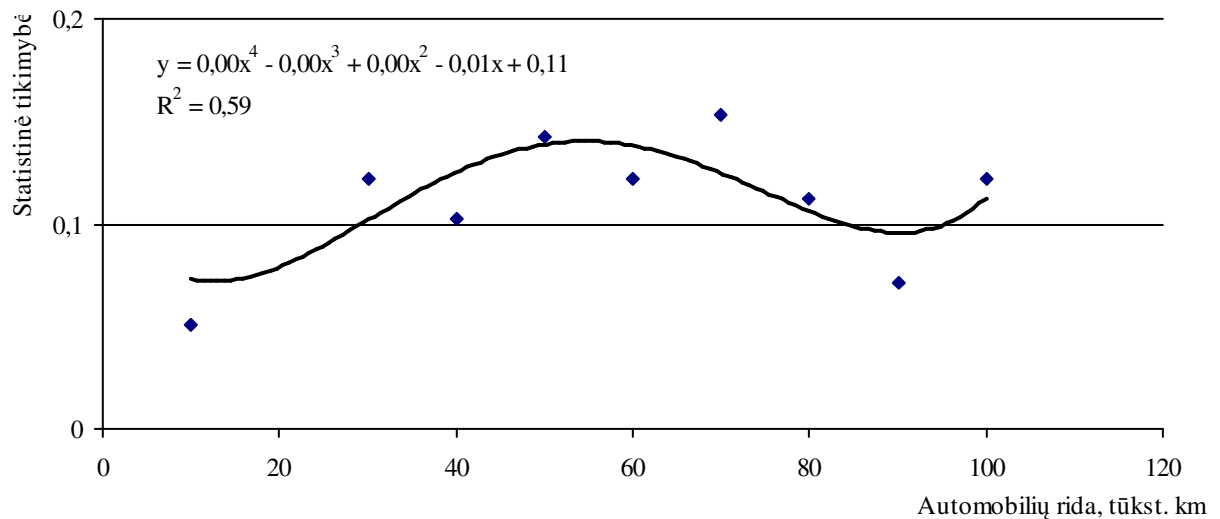
Tiriamos sistemos	Resurso vidutinė matematinė reikšmė, km	Vidutinis kvadratinis nuokrypis	Variacijos koeficientas
Variklio	50955	27618	0,541
Važiuklės	55412	22926	0,414
Aušinimo	39286	33851	0,862
Elektros	45745	29036	0,676
Kita	49250	33308	0,676

Vertinant variklio sistemos gedimus garantiniu laikotarpiu nustatyta, kad daugiausia gedimų yra susiję su degalų padavimo bei uždegimo sistemomis (4.3 pav.). Dažniausiai pasitaikančių variklio gedimų garantiniu laikotarpiu yra degalų uždegimo žvakių gedimai. Jie sudaro beveik 40 % visų variklio detalių gedimų. Be jau minėtų degalų uždegimo žvakių gedimų dažnai pasitaiko degalų purkštukų bei degalų vamzdelių defektų. Tyrimo metu mažiausia nustatyta gedimų, susijusių su jungiamosiomis detalėmis, degalų vamzdelių defektai sudarė 15 % visų variklio gedimų.



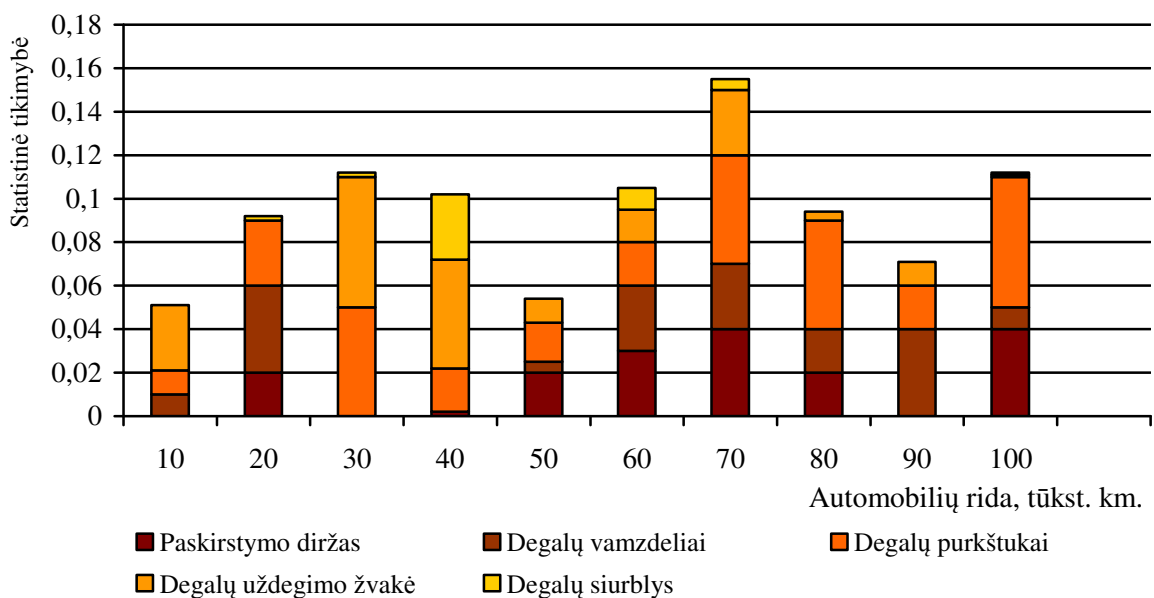
4.3 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių variklių detalių gendamas garantiniu laikotarpiu

Daugiausia variklio sistemos gedimų garantiniu laikotarpiu atsiranda automobiliui nuvažiavus 30 – 40 tūkst. kilometrų. Didėjant ridai, variklio defektų didėja, kol automobilis nuvažiuoja 60 tūkst. km, vėliau pradeda mažėti (4.4 pav.).



4.4 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių variklių sistemos gendamumo priklausomybė nuo ridos

Atlikus išsamią atskirų detalių gendamumo analizę nustatyta, kad degalų purkštukai genda visu garantiniu laikotarpiu, tačiau nenustatyta didelių svyravimų, įtakojamų naujų automobilių ridos (4.5 pav.). Daugiausia degalų uždegimo žvakių gedimų nustatyta automobiliui nuvažiavus 50 tūkst. km. Toliau eksploatuojant automobilį šių gedimų ženkliai sumažėjo. degalų vamzdelių defektai, kaip ir degalų purkštukų gedimai, buvo nustatyti visu garantiniu laikotarpiu.



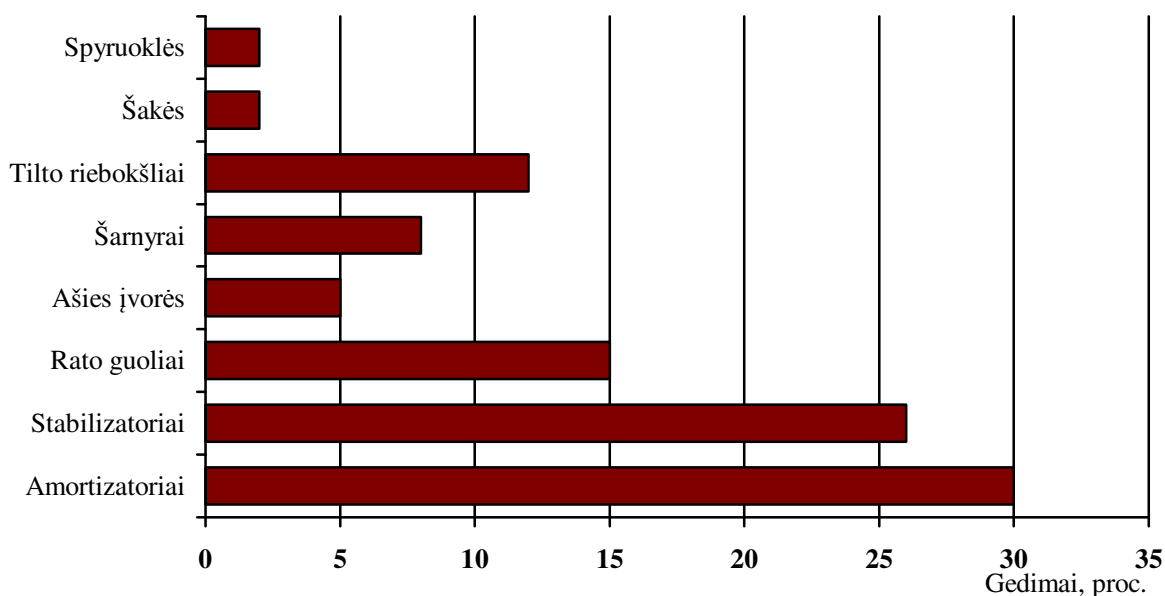
4.5 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių variklių gendamumo garantiniu laikotarpiu tikimybė

Eksploatuojant bet kurias transporto priemones, mechanizmus, jų detalių paviršius veikia didelės jėgos, aukštos temperatūros, įvairūs cheminiai procesai, agresyvi išorės aplinka. Dėl to neišvengiamai dyla mechanizmų, prietaisų, sistemų atskiros detalės, kinematinės poros ir

grandinės, kinta detalių paviršių geometrinė forma, matmenys, glotnumas, blogėja tepimo sąlygos, vyksta korozija (Buteliauskas, 2008). Dėl jau minėtų priežasčių važiuoklės sistemoje atsiranda įvairių gedimų (4.6 pav.), pagrindiniai jų garantiniu laikotarpiu yra: spyruoklės, šakės, tilto riebokšliai, šarnyrai, ašies įvorės, rato guoliai, stabilizatoriai bei amortizatoriai.

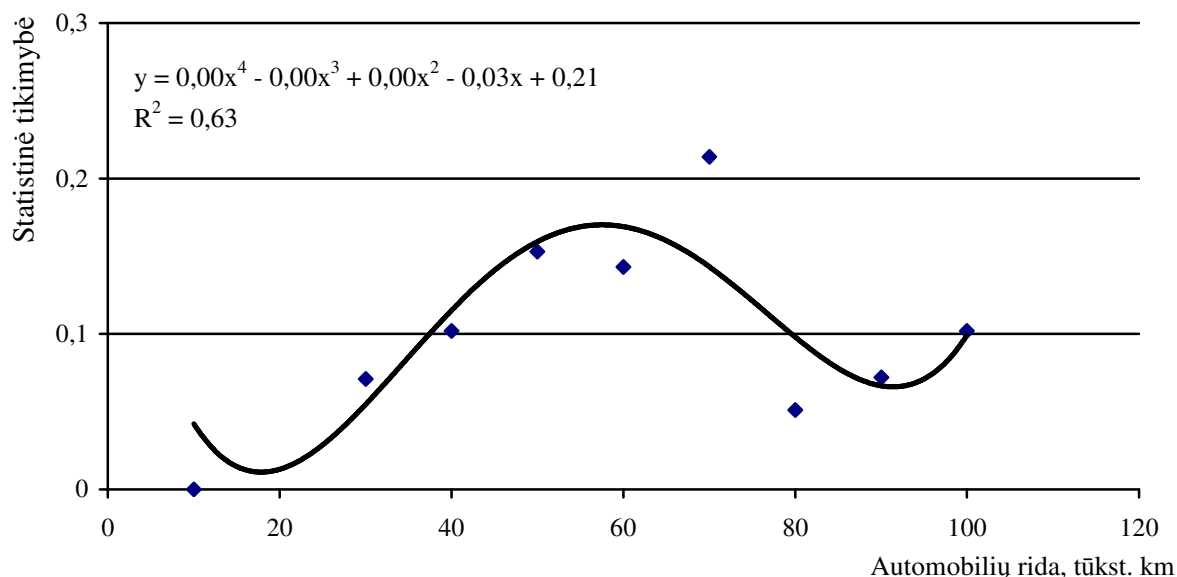
Mažiausiai gendančios važiuoklės detalės garantiniu laikotarpiu yra spyruoklės. Tyrimų metais buvo nustatyti tik trys spyruoklės gedimai ir tik viena spyruoklė buvo visiškai sulūžusi

Viena iš automobilių važiavimo stabilumą užtikrinančių detalių yra amortizatoriai. Amortizatoriai stiprius kelio nelygumų smūgius perduoda ratams, paverčia neesminiais automobilio kėbulo virpesiais. Elektronine įranga nustačius, kad amortizatoriaus veikimo efektyvumas yra mažesnis nei 50 %, jis turi būti keičiamas. Nustatyta, kad iš garantiniu laikotarpiu sugedusių amortizatorių visiškai netinkami tapo tik 2 %. Tyrimų rezultatai rodo, kad dažniausiai amortizatorių atraminės gumos susidėvi. Gumoms sudilus nešvarumai patenka į amortizatoriaus vidų ir šis pažeidžiamas. Garantiniu laikotarpiu amortizatorių gedimai sudaro apie 30 % visų automobilių gedimų.



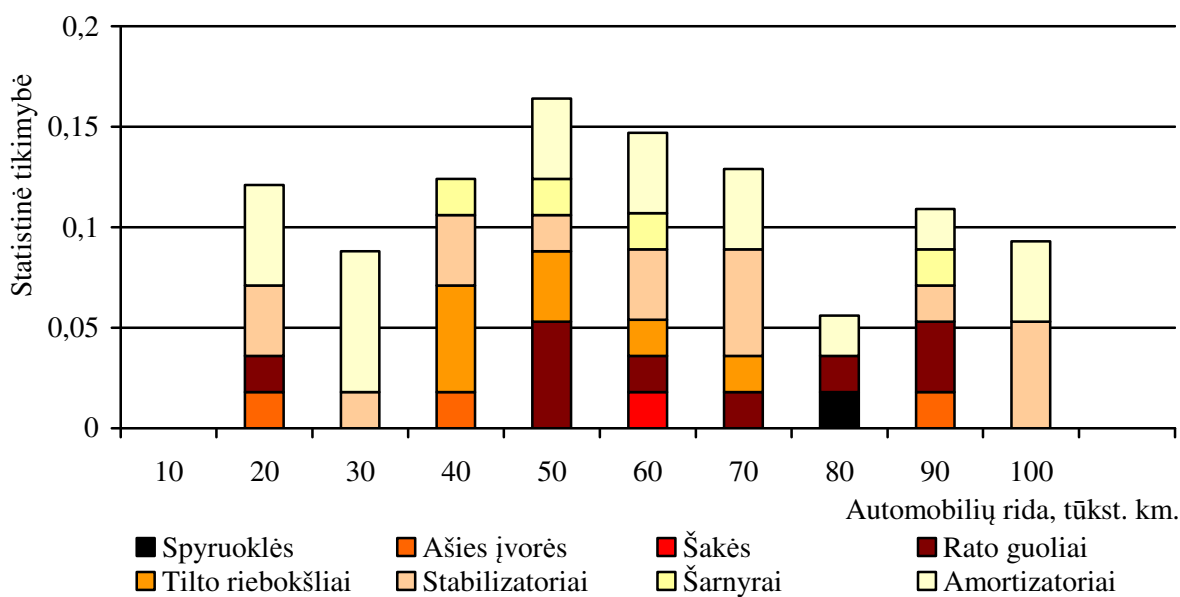
4.6 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių važiuoklės detalių gendamumas garantiniu laikotarpiu

Pradėjus eksploatuoti naują automobilį, mūsų tyrimų duomenimis, pirmuosius 10 000 kilometrų važiuoklės sistemos gedimai neaptinkami. Toliau eksploatuojant transporto priemones buvo nustatyta, kad statistinė gedimų atsiradimo tikimybė palaipsniui didėja, kol automobilis pasiekia 70 000 km ridą (4.7 pav.)



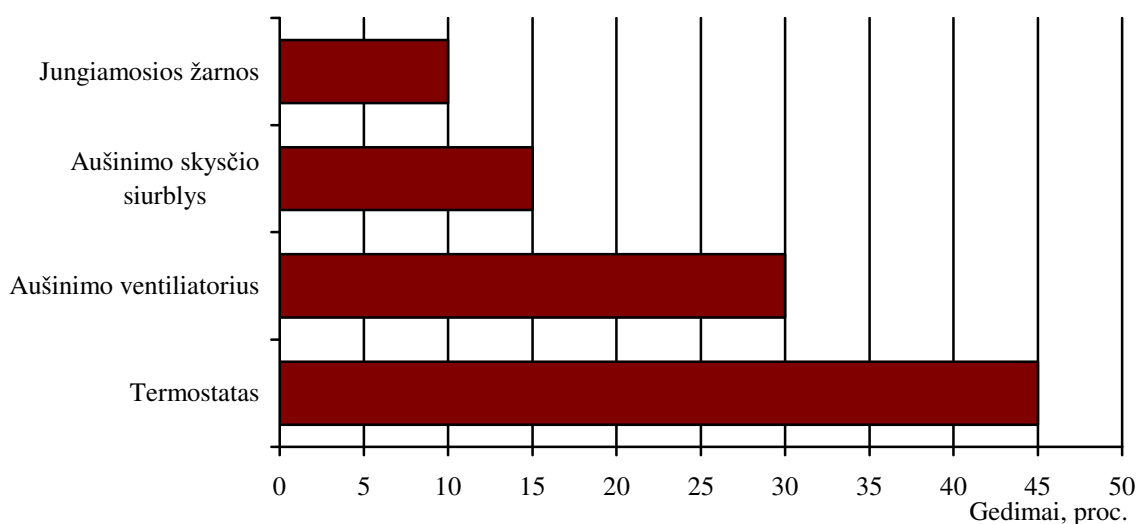
4.7 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių važiuoklės sistemos gendamumo priklausomybė nuo ridos

Įvertinus lengvųjų automobilių važiuoklės sistemos gendamumą garantiniu laikotarpiu nustatyti 228 gedimai. Buvo pastebėta, kad pirmieji gedimai atsiranda automobiliui nuvažius 10 000 km (4.8 pav.). Didėjant automobilių ridai, važiuoklės gedimų daugėja. Didžiausia tikimybė, kad bus pastebėtas bent vienas važiuoklės sistemos trūkumas, yra automobiliui nuvažius 40–50 tūkst. kilometrų. Didžiausia santykinė gendamumo tikimybė lygi 0,17. Nuo 70 tūkst. kilometrų važiuoklės gendamumas gerokai sumažėja, tačiau, ridai didėjant, jis taip pat pradeda didėti.



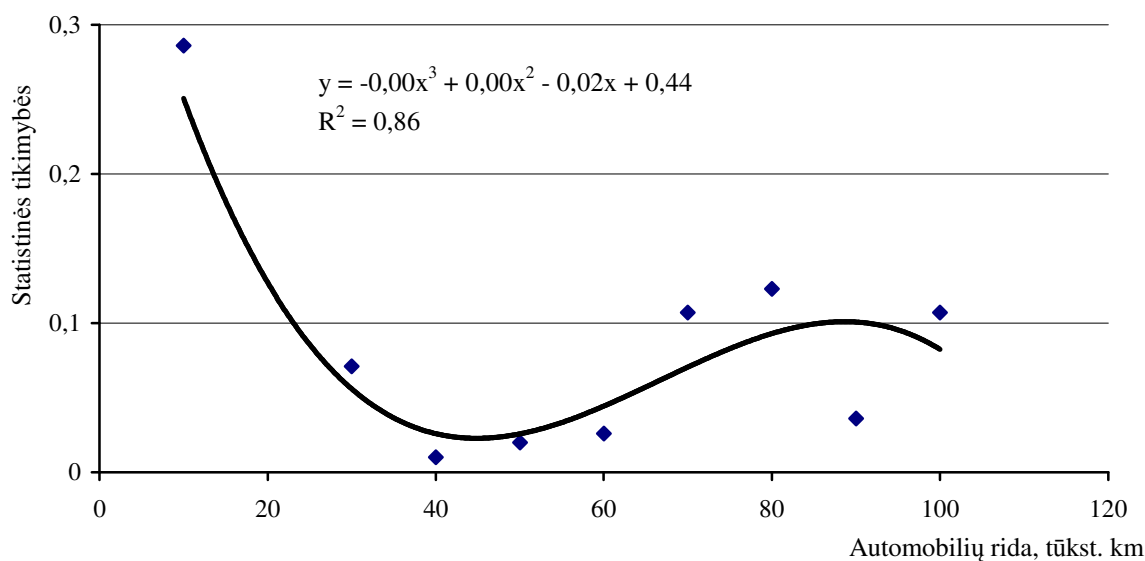
4.8 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių važiuoklės gendamumo garantiniu laikotarpiu tikimybė

Lengvųjų automobilių aušinimo sistema yra skirta variklio detalių temperatūros palaikymui, degimo proceso tėkmės kontrolei, alyvos neperkaitinimo užtikrinimui, todėl labai svarbu yra nepertraukiamas jos darbas automobilio eksploatavimo laikotarpiu. Pagrindinės aušinimo sistemos gendančios detalės garantiniu laikotarpiu yra jungiamosios žarnos, aušinimo skysčio siurblys, aušinimo ventiliatorius, termostatas (4.8 pav.).



4.9 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės aušinimo sistemos detalių gendamumas garantiniu laikotarpiu

Skirtingai nei kitų lengvųjų automobilių sistemų gedimai, aušinimo bei vėdinimo sistemų gedimai pasireiškia pirmaisiais važiavimo tarpsniais (4.9 pav.).

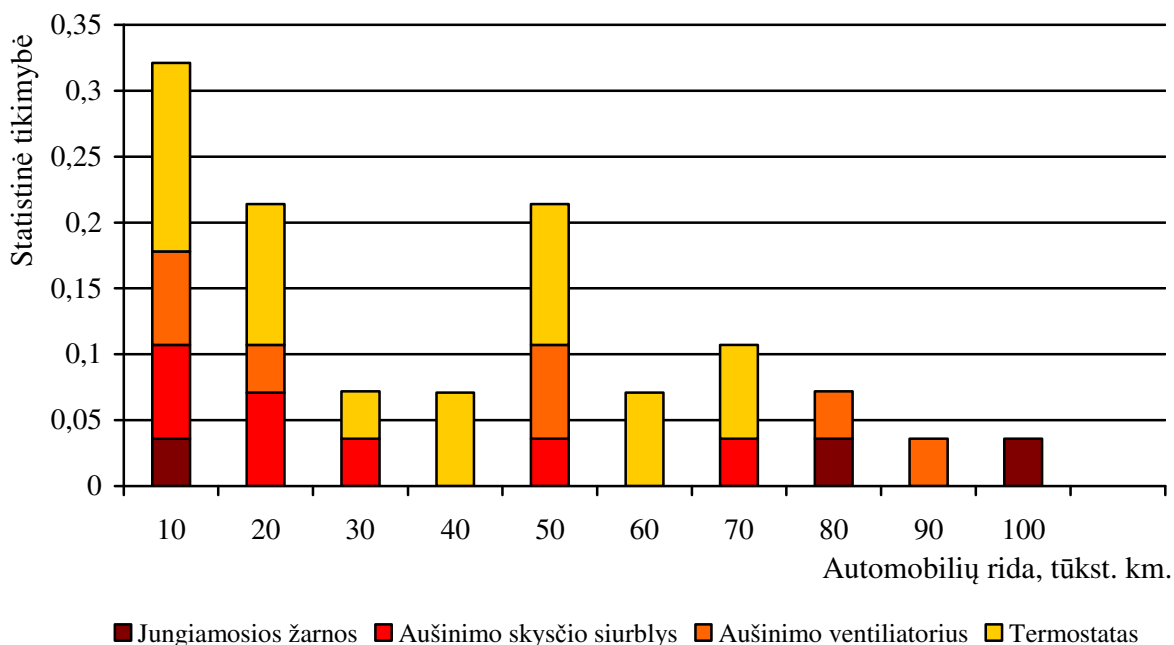


4.10 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių aušinimo sistemos gendamumo garantiniu laikotarpiu priklausomybė nuo ridos

Didžiausia gedimo atsiradimo tikimybė yra automobiliui nuvažius iki 10 tūkst. kilometrų. Vėliau gedimų tikimybė mažėja ir visiškai išnyksta ridai padidėjus iki 30 tūkst. km. Tačiau nepaisant to, toliau eksploatuojant automobilį, mūsų tyrimų duomenimis, gedimų dažnis pradeda didėti. Skirtingai nei variklio ar važiuoklės gedimų, aušinimo sistemos gedimų tikimybė pastebimai mažėja automobilį eksploatuojant iki 60 tūkst. km. ir vėl pradeda didėti toliau eksploatuojant automobilį (4.9 pav.).

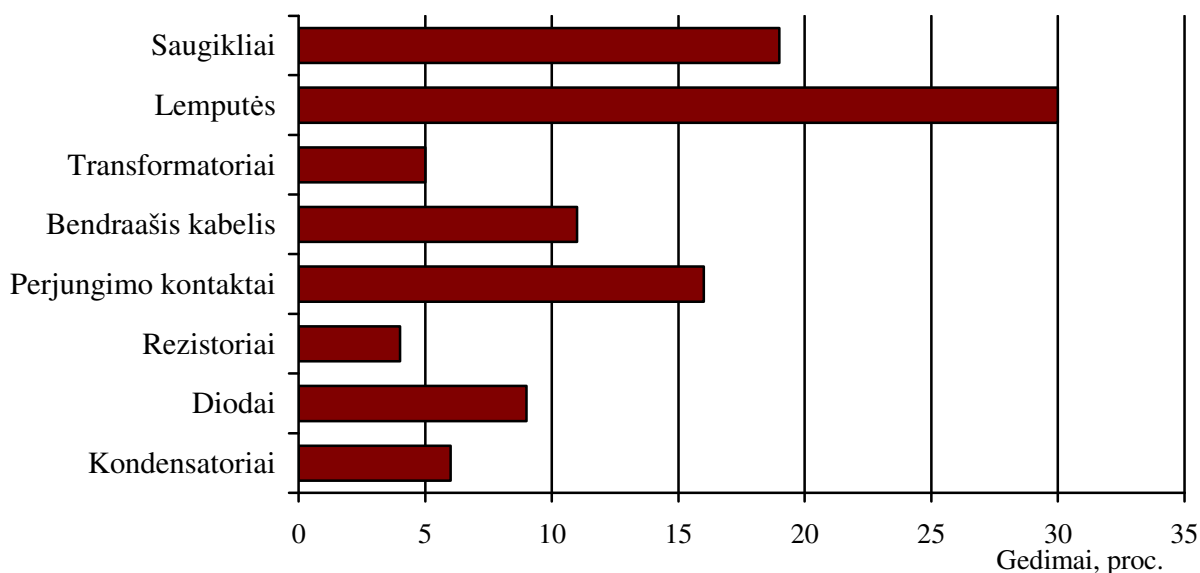
Aušinimo sistemos gedimai buvo fiksuojami visos eksploatacijos metu (4.10 pav.). Lengvųjų automobilių aušinimo sistemoje gendamiausi garantiniu laikotarpiu yra termostatai. Termostatų gendamumo tikimybė didžiausia automobiliui važiuojant nuo 0 km. iki 70 tūkst. km. Toliau eksploatuojant automobilį iki garantinio laikotarpio pabaigos, tai yra iki 100 tūkst. km., termostatų gedimų nenustatyta. Tai leidžia daryti prielaidą, kad termostatų gedimai garantiniu laikotarpiu atsiranda ne dėl eksploatacijos netinkamumo, o dėl nekokybiškų gaminio medžiagų bei gamybos technologijų klaidų.

Tiriant lengvųjų automobilių aušinimo sistemos gendamumą garantiniu laikotarpiu nustatyta, kad mažiausia yra jungiamųjų žarnų bei jų jungčių gendamumo tikimybė. Dėl nekokybiškų jungiamųjų detalių bei medžiagos neatsparumo jau per pirmuosius 10 tūkst. km. išryškėja didelė jų gendamumo tikimybė.



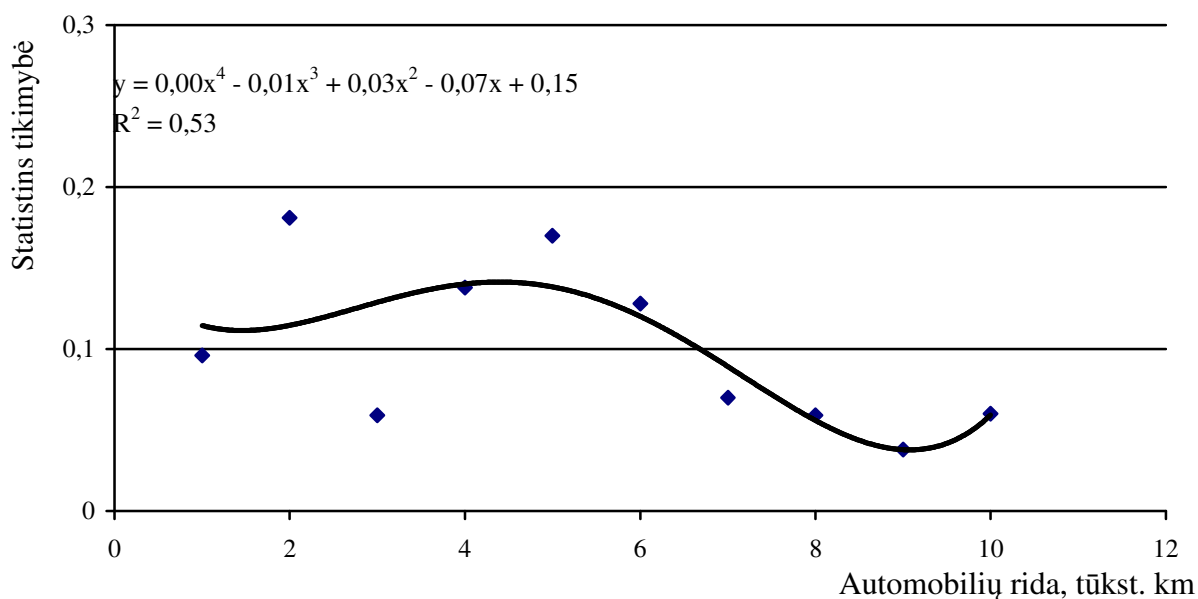
4.11 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių aušinimo sistemos gendamumo garantiniu laikotarpiu tikimybė

Vienas nestabiliausių elektros sistemos gendamumas (4.12 pav.). Pagrindiniai gendantys elementai garantiniu laikotarpiu tyrimais buvo nustatyti: saugikliai, lemputės, transformatoriai, bendraašiai kabeliai, perjungimo kontaktai, rezistoriai, diodai, kondensatoriai. Beveik 30 % visų elektros sistemos gedimų sudaro lemputės gedimai. Mažiausia – 4 % gedimų buvo rezistoriai.



4.12 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių elektros detalių gendamumas garantiniu laikotarpiu

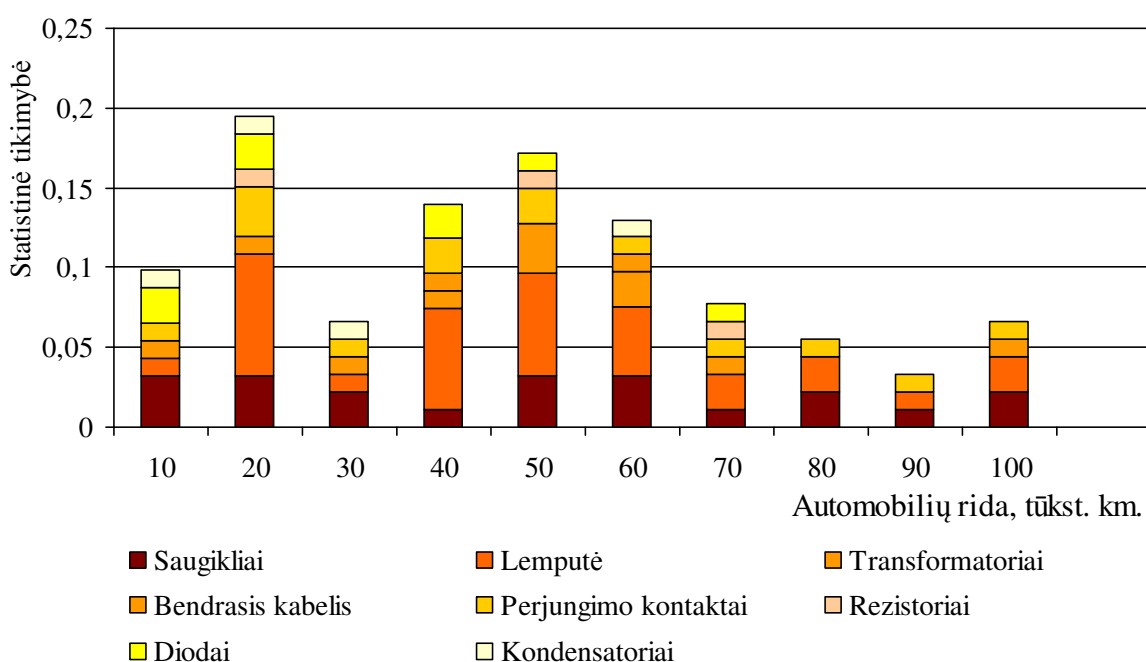
Tyrimais nustatyti dideli aušinimo sistemos gedimų atsiradimo statistinės tikimybės svyravimai kol automobiliai pasiekė 40 – 50 tūkst. kilometrų ridą (4.6 pav.).



4.13 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių elektros sistemos gendamumo priklausomybė nuo ridos

Toliau eksploatuojant transporto priemones elektros sistemų gendamumo tikimybė palaipsniui mažėjo ir tik baigiantis garantiniam aptarnavimui pasiekė beveik kritinę ribą. Tokie rezultatai leidžia daryti prielaidą, kad sudėtingos elektros sistemos gendamas mažai priklauso nuo automobilio išdirbio, ridos, o patikimai yra įtakojamas sudėtingų sistemų gamybinio nepatikimumo ar technologinių medžiagų mažo atsparumo.

Visi lengvųjų automobilių elektros sistemos gedimai vienodu dažniu pasiskirsto viso garantinio laikotarpio metu (4.14 pav.). Dažniausiai pasitaikantys yra saugiklių gedimai. Elektros sistemos gedimo tikimybė neviršijo 0,2.



4.14 pav. „Renault“ markės vidutinės klasės lengvųjų automobilių elektros sistemos gendamumo garantiniu laikotarpiu tikimybė

Atlikus „Renault“ markės lengvųjų automobilių gendamumo analizę buvo nustatyta, kad daugelio sistemų gendamas kinta automobiliui nuvažiavus 60 000 km. Važiuklės bei variklio sistemų gendamumo tikimybė iki šios ridos didėja, o vėliau pradeda mažėti, o visų kitų tirtų sistemų – atvirkščiai.

IŠVADOS

1. Tyrimais nustatyta, kad lengvųjų automobilių eksploatacijos pradžioje, automobiliui nuvažius 0 – 20 tūkst. km. variklio, važiuoklės bei elektros sistemų gedimų atsiradimo tikimybė buvo mažiausia, ji neviršijo 0,1. Aušinimo sistemos gedimų atsiradimo tikimybė automobiliui pasiekus 0 – 20 tūkst. km. ridą buvo didžiausia. Didžiausias lengvųjų automobilių variklio, važiuoklės bei elektros sistemų gedimų kiekis pasireiškia jam nuvažius 50 – 60 tūkst. km. Lengvųjų automobilių negendamumo tikimybė garantiniu laikotarpiu palaipsniui mažėja iki 70 tūkst. km., pasiekus šią ridą ji vėl padidėja iki 0,96 ir tokio dydžio išlieka iki garantinio laikotarpio pabaigos.

2. Atlikus literatūrinę analizę nustatyta, kad automobilio važiuoklės gedimai sudaro 7 % visų automobilių gedimų. Tyrimais nustatyta, kad daugiau nei 50 % visų lengvųjų automobilių gedimų garantiniu laikotarpiu sudaro važiuoklės gedimai. Iš dalies galima teigti, kad tokius skirtumus įtakojo skirtingos tirtų automobilių markės, eksploataavimo sąlygos ar skirtingos technologijos.

3. Važiuoklės gedimų atsiranda per visą garantinį laikotarpį. Didžiausia tikimybė (0,17), kad automobilio važiuoklės sistemoje bus pastebėta gedimų, yra automobiliui nuvažius 40–50 tūkst. kilometrų. Automobilį eksploatuojant iki 10 tūkst. kilometrų, tikimybė, kad atsiras gedimų, yra mažiausia.

4. Lengvųjų automobilių amortizatorių gedimai sudaro 18 % važiuoklės sistemos gedimų, stabilizatorių gedimai – 15,5 %, ratų guolių gedimai – 8,2 % visų važiuoklės gedimų.

5. Didžiausia tikimybė, kad automobilio darbą sutrikdys variklio gedimai yra automobiliui nuvažius 60 tūkst. km. Gendamumo variacija nėra didelė.

6. Didžiausia tikimybė, kad atsiras elektros sistemos gedimų yra automobiliui nuvažius 50 tūkst. km. Didėjant automobilio ridai elektros sistemos gendamumo tikimybė mažėja. Dažniausiai gendančios elektros sistemos detalės yra lemputės, jų gedimai sudaro 30 % visų elektros sistemos gedimų. Rečiausiai pasitaikantys buvo rezistorių gedimai, kurie sudarė vos 4 % visų elektros sistemos gedimų.

LITERATŪROS APRAŠAS

- Ahmada J., Purbolaksonob J., Benga L.C. Thermal fatigue and corrosion fatigue in heat recovery area wall side tubes // Engineering Failure Analysis. – 2010, vol. 17, issue 1, p. 334-343.
- Azevedo C.R.F., Marques E.R. Three-dimensional analysis of fracture, corrosion and wear surfaces // Engineering Failure Analysis. – 2010, vol. 17, issue 1, p. 286-300.
- Aušinimo sistemos priežiūra. – tekst. liet. k. http://www.remontocentras.lt/Files/Ausinimo_sistemas_prieziura.pdf 2010 03 12
- Brazys M., Butkus A. Automobilių eksploatacinio patikimumo tyrimas. - Dešimtoji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas. – 2007
- Buteliauskas S. Automobilių sandarac ir priežiūra. – Vilnius, 2008, 188 p.
- Butkus A. Lengvųjų automobilių gedimai ir jų šalinimas – Vilnius, Arėjas, 1993. – 62 p.
- Christozov D., Chukova S., Mateev P. Assessment of Quality of Warranty Policy // Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management. – 2010, vol 5, p. 61 – 72
- Čereška A., Pauža V. Kokybės analizė ir valdymas – Vilnius, Technika, 2005. – 134 p.
- Giedra K., Valatka A. Mano automobilis: automobilio įranga, veikimas ir priežiūra. – 2000, Kaunas: Tyrai, 160 p.
- Heyes A. M. Automotive component failures // Engineering Failure Analysis. – 1998, vol. 4, No.1, p. 129 – 141.
- Jonaitis L. Mašinų servisas – Kaunas, Smaltija, 1998. – 312 p.
- Jonušas R., Kalpokas J., Lazaravičius P. Remonto technologija – Kaunas, Technologija, 2001. – 257 p.
- Juodzevičius E. Transporto priemonių techninės būklės vertinimas pagal jų skleidžiamą triukšmą// Transportas – Transport Engineering. – 2001, t. 16, Nr. 6, p. 234 – 239
- Yua Z., Xu X., Liua X and Tiana W. Intergranular stress corrosion cracking of acoustic-filter hooks used in car // Engineering Failure Analysis. – 2010, vol. 17, issue 1, p. 249-258.
- Kudarauskas N. Analysis of emergency braking of a vehicle // transport – 2007, Vol XXII, No 3,p. 154–159
- Labeckas G., Slavinskas S. RME kiekio dyzeliniuose degaluose įtaka variklio darbo rodikliams// Inžinerija - Engineering: mokslo darbai / Lietuvos žemės ūkio universitetas. – 2007, Nr. 8(1), p. 57-62.

- Lawless J., Hu J., Cao J. Methods for the estimation of failure distributions and rates from automobile warranty data . – eks. angl. k. <http://www.bisrg.uwaterloo.ca/archive/RR-95-06.pdf> 2010 04 12
- LST 1280:1993. Technikos patikimumas: Terminai ir apibėžimai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos tarnyba. 1993. 47 p.
- Majeske K. D., A non-homogeneous Poisson process predictive model for automobile warranty claims // Reliability Engineering and System Safety. – 2007, vol. 92, p. 243–251
- Medekšas H. Gaminių kokybė ir patikimumas – Kaunas, Technologija, 2003. – 279 p.
- Mickūnaitis V. The quality of motor cars and its variation times // Transport. – 2004, Vol XIX, No 4, p. 177–179
- Mickūnaitis V. Transporto priemonių kokybės valdymas - Vilnius, Technika, 2006. – 174 p.
- Murthy D. N. P., Djamaludin I. New product warranty: A literature review// International Journal of Production Economics. – 2002, vol. 79, p. 231–260
- Padgurskas J., Kreivaitis R., Jankauskas V., Janulis P., Makarevičienė V., Asadauskas S., Miknius L. Antiwear properties of lard methyl esters and rapeseed oil with commercial ashless additives // Mechanika. – 2008, Nr. 2 (70), p. 67 – 72
- Padgurskas J. Regeneration of friction pairs in internal combustion engines by the metal cladding materials. Industrial Lubrication and Tribology, vol. 60, No 6, 2008. - England, Bradford: MCB University Press, 2008; p. 281-285.
- Padgurskas J., Rukuiža R., Stakauskas A. Metalizuojančių alyvos priedų naudojimas įdirbti kapitališkai suremontuotiems varikliams SMD-62 // Žemės ūkio mokslai. – 1994, T. 43, p.72 – 75.
- Pikūnas A. Automobilių variklių pagrindinių detalių patikimumo didinimas // Transport. Vilnius: Technika, 1990, t. 5, Nr. , p. 10-17
- Pikūnas A., Garbinčius G. Automobilių variklių pagrindinių detalių techninio būvio įtaka degalų sąnaudoms// Transportas – Transport Engineering. – 1999, t. 16, Nr. 1, p. 33 – 41
- Pikūnas A., Garbinčius G. Automobilių variklių pagrindinių detalių techninio būvio įtaka degalų sąnaudoms // Transport. Vilnius: Technika, 1999, t. 14, Nr. 1 , p. 33-41
- Pukauskas S. Transporto priemonės. - Vilnius, Technika, 2008. – 130 p.
- Rymeikis V., Audzevičius V., Padgurskas J. Mašinų patikimumas ir remontas. – Vilnius: Mokslas, 1990, 325 p.
- Stabdžių sistema. Tekst. liet.k. - http://www.citroen.lt/citroen_servisas/prieziuros_patarimai/stabdziu_sistema 2010 04 01

- Šimakauskas I. S. Automobilių elektros įrenginiai - Vilnius, Technika, 2004. – 180 p.
- Tilindis, V.; Mickūnaitis, V. Automobilių techninės eksploatacijos teorijos pagrindai.- Vilnius: Technika, 2003. 102 p.
- Višniakas I., Slivinskas K. Patikimumo teorija – Vilnius, Technika, 2005. – 91 p.
- Vizgaitis J. Automobilio techninė priežiūra. – Vilnius, 2001, 104 p.
- Zautra R. Automobilio variklio kontaktuojančių paviršių linijinio išsidėvėjimo dydžio nustatymas // Transportas – Transport engineering. – 2000, vol. 15, No. 3, p. 123 – 127.

DARBO APROBACIJA

Tyrimų rezultatai paskelbti mokslinėje konferencijoje:

K. Tilvikas. Lengvųjų automobilių gendamumas garantiniu laikotarpiu // studentų mokslinė konferencija „Jaunasis mokslininkas 2010” Lietuvos žemės ūkio universitetas. 2010 balandžio 22 d.

Tyrimų rezultatai paskelbti leidinyje:

K. Tilvikas. Lengvųjų automobilių gendamumas garantiniu laikotarpiu // studentų mokslinės konferencijos „Jaunasis mokslininkas 2010”

Mokslinio straipsnio kopija pateikta 1 priede.

PRIEDAI

1 priedas