



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Vainoras Julius Černius

**LENGVOJO AUTOMOBILIO STABDŽIŲ EFEKTYVUMO
TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Vadovas
Doc. dr. Ramūnas Skvireckas

Kaunas, 2016

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**LENGVOJO AUTOMOBILIO STABDŽIŲ EFEKTYVUMO
TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas
Transporto priemonių inžinerija (612E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Ramūnas Skvireckas

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Robertas Keršys

(data)

Projektą atliko

(parašas) Vainoras Julius Černius

(data)

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta:

2015 m. vasario mėn. 10 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Vainorui Juliiui Černiui*

1. Projekto tema: „Lengvojo automobilio stabdžių efektyvumo tyrimas“

Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas: ištirti stabdžių sistemos stabdymo efektyvumą esant skirtingiems komponentams ir vienodomis sąlygomis.

3 Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

- atlikti literatūros, susijusios su stabdžių sistemos ir stabdžių diskų savybėmis, apžvalgą;
- eksperimentinio bandymo metu nustatyti stabdymo efektyvumą su skirtingomis trinkelėmis;
- atlikti skaitinį bandymą „SolidWorks“ aplinkoje;
- palyginti natūrinio ir skaitinio bandymo rezultatus.

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. vasario mėn. 5 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 20 d.

Vadovas: _____
(vardas, pavardė) _____
(parašas)

Užduotį gavau: _____
(studento vardas, pavardė) _____
(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Pavadinimas“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Vainoro Juliaus Černiaus** baigiamasis projektas tema „Lengvojo automobilio stabdžių efektyvumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Černius Vainoras Julius. Lengvojo automobilio stabdžių efektyvumo tyrimas.
Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Ramūnas Skvireckas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: *stabdžiai, trinkelės, diskai, "SolidWorks"*.

Kaunas, 2016. 50 p.

SANTRAUKA

Stabdžių sistema yra viena svarbiausių sistemų padedančių užtikrinti saugumą kelyje. Darbe ištirtas stabdžių efektyvumas. Išmatuota stabdymo jėga esant vienodomis sąlygomis, bet skirtingiems stabdžių sistemos komponentams. Stabdžių trinkelės buvo pakeistos iš susidėvėjusių į naujas. Naujos trinkelės buvo skirtingos, vienos buvo pigios (ekonominės klasės), o kitos brangesnės (aukštos klasės).

Skaitinio bandymas buvo atliekamas programa „SolidWorks“. Buvo sumodeliuoti 2 stabdžių diskai ir palyginta jų terminė analizė. Taip pat šios programos pagalba buvo apskaičiuoti darbiniai stabdžių trinkelių plotai. Gauti eksperimentinio ir skaitinio bandymų rezultatai palyginami. Atlikus tyrimą, pateikiamos baigiamojo darbo išvados, literatūros šaltiniai.

Černius Vainoras Julius.. Investigation Of Performance Of Automotive Brake: Master's final project/ supervisor doc. dr. Ramūnas Skvireckas. Kaunas University of Technology. The Faculty of Mechanical Engineering and Design,

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: brakes, pads, rotors, SolidWork.

Kaunas, 2016. 51 p.

SUMMARY

The brake system is one of the most important systems to help ensure safety on the road. Brake efficiency is investigated by measuring braking force at the same conditions but different brake system components. Worn-out brake pads was replaced by the new ones. The new pads was two types, first one was cheap (economy class), while other more expensive (high-end).

Two different brake discs models was drawn in "SolidWorks" and compared their thermal analysis. Also brake pads working area was calculated. The results of experimental and numerical test are compared. Eventually, after the investigations, the thesis conclusion and used literature are presented.

TŪRINYS

| | |
|--|-----------|
| ĮVADAS | 8 |
| 1 STABDŽIŲ SISTEMA | 9 |
| 1.1 Stabdžių tipai | 9 |
| 1.2 Būgninių stabdžių mechanizmo sandara | 12 |
| 1.2.1 Būgninių stabdžių mechanizmo veikimas ir konstrukcijos | 16 |
| 1.3. Diskinių stabdžių mechanizmo sandara | 19 |
| 1.3.1. Diskinių stabdžių mechanizmo veikimas ir konstrukcijos | 22 |
| 1.4. Elektroninis stovėjimo stabdys | 25 |
| 1.5. Automobilio staigaus stabdymo efektyvumo tyrimas | 26 |
| 1.5.1 Stabdžius kontroliuojančios sistemos | 27 |
| 1.6 Medžiagos iš kurių gaminamos stabdžių trinkelės | 29 |
| 2 EKSPERIMENTINIS TYRIMAS | 33 |
| 2.1 Eksperimentinio tyrimo eiga, sąlygos, įranga ir agregatai | 33 |
| 2.2 Eksperimentinis tyrimas | 35 |
| 3. SKAITINIAI TYRIMAI | 43 |
| 3.1. Terminiai skaičiavimai „SOLIDWORKS“ aplinkoje | 43 |
| IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS | 50 |
| NAUDOTA LITERATŪRA | 51 |

IVADAS

Automobilių saugumo užtikrinimas laikomas svarbiausiu aspektu transporto priemonės eksploatavimui. Atliekant automobilių techninę apžiūrą tikrinamas automobilio saugumas kelyje, kad jis nekeltų pavojaus vairuotojui ir aplinkiniams. Vienas iš tikrinamų aspektų yra stabdžių tikrinimas, jo metu nustatomos stabdymo netolygumas ir jėga. Automobiliuose yra įvairios saugumo sistemos, kurios gali būti aktyvios arba pasyvios. Aktyvios saugumo sistemos padeda išvengti eismo įvykio (abs, esp ir kita.), o pasyvios apsaugo transporto priemonių keleivius jau įvykus eismo įvykiui (saugos diržai, oro pagalvės ir kita). Bene svarbiausią transporto priemonės saugumo užtikrinimą lemia stabdžių sistema.

Vienas iš dažniausiai pasitaikančių transporto priemonių stabdžių sistemos defektų yra stabdžių disko įtrūkimai, darbinių paviršių oksidacija ar griovelių atsiradimas. Visa tai daro įtaką stabdžių trinkelėlių susidėvimui, kuris lemia stabdžių diskų perkaitimą ir prieš tai išvardintus stabdžių disko defektus.

Norint išvengti šių defektų yra būtina stabdžių sistemos priežiūra. Vienas svarbiausių veiksnių yra laiku pasikeisti stabdžių diskus bei kaladėles.

Darbo tikslas: ištirti stabdžių sistemos stabdymo efektyvumą pačiomis sąlygomis, esant skirtingiems komponentams.

Darbo uždaviniai:

- atlikti literatūros, susijusios su stabdžių sistemos ir stabdžių diskų savybėmis, apžvalgą;
- Natūrinio tyrimo metu nustatyti stabdymo efektyvumą su skirtingomis trinkelėmis;
- atlikti skaitinį eksperimentą „SolidWorks“ aplinkoje;
- palyginti natūrinių ir skaitinių bandymų rezultatus.

Eksperimentinio tyrimo metu automobilis stabdomas dviem skirtingais režimais. Kuomet automobilis stabdomas normaliu režimu ir intensyviu, stabdymo jėga matuojama stabdžiu stendu. Temperatūros matuojamos bekontakčiu infraraudonųjų spindulių termometru. Apibendrinti eksperimentinio tyrimo metu gauti rezultatai pateikti išvadose.

1 STABDŽIŲ SISTEMA

Šioje dalyje bus išnagrinėta stabdžių sistemą kaip ji skirstoma pagal paskirtį, bei kokios naudojamos stabdžių pavaros. Taip pat bus aprašyta būgninių ir diskinių stabdžių mechanizmo sandara ir elektroninis stabdys.

1.1 Stabdžių tipai

Pagal paskirtį stabdžiai būna: darbiniai, stovėjimo, pagalbiniai, lėtinamieji ir inerciniai.

Dažnai šie stabdžiai turi tuos pačius elementus, tačiau veikia nepriklausomai vienas nuo kito.

Darbinis stabdys skirtas važiuojančios transporto priemonės greičiui mažinti pageidaujamu intensyvumu, kol transporto priemonė visiškai sustoja. Jis valdomas pedalu, kurio valdymo jėga turi būti maža, o reagavimo laikas trumpas.

Stovėjimo stabdys skirtas transporto priemonei, stovinčiai nuokalnėje, išlaikyti, stovinčiai transporto priemonei saugoti, kad neriedėtų. Sugedus darbiniam stabdžiui stovėjimo stabdys turi atlikti pagalbinių stabdžių funkciją. Dažniausiai jis yra valdomas rankine svirtimi.

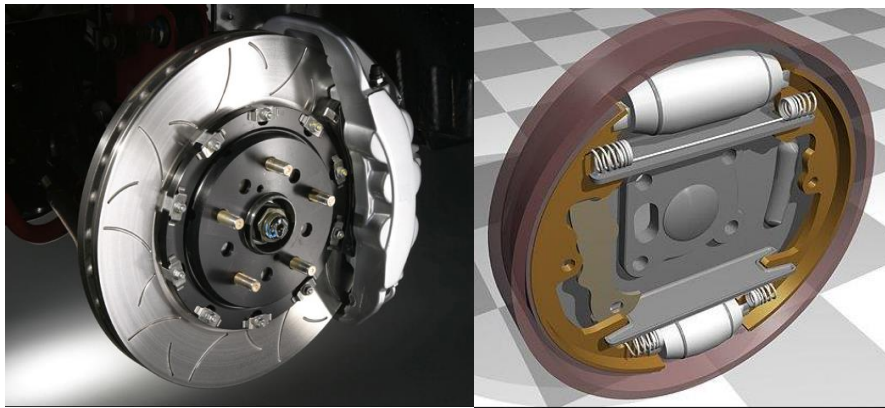
Pagalbinis stabdys skirtas važiuojančiai transporto priemonei stabdyti, kai sugenda darbinis stabdys. Jo stabdymo efektyvumas yra mažesnis už darbinio stabdžio efektyvumą, tačiau juo galima sustabdyti transporto priemonę sugedus darbiniam stabdžiui. Jeigu transporto priemonė neturi pagalbinių stabdžių, jo funkcijas gali atlikti veikianti darbinio stabdžio kontūro dalis arba stovėjimo stabdys.

Lėtinamieji stabdžiai skirti stabdyti važiuojant ilgų nuokalnių ruožuose (7 % nuolydis, 6 km ilgis). Šie stabdžiai privalo išlaikyti pastovų 30 km/h važiavimo greitį. Stabdžiai įrengiami autobusuose, kurių leidžiama bendroji masė didesnė nei 5,5 tonos, ir kitose transporto priemonėse, kurių leidžiama bendroji masė daugiau kaip 9 tonos.

Inercinis stabdys skirtas lengvoms priekaboms stabdyti, kai jos, veikiamos inercijos jėgų, pradeda stumti stabdomą automobilį. Kuo labiau priekaba stumia automobilį, tuo intensyviau ji stabdoma. Inerciniai stabdžiai gali būti tik priekabose, kurių leidžiama bendroji masė ne didesnė nei 8 tonos [1].

Transporto priemonėse naudojamos įvairios stabdžių pavaros. Jos gali būti mechaninės, hidraulinės, pneumatinės, elektrinės bei kombinuotosios. Lengvuosiuose automobiliuose dažniausiai naudojamos dviejų tipų stabdžių pavaros: mechaninės ir hidraulinės.

Kiekviena stabdžių sistema sudaryta iš stabdymo mechanizmo ir pavaros. Stabdymo mechanizmas stabdo ratus, o pavara jungia valdymo pedalus ar svirtį su stabdymo mechanizmu. Stabdžių mechanizmai lengvuosiuose automobiliuose dažniausiai būna būgniniai ir diskiniai (1.1.1.pav).



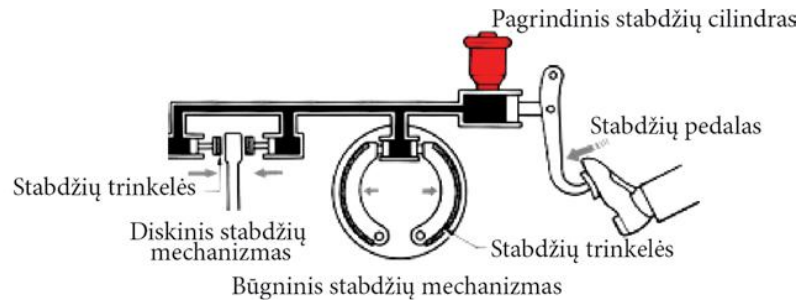
1.1.1.pav. Diskiniai ir būgniniai stabdžių mechanizmai [1,3]

Mechaninę pavarą sudaro trauklės, svirtys ir lynas, jungiantis stabdžių pedalą ar svirtį su mechanizmu. Tokia pavara įtaisoma stovėjimo stabdžiuose (1.1.2. pav.).



1.1.2.pav. Mechaninė stabdžių pavara [1]

Hidraulinėje pavaroje valdymo pedalus veikianti jėga stabdžių mechanizmams perduodama skysčiu (1.1.3.pav.). Hidraulinė pavara dažnai naudojama lengvuosiuose automobiliuose, mažos ir vidutinės talpos sunkvežimiuose bei mikroautobusuose.



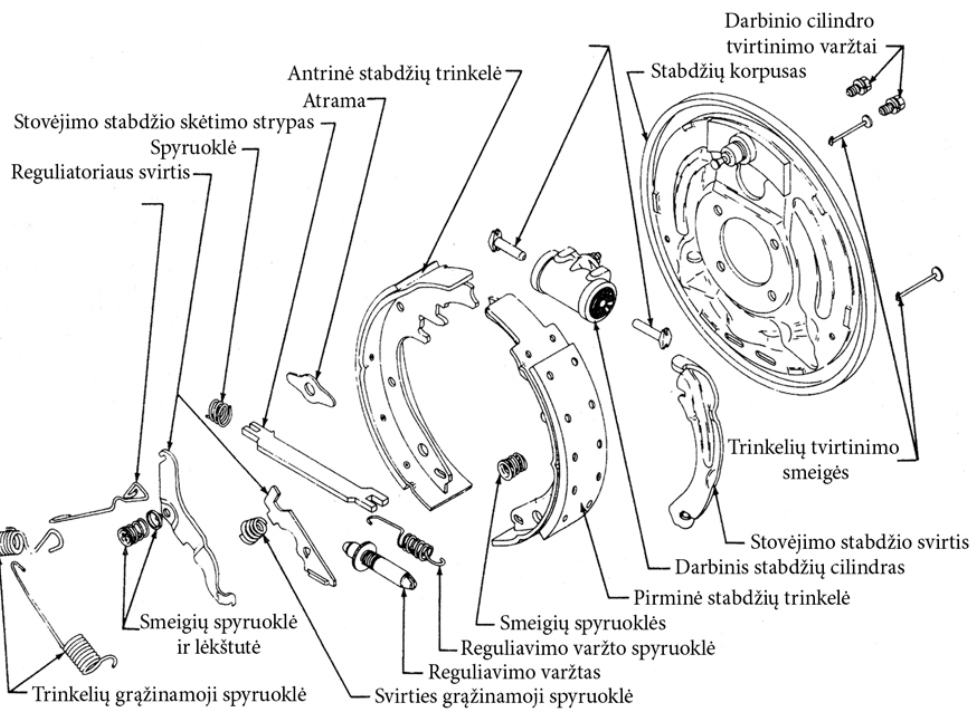
1.1.3.pav. Hidraulinė stabdžių pavara [1]

1.2 Būgninių stabdžių mechanizmo sandara

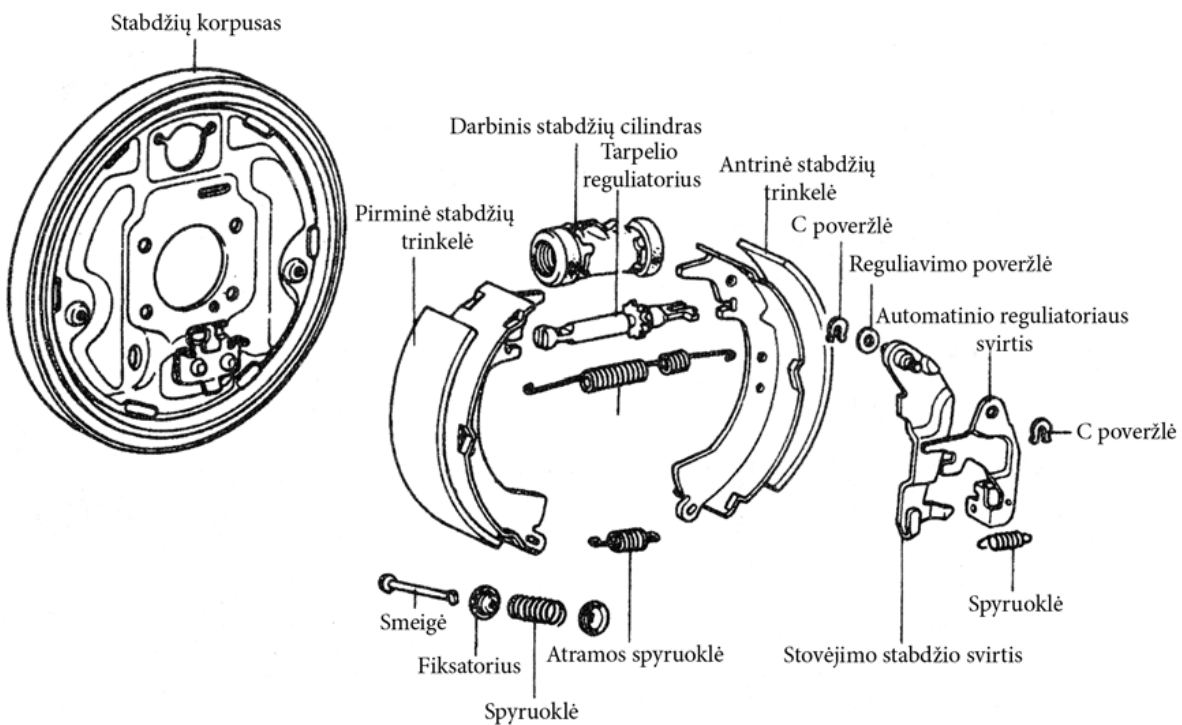
Senuose automobiliuose buvo naudojami būgniniai stabdžių mechanizmai, kurie visiškai skiriasi nuo šiuolaikinių. Šių automobilių būgniniuose stabdžiuose buvo naudojamos stabdžių juostos, apjuosdavusios stabdžių būgną iš viršaus ir stabdant standžiai priglusdavusios prie būgno. Šie stabdžiai buvo labai paprastos konstrukcijos, tačiau turėjo keletą trūkumų: negalėjo staiga išskirti šilumos į aplinką ir sušlapę tapdavo beveik beverčiai.

Šiuolaikinių automobilių būgninių stabdžių efektyvumas gerokai padidėjo, kai automobilių konstruktoriai stabdymui pradėjo naudoti vidinį būgno paviršių. Tai padėjo apsaugoti stabdžių komponentus nuo išorinio aplinkos poveikio ir padidinti būgno paviršių, kad stabdant jis būtų efektyviai aušinamas.

Būgninius stabdžių mechanizmus sudaro: stabdžių būgnas, stabdžių trinkelės, stabdžių korpusas, darbinis stabdžių cilindras ir įvairūs tvirtinimo bei jungimo elementai (1.2.1, 1.2.2. pav.). Kai kuriuose būgninių stabdžių mechanizmuose naudojami automatiniai tarpelio reguliatoriai, kad, stabdžių trinkelė antdėklams dylant, išliktų pastovus tarpelis tarp stabdžių būgno ir trinkelės, kuris įprastai būna 0,1–0,3 mm. Stabdžių korpusas yra pritvirtinamas prie pakabos (pvz., prie tilto korpuso). Prie stabdžių korpuso slankiai tvirtinamos stabdžių trinkelės ir darbinis stabdžių cilindras. Dažniausiai jis yra gaminamas iš plieno. Viena pagrindinių korpuso dalių – atrama. Kai kuriuose automobiliuose gali būti atraminis kaištis. Atrama arba atraminis kaištis prie korpuso pritvirtinami standžiai ir į juos remiasi stabdžių trinkelės galai, į kuriuos stabdant yra nukreipiama visa stabdymo jėga. Kai kuriuose automobiliuose atrama priknedijama prie stabdžių korpuso, o kituose tvirtinama varžtais prie pakabos [1].

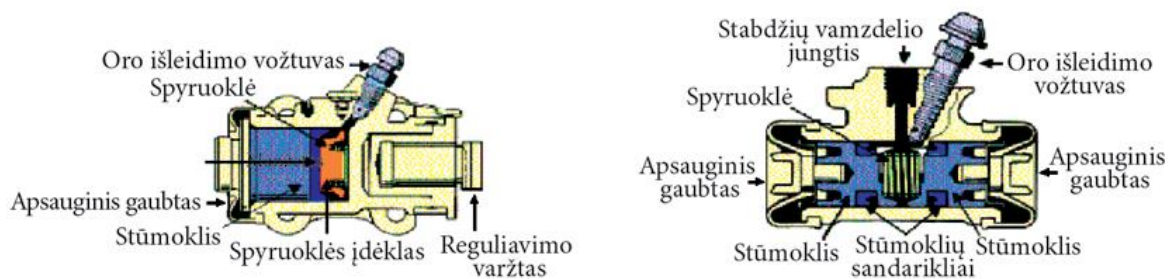


1.2.1.pav. Tipinės stabdžio su slankiąja atrama būgninių stabdžių detalės [1]



1.2.2.pav. Tipinės stabdžio su įtvirtinta atrama būgninių stabdžių detalės [1]

Darbinis stabdžių cilindras – tai komponentas, pagrindinio cilindro sudarytą hidraulinių slėgį paverčiantis mechanine jėga, kuri stumia stabdžių trinkeles prie besisukančio būgno stabdymo situaciją atitinkančiomis jėgomis. Darbiniai stabdžių cilindrai dažnai gaminami iš ketaus, paprastai jie būna su dviem aliumininiais stūmokliais (1.2.3.pav.). Abiejuose darbinio cilindro galuose naudojamos guminės apsaugos, saugančios stūmoklius nuo abrazyvinių dalelių, kurios atsiranda trinantis stabdžių trinkelėms į besisukantį būgną, ir nuo kitokio purvo, patekusio į stabdžių mechanizmą. Darbinių stabdžių cilindro korpusė įrengiamas oro išleidimo vožtuvas ir padaroma stabdžių vamzdelio prijungimo vieta. Cilindras prie stabdžių korpuso dažniausiai tvirtinamas vienu arba dviem varžtais.



1.2.3.pav. būgninių stabdžių darbiniai cilindrai [1]

a) vieno stūmoklio cilindras;

b) dviejų stūmoklių cilindras.

Pagal būgninių stabdžių konstrukciją gali būti naudojami ir vieno stūmoklio darbiniai cilindrai (1.2.3.pav.). Esant tokiai būgninių stabdžių konstrukcijai dažniausiai montuojami du darbiniai cilindrai su vienu stūmokliu. Šitokio tipo darbiniai cilindrai nepriklausomai vienas nuo kito veikia atskiras stabdžių trinkeles. Vieno stūmoklio darbinio cilindro konstrukcija tokia pat kaip ir dviejų stūmoklių, išskyrus tai, kad vieno kanalo skersmuo didesnis už kito. Didesnis stūmoklis gali išvystyti didesnę jėgą, todėl tokie cilindrai naudojami būgniniuose stabdžiuose, kur reikia, kad vieną iš trinkelių veiktų didesnė spaudimo jėga. Būgniniuose stabdžių mechanizmuose stabdžių būgnas (1.2.4.pav.) apgaubia trinkeles su frikciniais antdėklais ir yra tvirtinamas prie rato stebulės [1].



1.2.4. Stabdžių būgnas [4]

Jis sukasi kartu su automobilio ratu ir stabdant turi gerai sukaupti ir išskirti į aplinką šilumą. Todėl stabdžių būgnams keliami šie reikalavimai:

- formos standumas;
- atsparumas dilimui (kietesni negu stabdžių antdėklai);
- geras šilumos laidumas;
- atsparumas korozijai.

Reikalingas formos standumas pasiekiamas montuojant sekcijas ir sustiprinus pakraštį. Tinkamai parinkus medžiagą pasiekiamas atsparumas dilimui, šilumos laidumas ir atsparumas korozijai. Važinėjant stabdžių būgnai dėl temperatūros svyravimų gali pasidaryti ovalūs, todėl juos galima aptekinti (panaikinti ovalumą ir kitus mechaninius pažeidimus). Tačiau atliekant šiuos darbus reikėtų atkreipti dėmesį į automobilio technines charakteristikas, nes stabdžių būgnai turi didžiausiąjį leidžiamąjį vidinį skersmenį, kuris yra tikrinamas per techninę apžiūrą. Šio skersmens negalima nepaisyti, nes stabdžių būgnas nebegalės pakankamai sukaupti ir išskirti šilumos į aplinką, o dėl šios priežasties važiuojant gali netgi sutrūkti.

Stabdžių trinkelė, naudojamų būgniniuose stabdžiuose, skerspjūvis yra T formos, todėl jos ypač atsparios lenkimui (1.2.5.pav.). Trinkelės suvirinamos iš plieninių skardų arba iš plieno liejinių, išliejamos iš ketaus arba lengvųjų metalo lydinių. Stabdžių trinkelė frikciniai antdėklai prie stabdžių trinkelė yra arba prikniedyti, arba priklijuoti. Frikcinis antdėklas kartu su stabdžių būgnu sudaro trinties porą, kurios trinties koeficientas yra 0,3–0,5. Seniau antdėklai buvo gaminami iš asbesto ir sutvirtinami specialia medžiaga, šiuo metu asbestą naudoti draudžiama, todėl trinkelė frikciniams antdėklams gaminti naudojamos kitos pakaitinės medžiagos. Frikciniai antdėklai stabdant dėvisi ir per automobilio techninę apžiūrą yra nustatomas nusidėvėjimo laipsnis pagal kiekvieno automobilio individualią techninę charakteristiką. Nusidėvėjusios trinkelės prireikus turi būti pakeičiamos [1].



1.2.5. Būgninių stabdžių trinkelės [4]

Būgninių stabdžių trinkelėlių rinkinį sudaro dvi stabdžių trinkelės. Stabdžių su slankiąja atrama trinkelė, kuri yra nukreipta į automobilio priekį, vadinama pirmine, arba aktyviaja, kita – antrine, arba pasyviaja. Aktyvioji stabdžių trinkelė būna trumpesnė už pasyviają stabdžių trinkelę arba bent jau trinkelės antdėklas būna šiek tiek trumpesnis. Taip pat yra ir stabdžiuose su įtvirtinta atrama. Būgninių stabdžių su dviem darbiniais stabdžių cilindrais abi stabdžių trinkelės vadinamos pirminėmis, arba aktyviosiomis, trinkelėmis, ir šitokie stabdžiai vadinami dvigubo veikimo.

Tvirtinimo ir jungimo elementai, naudojami stabdžių trinkelėms tvirtinti prie stabdžių korpuso, rankiniam stabdžiui prijungti, tarpeliui reguliuoti, parodyti (2.6. paveiksle). Kad būgniniai stabdžiai veiktų nepriekaištingai, šie komponentai turėtų būti keičiami kartu su stabdžių trinkelėmis, nes išsitampiusios spyruoklės nebegali efektyviai ir patikimai veikti, išdyla fiksatoriai ir kiti tvirtinimo komponentai.

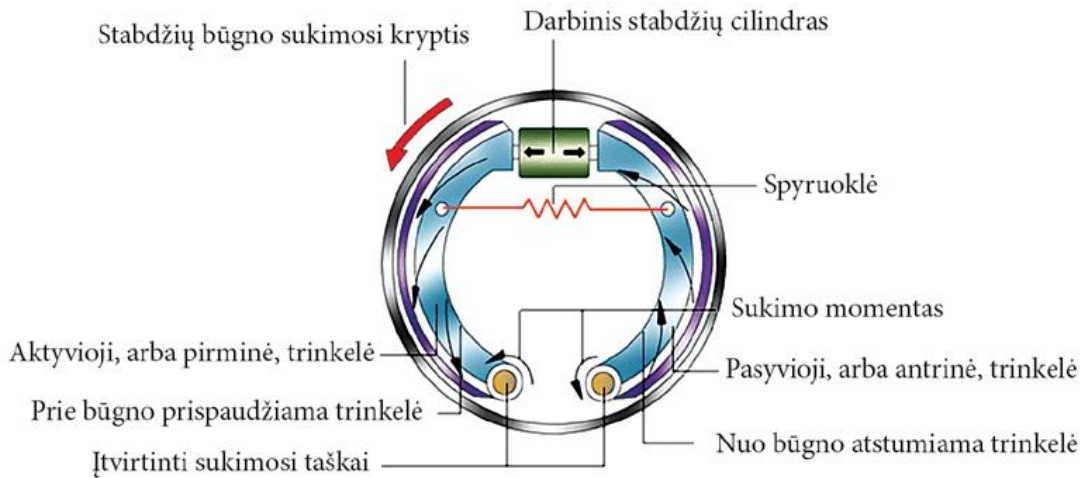


1.2.6. Įvairūs tvirtinimo ir sujungimo elementai [1]

1.2.1 Būgninių stabdžių mechanizmo veikimas ir konstrukcijos

Pagrindinio stabdžių cilindro hidraulinėje sistemoje sudarytas slėgis perduodamas darbiniais ratų cilindrams, kurie šį slėgį paverčia mechanine energija. Stabdžių būgnui sukantis kartu su automobilio ratu, jo viduje esantys darbinio stabdžio cilindro stūmokliai spaudžia stabdžių trinkeles prie besisukančio būgno sudarydami trinties jėgą. Susidariusi trinties jėga tarp būgno ir trinkelėlių išskiria šilumą, kuri yra sukaupiama stabdžių būgne ir perduodama į aplinką.

Visų būgninių stabdžių veikimo ypatumas yra tas, kad stabdant aktyvioji, arba pirminė, stabdžių trinkelė besisukančio būgno yra pritraukiama, o pasyvioji, arba antrinė, – atstumiama (1.2.7. pav.). Todėl stabdant pirminė stabdžių trinkelė yra papildomai prispaudžiama prie būgno ir išvysto du kartus didesnę stabdymo momentą, palyginti su pasyviaja. Kad jų slėgis į būgną būtų kuo vienodesnis, yra mažinamas aktyviosios trinkelės ilgis [1].

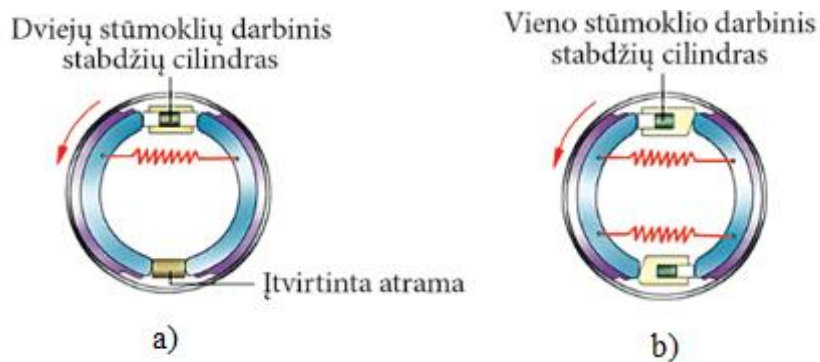


1.2. 7.pav. vienpusio veikimo stabdys su dviem posūkio taškais [1]

Pagal būgninių stabdžių konstrukciją ir veikimo principą stabdžius galima suskirstyti į dvi grupes:

- vienpusio veikimo;
- dvigubo veikimo.

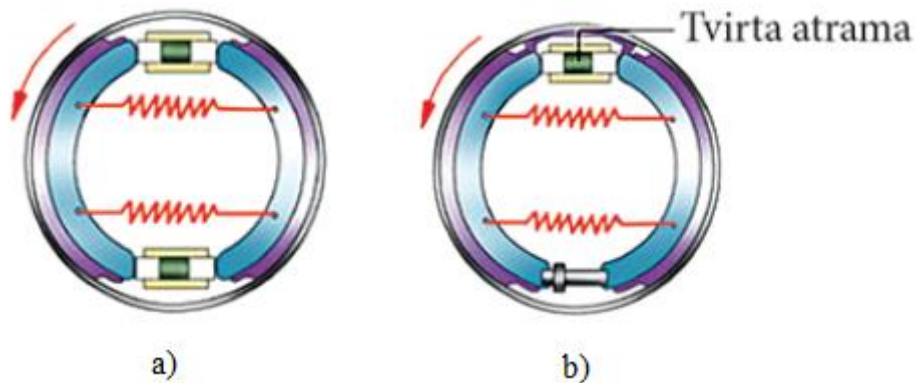
Stabdžių su dviem posūkio taškais ir su įtvirtinta atrama tiek važiuojant pirmyn, tiek važiuojant atgal veikimo efektyvumas toks pat. Šitokios konstrukcijos stabdžiai dažniausiai montuojami lengvuosiuose automobiliuose ir, kadangi abiem važiavimo kryptimis stabdo vienodai, vadinami vienpusio veikimo (1.2.8. pav.).



1.2.8.pav. Vienpusio veikimo stabdžiai [1] : a) stabdys su įtvirtinta atrama; b) dvigubo veikimo stabdys su įstrižai atremtomis stabdžių trinkelėmis .

Stabdžių su įstrižai atremtomis stabdžių trinkelėmis (1.2.8.pav.) veikimas, važiuojant atgal, gerokai mažesnis, nes yra dvi aktyviosios trinkelės. Šitokios konstrukcijos stabdžiai dažniau naudojami sunkvežimiuose ir vadinami dvigubo veikimo stabdžiais.

Stabdžiai su slankiosiomis trinkelėmis (1.2.9. pav.) veikia į abi važiavimo puses vienodai dėl dviejų dvigubo veikimo stabdžių cilindrų ir dviejų slankiai pastatytų stabdžių trinkelėlių. Stabdžiuose su slankiąja atrama pirmai stabdžių trinkelei atsirėmus į antrąją, dėl slankiai pastatyto atramos kaiščio sustiprėja antrosios trinkelės spaudimo jėga abiem sukimosi kryptimis.



1.2.9pav. Vienpusio veikimo stabdys [1]: a) su slankiosiomis trinkelėmis ;b) su slankiąja atrama.

Nors būgniniai stabdžiai yra savo konstrukcija paprasti ir patvarūs jie taip pat turi savo minusų. Važiuojant šlapiu kelio paviršiumi vanduo gali patekti į būgno vidų. Tuomet stabdžiai neefektyviai stabdo. Jie taip pat praranda stabdymo efektyvumą jeigu yra daug įkaitę. Kadangi stabdžių būgnas įkaitęs plečiasi, padidėja tarpelis tarp būgno ir trinkelėlių. Norint gauti tokią pačią stabdymo jėga tenka stipriau spausti stabdžių pedalą. Kai jie labai stipriai įkaista efektyvumas pasidaro dar mažesnis. Tai labai didelis trūkumas jeigu tenka važiuoti nuokalne. Taip pat patekę kelio nešvarumai į disko vidų mažina stabdymo efektyvumą.

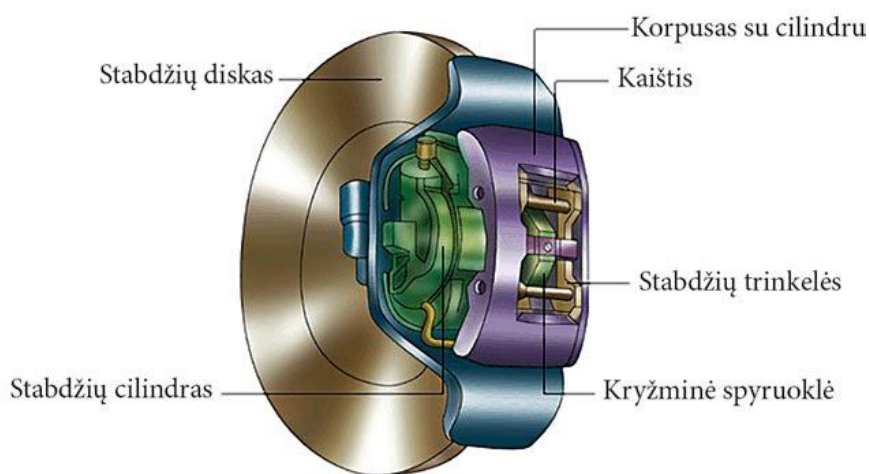
Diskiniai stabdžiai yra geriau aušinami. Ant jų patekus vandens ar kelio nešvarumų, dėl išcentrinės jėgos jie yra nusviedžiami į šalį. Taip pat jie geriau aušinami [2].

1.3. Diskinių stabdžių mechanizmo sandara

Daugelis diskinių stabdžių sistemų yra aprūpintos tiesiog plieniniais stabdžių diskais, bet tobulėjant automobiliams palaipsniui tobulėjo ir stabdžių sistemos bei jų komponentai. Šiais laikais nieko nenustebinsime ventiliuojamais stabdžių diskais (diskas yra išlietas taip, kad atrodo jog tai yra du sujungti diskai ir tarpe tarp jų yra mentelės per kurias laisvai cirkuliuoja oras, tokie diskai mažiau bijo temperatūros staigių pasikeitimu, nes jei aušinami iš abiejų pusių tolygiai ir greičiau), taip pat galingesniuose automobiliuose galime aptikti ventiliuojamų-perforuotų stabdžių diskų (tas pats ventiliuojamas stabdžių diskas tik jo darbinio paviršiaus plokštumos yra pragręžiotos arba prafrezuotos tam tikra tvarka, tai užtikrina dar didesnę aušinimą ir trintį tarp disko ir stabdžių kaladėlių). Neskaitant pačių konstrukcinių pakitimų stabdžių diskų gamybai pradėta naudoti ne tik plieną, kadangi stipresnis stabdymas nuo didesnių greičių (ypač aktualu automobilių sporte) reikalauja didesnės trinties, o tai neišvengiamai generuoja daugiau šilumos kuri plieninius stabdžių diskus labai stipriai gadina, deformuoja ir sukelia greitesnę jų dėvėjimąsi. Tam, kad stabdžiai galėtų dirbti efektyviau reikia sugeneruoti daugiau trinties, tai pasiekama keliais būdais: a) naudojant stabdžių disko ir stabdžių kaladėlių gamybai kitokias medžiagas; b) didinant trinties plotą, gaunama naudojant didesnius stabdžių diskus ir stabdžių trinkeles; c) didinant kaladėlių suspaudimo galią. Bet padidėjus trinčiai savaime atsiranda daug daugiau stabdymo metu sugeneruojamos šilumos kuri stipriai įkaitina stabdžių diską ir kaladėles. Todėl itin galingos stabdžių sistemos turi ne tik didelio diametro stabdžių diskus su didesniu kiekiu cilindrių spaudžiančių didesnes kaladėles prie disko, bet pats diskas ir kaladėlės yra gaminamos pasitelkiant tokias medžiagas kaip titanas, anglies ir kevlaro pluoštas, metalo keramikos įvairios atmainos, berilis, aliuminis ir t.t. Metalo keramikos stabdžiai yra itin brangūs ir montuojami tik ypač galinguose automobiliuose (metalų keramikos stabdžių diskus turi tokie automobiliai kaip: Mercedes-Benz McLaren SLR, Ferrari Enzo, Porsche GT, Audi A8 W12 ir kiti.). Pagrindinis metalo keramikos stabdžių diskų privalumas tai yra jų atsparumas itin aukštoms temperatūroms, tiesa automobilių sporte naudojami kai kurie metalo keramikos diskai darbinės stabdymo savybes įgyja tik prie tam tikros temperatūros. Naudojant metalo keramikos stabdžius tuo pačiu naudojamos ir šiek tiek kitokios stabdžių kaladėlės, nes tradicinės neduotų jokio efekto stabdymui. Metalų keramikos stabdžių diskai itin gražiai atrodo prietemoje, nes stipriai stabdant stabdžių

diskas pradeda šviesti raudonai nuo itin didelės temperatūros susidarancios dėl trinties. F1 automobiliai naudoja anglies pluošto stabdžių diskus kurie yra itin efektyvūs netgi esant mažam disko diametru, bet turi tokias neigiamas savybes kaip greitas dilimas ir užsidegimas (tokie stabdžių diskai išlaiko dideles temperatūras, bet jei yra viršijama tam tikra riba jie tiesiog užsidega) [1].

Diskinių stabdžių kaladėlės gaminamos iš įvairių medžiagų kurios nebijo ugnies, aukštų temperatūrų ir turi geras trinties ir dėvėjimosi santykio savybes. Pats darbinis stabdžių kaladėlių paviršius yra tvirtinamas ant plieninių plokštelių. Diskinių stabdžių suportai irgi yra įvairių konstrukcijų, turinčių nuo vieno iki kelių cilindrų. Suportai dažniausiai gaminami iš plieno, tausojant svorį kai kurie automobiliai yra aprūpinti stabdžių suportais pagamintais iš titano. Diskiniai stabdžių mechanizmai automobiliuose naudojami dažniau nei būgniniai. Šių mechanizmų panaudojimas buvo didžiulis žingsnis kuriant patikimesnę stabdžių sistemą. Diskinių stabdžių mechanizmų, skirtingai nei būgninių, trinties paviršius yra išorėje, o tai užtikrina daug geresnį disko aušinimą stabdant. Pats didžiausias konstrukcinis skirtumas tarp diskinių ir būgninių stabdžių yra tai, kad susidaro trintis tarp dviejų stabdžių trinkelėlių suspaudžiant besisukantį diską. Stabdžių diskas yra spaudžiamas tarp dviejų trinkelėlių, todėl vienintelė dalis, kuri gali deformuotis, tai stabdžių korpusas, tačiau stabdžių korpusai gaminami labai standžios konstrukcijos. Todėl diskinių stabdžių yra labai efektyvus stabdymo momentas“ [7]. Diskinius stabdžių mechanizmus sudaro: stabdžių diskas, stabdžių trinkelės, stabdžių korpusas su cilindru ir įvairūs tvirtinimo bei jungimo elementai (pvz., kaiščiai, spyruoklės) (1.3.1.pav.).



1.3.1.pav. Diskinio stabdžių mechanizmo konstrukcija [1]

Stabdžių diskas tvirtinamas prie ratų stebulės ir sukasi kartu su automobilio ratu. Disko storis ir skersmuo nusako jo galimybę sukaupti didesnę ar mažesnę šilumos kiekį. Taigi stabdžių diskus pagal konstrukciją galima skirstyti į tokias grupes:

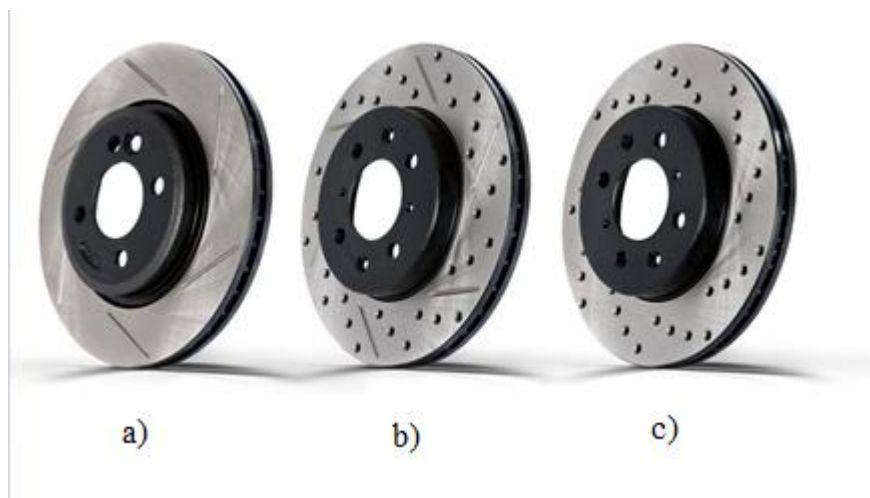
- klasikiniai vientiso metalo (1.3.2.pav);
- su papildomomis oro aušinimo ertmėmis (1.3.3.pav);
- stabdžių diskai kartu su stabdžių būgnu stovėjimo stabdžiui (1.3.4.pav);



1.3.2.pav. Klasikiniai vientiso metalo[1]



1.3.3.Su papildomomis oro aušinimo ertmėmis[1]



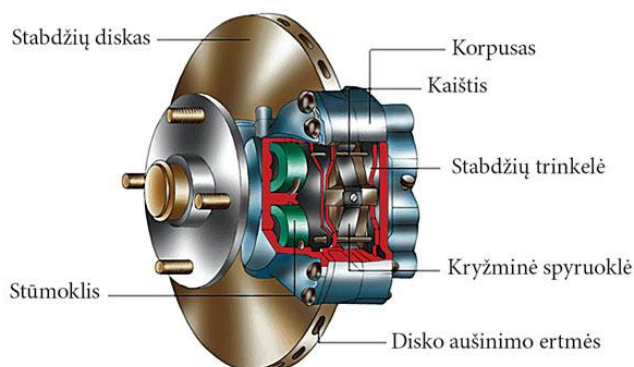
1.3.4. modifikuoti stabdžių diskai [5] : a) raižyti; b) gręžioti ir raižyti; c) gręžioti.

Lengvuosiuose automobiliuose dažniausiai naudojami klasikiniai vientiso metalo stabdžių diskai ir diskai su papildomomis oro aušinimo ertmėmis. Vientiso metalo stabdžių diskai gali būti montuojami tiek automobilio priekiniuose, tiek galiniuose ratuose. Diskai su papildomomis oro aušinimo ertmėmis yra dažniausiai montuojami tik priekiniuose automobilio ratuose todėl, kad stabdant automobilį didesnė apkrova visada tenka priekinei automobilio ašiai. Tokiu atveju priekiniams stabdžių diskams tenka sugerti ir išsklaidyti didesnę šilumos kiekį. Stabdžių diskai kartu su stabdžių būgnu stovėjimo stabdžiui yra naudojami daug rečiau ir tik galiniuose

automobilio ratuose. Modifikuoti stabdžių diskai dažniau naudojami sportiniuose, rečiau – serijiniuose lengvuosiuose automobiliuose. Stabdant stabdžių diskai, būgnai ir trinkelės įkaista. Kad šilumą būtų galima greičiau išsklaidyti aplinkoje, stabdžių diskuose papildomai išgręžiamos kiaurymės arba išfrezuojami grioveliai [1].

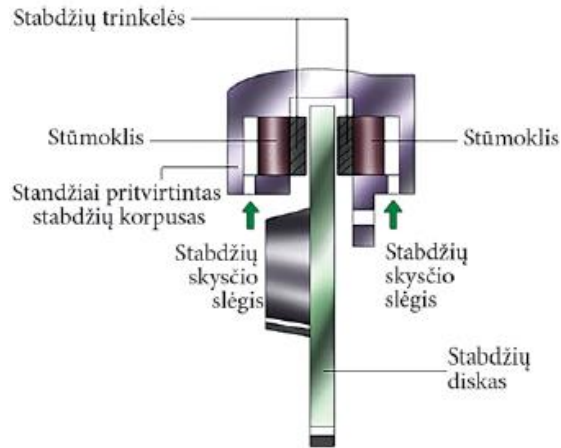
1.3.1. Diskinių stabdžių mechanizmo veikimas ir konstrukcijos

Automobilių diskinių stabdžių mechanizmai pagal korpuso pritvirtinimą gali būti dviejų pagrindinių konstrukcijų: stabdžių korpusas gali būti plaukiojantis arba standžiai pritvirtintas. Standžiai pritvirtintoje konstrukcijoje stabdžių korpusas tvirtinamas prie posūkio ašigalio arba tilto ir stabdant nejuda (1.3.5 pav.). Šitokios konstrukcijos stabdžiuose naudojami ne mažiau kaip du stūmokliai abiejose disko pusėse, po vieną kiekvienai stabdžių trinkelei. Kai kuriose standžiai pritvirtintose konstrukcijose gali būti naudojami keturi stūmokliai (po du kiekvienai stabdžių trinkelei), o kai kuriose – netgi trys stūmokliai (vienoje korpuso pusėje).



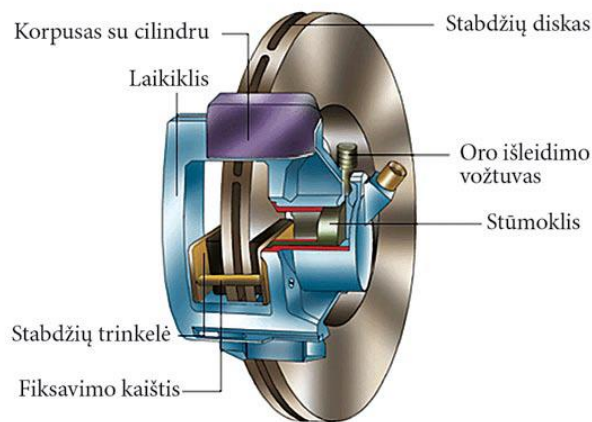
1.3.5.pav. Diskinis stabdžių mechanizmas su standžiai pritvirtintu stabdžių korpusu [1]

Numynus stabdžių pedalą, stabdžių skysčio slėgis iš pagrindinio cilindro perduodamas korpuso stūmokliams, kurie stovi prieš stabdžių trinkelės, suspaudžiančias stabdžių diską, besisukantį kartu su automobilio ratu (1.3.6 pav.). Stabdžių korpusas nejuda. Stabdžių trinkelės dažniausiai yra tvirtinamos kaiščiais [1].

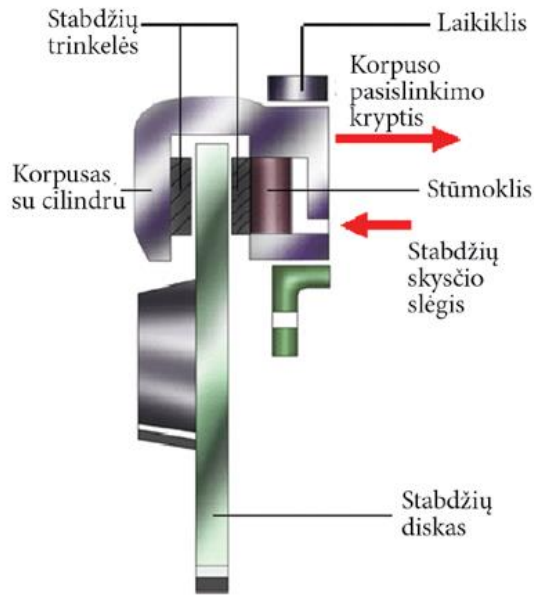


1.3.6pav. Diskinio stabdžių mechanizmo su standžiai pritvirtintu stabdžių korpusu veikimas [1]

Plaukiojančios konstrukcijos stabdžių korpuse naudojamas vienas arba du stūmokliai iš vienos korpuso pusės (1.3.7.pav.). Stabdžių korpusas pritvirtintas ant kreipiamųjų kaiščių, kurie kreipimo įvorėse gali laisvai judėti. Didinant stabdžių skysčio slėgį stūmoklis stumia trinkelę – spaudžia ją prie besisukančio disko. Tuo metu vidinė korpuso dalis atsitraukia nuo stabdžių disko, kartu pasislenka ir išorinė korpuso pusė prispausdama išorinę stabdžių trinkelę prie kitos disko pusės. Taip diskas stipriai suspaudžiamas stabdžių korpuse nenaudojant daug stūmoklių (1.3.8.pav.).



1.3.7.pav. Diskinis stabdžių mechanizmas su plaukiojančiu stabdžių korpusu [1]



1.3.8.pav. Diskinio stabdžių mechanizmo su plaukiojančiu stabdžių korpusu veikimas [1]

Kitas plaukiojančio stabdžių korpuso privalumas – tai galimybė sugerti pulsacijas, atsirandančias dėl stabdžių disko darbinės dalies nelygumų. Kai korpusas standžiai pritvirtintas, stabdžių disko nelygumai atstums stūmoklius atgal kiekvieną kartą apsisukant diskui. Stabdant šis stūmoklio pasislinkimas hidrauline sistema bus perduodamas stabdžių pedalui (jis pulsuos po vairuotojo koja). Plaukiojantis stabdžių korpusas slankios pirmyn ir atgal kartu su stabdžių trinkelėmis ir beveik sugers visas stabdžių pedalo pulsacijas.

Plaukiojančiame stabdžių korpuse išorinė stabdžių trinkelė dažniausiai tvirtinama prie korpuso fiksuojamąja spyruokle arba liežuveliais. Vidinė trinkelė kartais yra pritvirtinama prie stūmoklio arba užfiksuojama korpuso surinkimo varžtais. Tačiau kai kuriais atvejais abi stabdžių trinkelės slankioja korpuso laikiklyje.

Be to, plaukiojančius stabdžių korpusus šiek tiek lengviau prižiūrėti nei standžiai tvirtinamus, taip pat mažesnės jų gamybos išlaidos. Todėl lengvųjų automobilių diskiniuose stabdžių mechanizmuose dažniausiai yra naudojami plaukiojantys stabdžių korpusai [1].

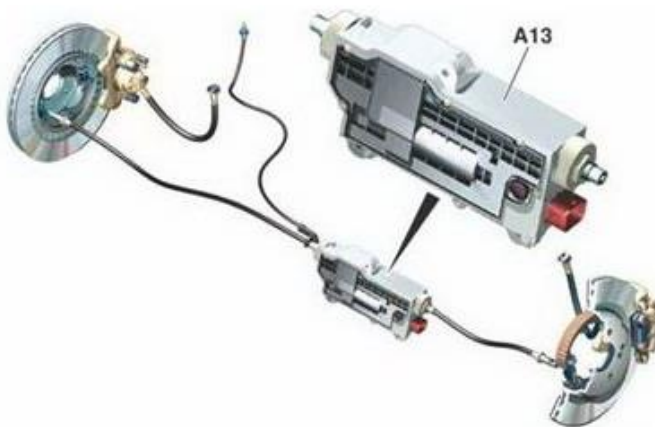
1.4. Elektroninis stovėjimo stabdys

2001m. Bmw buvo pirmoji kompanija, kuri pristatė šią naujovę. Šie stabdžiai skiriasi nuo mechaniniu, tuo jog nebeliko stabdžių rankenėlės ir lynų sujungtu mechaniškai su stabdžių kaladėlėmis. Juos pakeitė paprasčiausias mygtukas ir elektroninė valdymo sistema.



1.4.1.pav. Elektroninio stovėjimo stabdžių mygtukas [8]

Paspaudus mygtuką elektriniai motorai esantys kiekvienam stabdžių korpuse prispaudžia stabdžių trinkeles prie disko. Norint atleisti stabdžius pakanka pradėti su automobiliu važiuoti. Kartais užvedus automobilį gali tekti paspausti stabdžius ir paspausti mygtuką kad išjungtumėte stovėjimo stabdį. Dauguma automobilių su šiais stabdžiais turi sistemą, kuri neleidžia automobiliui riedėti įkalnėje. Tai stipriai palengvina automobiliui važiuojant iš vienos.



1.4.2.pav. Principinė elektroninio stovėjimo stabdžių schema [8]

Šie stabdžiai yra pranašesni už įprastus, nes geriau laiko automobilį vietoje. Pašalinus rankinio stabdžio svirtį atsiranda daugiau vietos automobilio centrinėje konsolėje.

1.5. Automobilio staigaus stabdymo efektyvumo tyrimas

Nuo stabdymo efektyvumo priklauso stabdymo kelias. Šis turi būti kuo trumpesnis, tačiau automobilis turi išlikti stabilus ir valdomas. Nuo stabdymo efektyvumo taip pat priklauso automobilio dinaminės savybės ir jo darbo našumas. Kuo intensyviau galima stabdyti automobilį, tuo didesnis yra saugus greitis, vadinasi, efektyvesnis transporto priemonės naudojimas.

Vienas iš darbinės stabdžių sistemos efektyvumo įvertinimo kriterijų yra transporto priemonės judėjimo greičio kitimo sparta, t. y. lėtėjimo pagreitis j . Lėtėjimo pagreičio reikšmė randama pagal formulę:

$$J = Ms / r \cdot m; \quad (1)$$

čia: Ms – ratą stabdantis momentas; r – stabdomo rato spindulys; m – transporto priemonės masė.

Lėtėjimo pagreičio reikšmė yra atvirkščiai proporcinga transporto priemonės masei. Ši formulė išreiškia lėtėjimo pagreičius, kuriuos užtikrina transporto priemonės stabdžių sistema. Kitas stabdymo efektyvumo parametras yra stabdymo kelio ilgis S_s :

$$S_s \approx (t_2 + 0.5t_3)va / 3.6 + KE \cdot va^2 / 254 \varphi$$

čia: t_2 – sistemos suveikimo laikas; t_3 – laikas, kai lėtėjimo pagreitis didėja; va – transporto priemonės pradinis greitis; KE – stabdymo efektyvumo įvertinimo koeficientas, φ – sukibimo koeficientas.

Matome, kad transporto priemonė stabdymo kelio ilgį priklauso nuo jos pradinio greičio bei išvystomų stabdymo jėgų. Dėl šios priežasties pradinis judėjimo greitis yra normuojamas. Skirtingas greitis yra nustatomas mieste, kitas užmiestyje ir magistraliniuose keliuose. Praktinė patirtis rodo, kad sumažinus greitį 5 km/val. eismo įvykių, kuriuose žūsta žmonės, skaičius sumažėja apie 20 proc. Stabdymo kelią sumažinti galima ir sumažinus stabdymo efektyvumo įvertinimo koeficientą bei padidinus sankabos sukibimo koeficientą. Koeficientas KE priklauso nuo koeficiento φ ir transporto priemonės pakrovimo laipsnio.

$$KE = \varphi \cdot r \cdot G / Ms; \quad (2)$$

čia: r – stabdomo rato spindulys; G – automobilio svoris; M_s – ratą stabdantis momentas. Padidinti šį koeficientą galima įvairiomis techninėmis ir technologinėmis priemonėmis.

1.5.1 Stabdžius kontroliuojančios sistemos

Nuolat didėjantys vairuotojų reikalavimai eismo saugai, verčia inžinierinius kurti pažangesnes ir modernesnes stabdžių antiblokavimo sistemas. Pagrindinė šių sistemų užduotis – maksimaliai sumažinti automobilio stabdymo kelią, tuo pat metu išlaikant jį valdomu.

Šiuolaikinės stabdžių sistemos yra pakankamai gerai suprojektuotos ir yra itin galingos ypač lyginant su senosiomis. Esant galingesniems stabdžiams trinkelio prispaudimo jėgos ir frikcinių savybių derinio pilnai pakanka ratams užblokuoti netgi važiuojant didesniu greičiu. Užblokuoti ratai nėra pats saugiausias stabdymo būdas. Taip gimė ABS (Anti-lock Braking System) idėja. Veikiant šiai sistemai ne tik daugumoje atvejų sutrumpinamas stabdymo kelias, tačiau vairuotojui stabdant automobilį kritiniais režimais dar lieka galimybė jį valdyti (ko visiškai neįmanoma daryti čiuožiant užblokuotais automobilio ratais). Be, to smarkiai stabdant drastiškai sumažėja svoris tenkantis galiniams automobilio ratams, o tai kelia itin didelę apsikimo riziką, ypač netikėtai stabdant automobilį kuris judėjo netiesia trajektorija. Antroji tokių pačių pasekmių priežastis: kelio danga, kuri dažnai pat netolygi ir neideali. Esant ABS sistemai yra tikimybė, kad stabdymo kelias bus keletą metrų ilgesnis, bet automobilis stabiliai reaguos į vairo pasukimus ir nebus tikimybės atsirasti šoniniam slydimui.

ESP (angl. Electronic Stability Program) sistema sukurta padėti vairuojant kritinėse situacijose. Nustačius važiavimo stabilumo praradimą ar slydimą, sistema nedelsiant kontroliuoja darbo režimus: 1) variklio; 2) stabdžių sistemos; 3) pakabos reguliuojamus parametrus. ESP sistema kartu su savo funkcijomis apjungia ir ABS, REF, ASR ir MSR funkcijas. ESP sistema suteikia aukščiausio lygio aktyvu saugumą, leidžianti išlaikyti automobilio stabilumą: 1) greitėjant; 2) stabdant; 3) važiuojant pastoviu greičiu; 4) manevruojant.

Sistema, padedanti įveikti staigųjį stabdymą AFU (assistance Au Freinage d'Urgence). Nustatyta, kad esant ekstremaliai situacijai vairuotojas paspaudžia stabdžių pedalą greitai, tačiau be pakankamos jėgos. Dėl šios priežasties visi šiuolaikiniai automobiliai su stabdžių antiblokavimo sistemomis (ABS) arba dinaminės stabilumo kontrolės (ESP) yra taip pat naudojama, kaip avarinio stabdymo (AFU) sistema. AFU sistemos vaidmuo – esant staigiam stabdymui, ženkliai padidinti vairuotojo veiksmus, greitai padidinti slėgį stabdžių sistemoje, tam

kad kuo greičiau suveiktu antiblokavimo sistema ir tokiu būdu sumažinti stabdymo kelią. Staigiojo stabdymo sistema E.V.A. (angl. Emergency Valve Assistant) – sudaro specialus stabdymo cilindras ir naujos kartos vakuuminis stiprintuvas. 1 pav. pateiktos kreivės, apibūdinančios normalųjį ir staigųjį stabdymą.



6.1 pav. E.V.A. sistemos veikimo kreivės, apibūdinančios normalųjį ir staigųjį stabdymą [6]

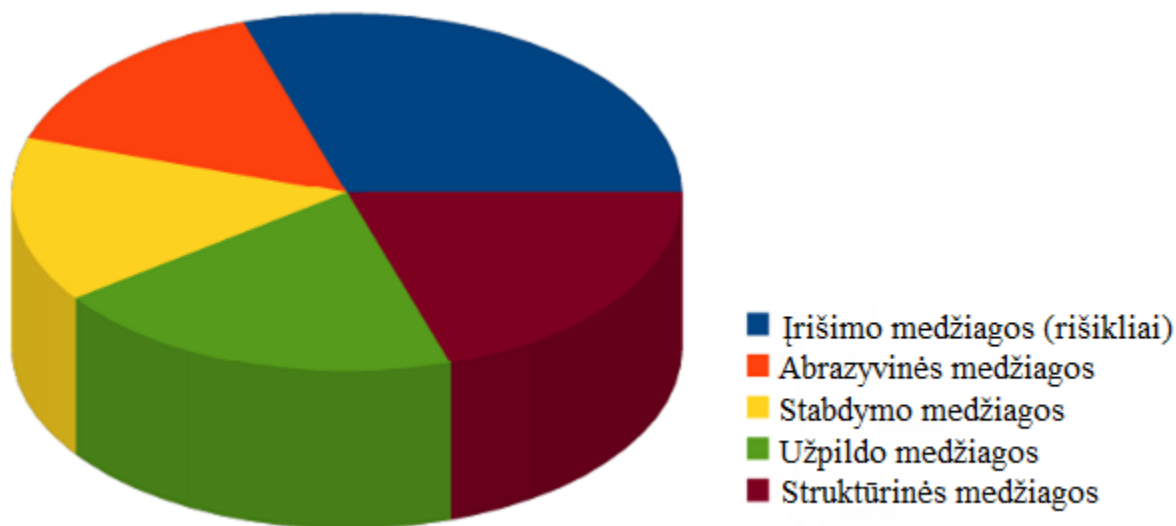
Stabdžių paspaudimo greitis – tai galimybė pereiti į staigaus stabdymo etapą (1 pav.). Kai tik stabdžių pedalo greitis tampa didesnis, aktyvuojasi staigaus stabdymo fazė. Taigi, kai staigiai spaudžiamas stabdžių pedalas (jeigu greitis viršija tam tikrą ribą) padidinama vairuotojo nepakankama jėgą stabdymui. BA (Brake Assist) staigiojo stabdymo pagalbinė sistema. Hidraulinėje stabdžių sistemoje elektrinė slėgio valdymo sistema, kuri esant staigiam stabdymui, kai tuo pat metu trūksta stabdymo jėgos ant pedalo, savarankiškai padidina slėgį stabdymo magistralėje, daranti tai daug greičiau, nei tai gali atlikti žmogus. Hidraulinė BA sistema nustato ar įvykio avarinio stabdymo procesas pagal stabdžių pedalo judėjimą ir slėgį į jį. Avarinio stabdymo atveju stabdžių sistemos prieigoje milisekundžių tikslumu automatiškai labai padidėja slėgis t. y. sumažėja mašinos stabdžių sudirbimo laikas, tuomet kai viską lemia tik akimirka. Dėl to ir mažai patirties turintiems vairuotojams sumažėja reakcijos laikas esant maksimaliam ratų blokavimosi uždelsimui. elektronika pati imasi valdyti lyg esant staigiam stabdymui ir sustabdo automobilį, per maksimaliai trumpą laiką, žymiai sumažina stabdymo kelią esant dideliems greičiams [2].

1.6 Medžiagos iš kurių gaminamos stabdžių trinkelės

Yra vienas labai svarbus punktas, kurį kiekvienas stabdžių trinkelėmis pirkėjas turėtų neišmesti atminties: geriausios stabdžių trinkelės, kurias galite gauti yra tos, kurios yra skirtos jūsų stabdžių sistemai.

Nesvarbu, ar jūs vairuojate seną ar naują automobilį, stabdžių trinkelės, suportai ir būgnai arba diskai yra subalansuota sistema. Pakeitus vieną sistemos komponentą - net jei šis pakeitimas yra patobulinti - kartais gali turėti priešingą poveikį. Lygiai taip pat, kaip ir taupant kelis eurus galima pabloginti visos sistemos veikimą.

Stabdžių trinkelės yra penkių medžiagų derinys (1.6.1.pav):



1.6.1.pav. Apytikslės stabdžių trinkelė sudedamosios dalys [9]

Šios penkios medžiagos yra: įrišimo medžiagos (rišikliai), abrazyvinės medžiagos, stabdymo medžiagos, kuriomis siekiama pagerinti tam tikras stabdymo charakteristikas pvz.: darbinę temperatūrą, užpildo medžiagos bei struktūrinės medžiagos, kurios padeda padėklą palaikyti tinkamą formą naudojimo metu.

Šios penki tipų medžiagų apima daugiau nei 2000 cheminių medžiagų, ir tik kiekvienas stabdžių trinkelė gamintojas žino tikslią trinkelė sudėtį. Aprašysiu pagrindines medžiagas.

Dažniausiai naudojamos įrišimo medžiagos (rišikliai) :

Stiklo pluoštas, taip pat gali būti naudojamas, kaip struktūrinė medžiaga. Randama 5-25%.

Fenolio derva, taip pat gali būti naudojamas, kaip stabdymo gerinimo priedas. Randama 10-20 %.

Anglies pluoštas. Anglies pluoštas yra medžiaga, kuri veikia kaip rišamoji medžiaga ir abrazyvinė. Tačiau yra labai brangi ir gana egzotiška. Randama 0-100%. Pilnai anglies pluošto stabdžių kaladėlės naudojami tik lenktynėse. Kai kurios didelio efektyvumo stabdžių trinkelėse galima surasti anglies pluošto. Tai būna tik nedidelis kiekis, nes medžiaga yra labai brangi.

Dažniausiai naudojamos abrazyvinės medžiagos:

Mineraliniai užpildai, paprastai kvarco arba sintetiniai silikatai. Skirtingai mineralinio pluošto, užpildai naudojami padidinti trintį. Randama 5-35%. Mineraliniai užpildai vargu ar bus rasta metalinėse trinkelėse.

Metalų oksidai, paprastai aliuminio oksidai ir geležies oksidai. Abrazyvinės medžiagos, kurios didina trintį. Taip pat gali būti rišiklis metalo ar pusiau metalinėse trinkelėse. Randama 0-70% Visai tikėtina, kad visi stabdžių rūšių kaladėlės turi nedidelį procentą metalų oksidų, net "organinės" .

Žalvario drožlės. Pigi medžiaga, kuri pagerina stabdymą drėgnomis oro sąlygomis. Randama 0-5%.

Dažniausiai naudojamos stabdymo medžiagos:

Anakardžių derva, kuri gali arba negali būti naudojamas kaip "trinties dulkės". Specialaus tipo derva, kuri pagerina stabdymo efektyvumą, yra atspari dėvėjimuisi, ir gali padėti stabdžiams veikti tyliau. Randama 0-20 %. Gaunama iš anakardžių riešutų kevalų.

Anglies (grafito). Anglis, kaip medžiaga gali būti naudojama įvairiomis formomis. Ji gali būti naudojami, siekiant padidinti trintį, bet taip pat gali būti naudojamas kaip tepalas. Dažnai naudojama, nes tai yra pigi medžiaga. Randama 0-35%.

Trinties dulkės arba trinties milteliai. Šių medžiagų junginiai turi platų panaudojimą - nuo triukšmo sumažinimo iki temperatūros reguliavimo. Randama 0-25%.

Metalo sulfidai, įskaitant vario sulfidų bei švino sulfidai. Stabilizuoja trinties koeficientus įvairiose temperatūrose. Randama 0-5%.

Kalkės (kalcio hidroksidas). Slopina koroziją, metalo trinkelėse. Randama 0-5%.

Keraminės mikrosferos, veikia kaip užpildas, trinties modifikatorius ir sumažina stabdžių dulkių kiekį. Randama 0-20%.

Varis. Jis suteikia šilumos atsparumą, pagerina stabdymą esant šaltam orui, ir veikia kaip tepimo medžiaga taip mažindama cypimą. Dažnai randamas keraminių stabdžių trinkelėse. Randama 0-25%.

Dažniausiai naudojamos užpildo medžiagos:

Bario sulfatas, dar žinomas kaip baritai. Labai dažnas užpildas. Randama 0-35%

Kalio titanatas. dažnas užpildas 0-30%.

Plieno vilna. Kitas dažnas užpildas, randama medžiagose 0-30%.

Guma ir gumos laužas iš perdirbtų padangų. Šis užpildas medžiaga gali padidinti atsparumą dilimui. Dažniausiai naudojamas, nes jis pigus. Randama 0-10%.

Dažniausiai naudojamos struktūrinės medžiagos:

Mineralinės vatos pluoštas. Gali padėti valdyti temperatūrą ir sumažinti dilimą. Randama 10-20%. Mineralinio vatos pluoštas vargu ar bus rasta metalo trinkelėse.

Asbestas. Užpildas, kuris sustiprina struktūrą ir šilumos varža. Tikėkite ar ne, tai visiškai legalu ir stabdžių trinkelėse. Randama 0-35%.

Keramika. Keramikos junginiai gali būti panaudoti daugybėje sričių. Keramika yra pajėgi atlikti visas funkcijas. Todėl jos randama 0-100%. Pagrindinis privalumas keraminių trinkelėlių yra mažinamas triukšmas, sumažėjęs svoris, ir solidus stabdymas. Per pastaruosius 10 metų, keraminės medžiagos tampa vis dažnesnės stabdžių trinkelės. Vis dėlto, "Keramika", yra labai silpnai apibrėžta. Kai kurios trinkelės yra parduodamos, kaip keramikos nors iš tikrųjų jos daugiau yra pusiau metalinės ar net organinės trinkelės.

Kadangi stabdžių trinkelėse yra labai daug skirtingų mišinių jos turėtų būti vadinamas "daugiausia organinės", " daugiausia metalinės," arba "daugiausia keramikinės“. Čia yra pagrindiniai bruožai organinių, pusiau metalinių ir metalinių trinkelėlių.

Metalinės trinkelės

Didesnis atsparumas dilimui (tai yra jų didžiausias privalumas);

Geresnis veikimas aukštoje temperatūroje;

Labai tikėtina garsios.

Organinės trinkelės

Dėvėsi daug greičiau, ypač į lenktynių režimu;

Tylus veikimas (tai yra jų didžiausias privalumas);

Geresnis veikimas esant žemesnei temperatūrai;

Priklausomai nuo jų sudėties, organinių trinkelės gali greitai nusidėvėti aukštoje temperatūroje iš esmės praranda savo stabdymo galimybes.

Pusiau metalinės trinkelės

Puikus kompromisas tarp atsparumo nusidėvėjimui, triukšmo, ir stabdymo;

Šiek tiek brangiau, palyginti su metalinėmis arba organinėmis trinkelėmis;

Pusiau metalinės trinkelės yra antros pagal dažnumą naudojamos trinkelės automobiliuose.

Nors pusiau metalinės trinkelės nepasižymi puikiomis kuriomis nors savybėmis, tačiau jos yra puikiai subalansuotos, todėl yra dažnas pasirinkimas.

Keraminės trinkelės

Puikios charakteristikos visose srityse - jos tylios, ilgas tarnavimo laikas, ir labai efektyvios daugelyje temperatūrų;

Keraminės pusiau metalinės trinkelės yra naujas pramonės standartas - daugiau nei pusė visų naujų transporto priemonių yra su šiomis trinkelėmis (nuo 2012). Deja, keraminės trinkelės dažnai pats brangiausias pasirinkimas [9].

2 EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Eksperimentinio tyrimo tikslas yra nustatyti stabdymo efektyvumą esant skirtingiems stabdžių sistemos komponentams.

2.1 Eksperimentinio tyrimo eiga, sąlygos, įranga ir agregatai

Tyrimas bus atliekamas tame pačiame autoservise kiekvieną kartą. Tyrimo metu bus matuojama tik priekinių stabdžių stabdymo jėga. Šio bandymo eiga ir sąlygos:

1. Prieš bandymą stabdžių disko temperatūra turi siekti 25-35 °C;
2. Slėgis stabdžių sistemoje didinamas tol, kol pasiekia maksimalią leidžiamą ribą;
3. Bandymas kartojamas 2 kartus;
4. Bandymo pabaigoje išmatuoja stabdžių disko temperatūra.

Bandymams bus naudojamas WV PASSAT automobilis (2.1.1 pav.). Šis automobilis pasirinktas todėl, jog jame patogiu sumontuoti manometrą, taip pat stabdžiai yra susidėvėję ir juos būtina pakeisti, norint išlaikyti užtikrinti transporto priemonės saugumą kelyje. Eksperimento bus naudojamas dviejų rūšių trinkelės. Ekonominės klasės - tai prekės populiarios tarp vartotojų, šios klasės prekės yra pigiausios. Dažnai gamintojas būna iš Azijos šalių. Taip pat bus naudojamos ir aukštos klasės trinkelės, jos turi didesnę stabdymo efektyvumą ir yra brangesnės. Gamintojai būna iš žinomų kompanijų, kurios per ilgą gyvavimo laiką užsitarnavo prestižinį vardą.



2.1.1 pav. Eksperimento automobilis WV PASSAT

Siekiant palaikyti kuo vienodesnes sąlygas bandymams naudojami šie įrenginiai:

- 1) Prie pagrindinio stabdžių cilindro prijungus manometrą (2.1.2 pav.), galima matyti slėgį esantį stabdžių sistemoje. Šio manometro matavimo ribos 0-160bar.



2.1.2 pav. Manometras

- 2) Infraraudonųjų spindulių termometras (2.1.3 pav.). Šio įtaiso pagalba galima pamatuoti stabdžių disko temperatūrą. Temperatūra matuojama bandymo pradžioje ir pabaigoje, tam kad stebėti kaip kinta bandymo metu. Matavimo diapazonas 0-900°C



2.1.3 pav. Infraraudonųjų spindulių termometras

Bandymai buvo atlikti „Hitra“ autoservise. Šiame autoservise yra sumontuotas modernus stabdžių stendas „Beissbarth 600 SPEED“. Šio stabdžių stendo techniniai parametrai :

- tarpuvėžės plotis nuo 800-2200 mm.
- testuojamo automobilio svoris 4 t;
- testuojamo automobilio ašies masė 3.5 t;
- 8 kN maksimali stabdymo jėga ;
- stabdymo jėgų įvertinimo skalė –žalia ,geltona, raudona;;
- Būgno skersmuo 205 mm, ilgis 700 mm, paviršius korundinis - idealiai atkartoja sukibimą su kelio danga;
- Galinis stendo būgnas pakeltas 25 mm;
- Testavimo elektromechaninė pavara 2x3.7 kW. Testavimo greitis 5,1 km/h [11].

2.2 Eksperimentinis tyrimas

Tyrimo esmė nustatyti stabdžių efektyvumą, matuojant jų stabdymo jėgą esant įvairioms sąlygomis ir komponentams. Pirmasis bandymas atliekamas norint išmatuoti stabdymo jėgą esant dviem stabdžių diskams (2.2.3 pav.) ir trinkelėmis (2.2.1 pav.).



2.2.1 pav. Dvėtos stabdžių kaladėlės



2.2.2 pav. Palyginimas dėvėtų stabdžių trinkelėlių su naujomis



a)

b)

2.2.3 pav. Stabdžių diskai: a) dėvėti stabdžių diskai; b) dėvėti palyginimas su naujais

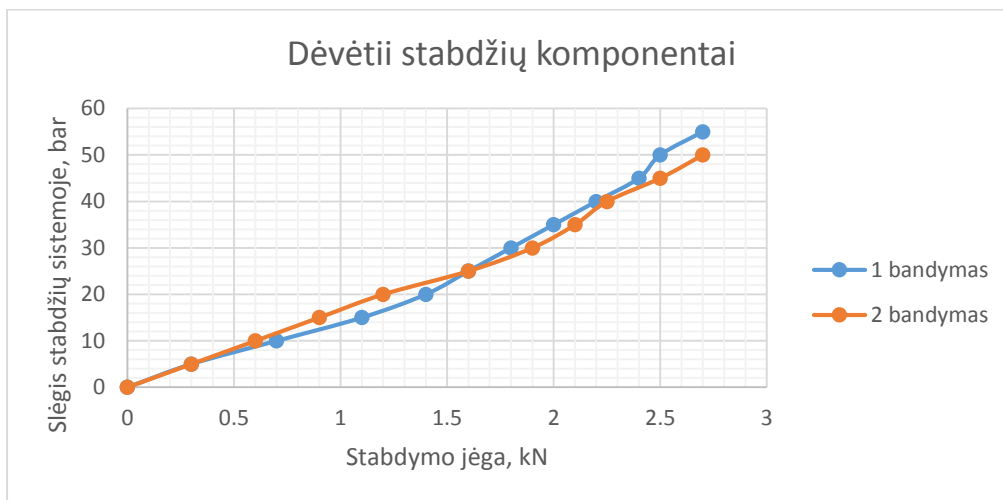
Kaip matome naudota stabdžių sistema yra gerokai susidėvėjusi. Stabdžių kaladėlės jau seniai pasiekusios leistiną ribą. Jos yra dvigubai plonesnės nei naujos. Stabdžių diskas irgi yra susidėvėjęs ir senas. Matosi rūdys, bei pažeidimai. Bandymo pradžioje ir pabaigoje matuojama stabdžių disko temperatūra. Bandymas atliekamas po 2 kartus. Stabdžių pedalas spaudžiamas tol kol pasiekiami maksimali leidžiama riba. Didinant stabdžių sistemos slėgį kas 5bar fiksuojama stabdymo jėga. Po to automobilis nuvažiuoja nuo stabdžių stendo ir bandymas pakartojamas.



2.2.4 pav. Prieš atliekant bandymą išsimatuoja stabdžių disko temperatūra

Bandymas Nr.1

Bandymas atliekamas su dėvėtais komponentais, kurie yra jau gerokai padilę. Taip siekiama nustatyti ribą kurią reikia pagerinti. Bandymo rezultatai pateikti (2.2.5 pav).

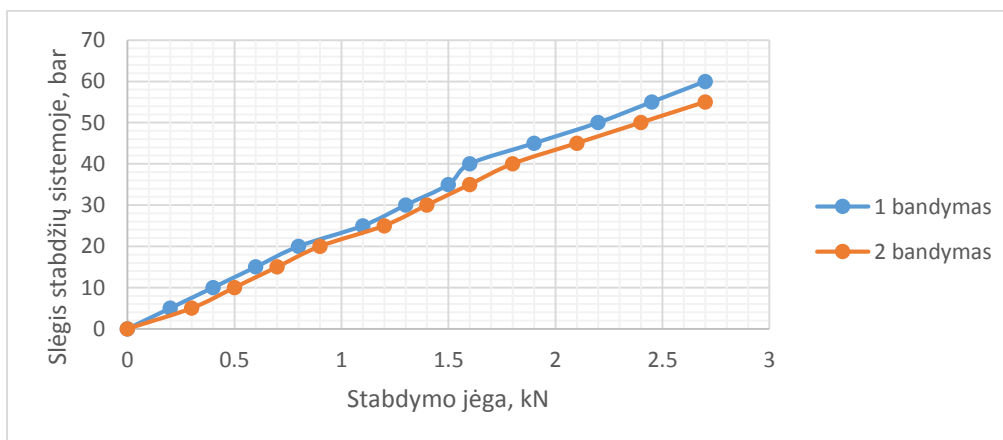


2.2.5 pav. Pirmasis bandymas: su nusidėvėjusiais komponentais

Temperatūros pokytis: pradinės sąlygos 25 °C bandymo metu pakilo iki 137 °C

Bandymas Nr.2

Bandyme atliekamas pakeitus dėvėtus komponentus naujais ekonominės klasės komponentais. Bandymas įdomus tuo jog jėga matuota iškart po pakeitimo, taip daryta todėl jog norėta išsiaiškinti, koks gali būti stabdžių efektyvumo nuostolis detalėmis neprisitrynus viena prie kitos.

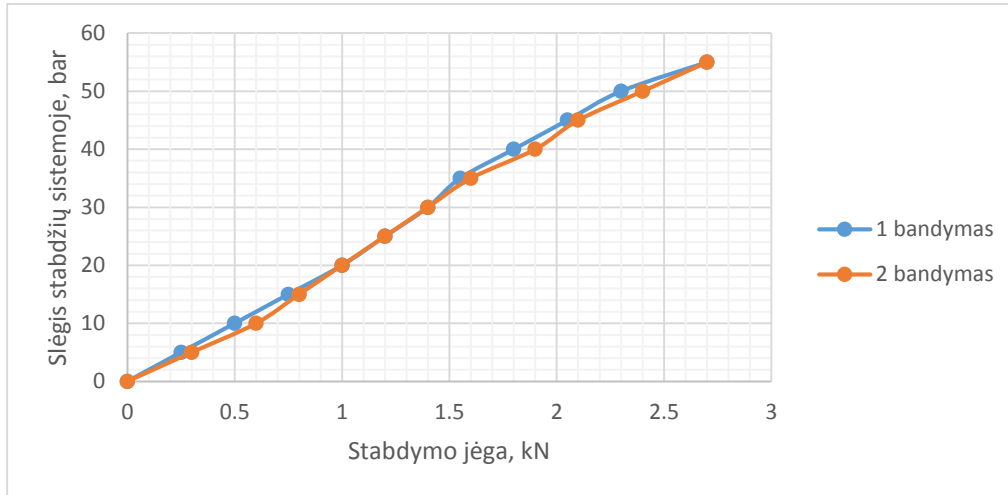


2.2.6 pav. Antrasis bandymas: su naujais komponentais jų nepritrynus

Temperatūros pokytis: pradinės sąlygos 26 °C bandymo metu pakilo iki 88 °C

Bandymas Nr.3

Šiame bandyme taip pat matuota stabdymo su naujais komponentais. Bandymas atliktas nuvažiavus mieste apie 100km. Taip tikėtasi, kad kaladėlės visiškai prisitrins prie diskų ir rezultatai parodys šių kaladėlių efektyvumą.

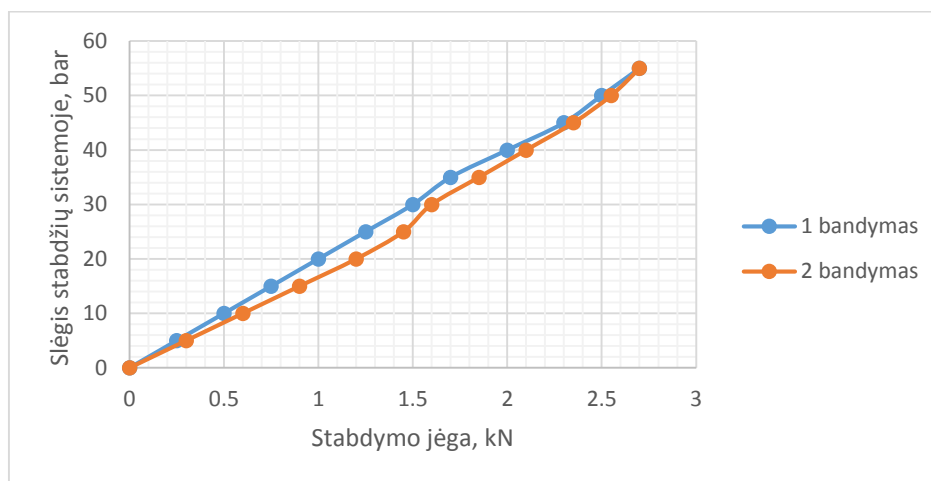


2.2.7 pav. Trečiasis bandymas: su naujais komponentai mieste nuvažiavus 100 km

Temperatūros pokytis: pradinės sąlygos 23 °C bandymo metu pakilo iki 79 °C

Bandymas Nr.4

Šiame bandyme taip pat matuota stabdymo su naujais komponentais. Bandyme Nr.3 rezultatai nuvylė, nes buvo mažesnė stabdymo jėga lyginant dėvėtus komponentus ir naujus. Bandymas buvo pakartotas, kai mieste nuvažiuota apie 200km.

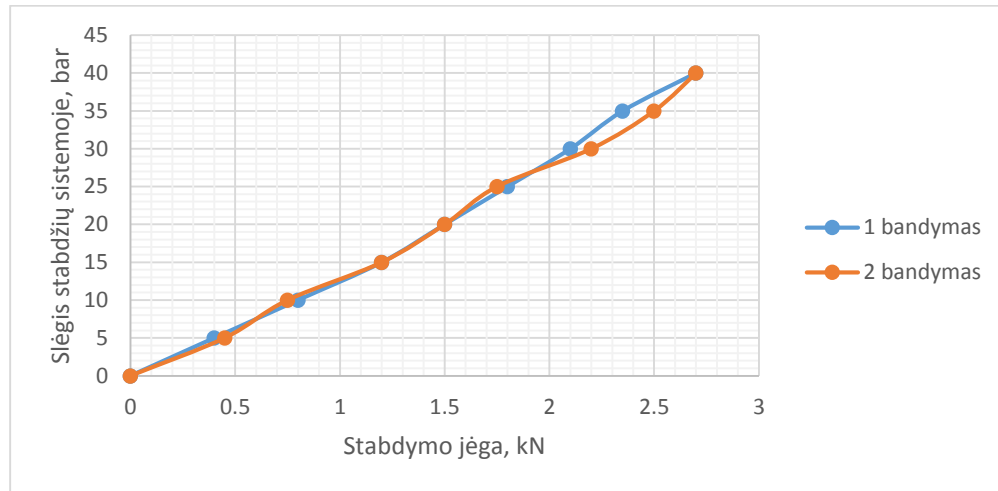


2.2.8 pav. Ketvirtasis bandymas: su naujais komponentai mieste nuvažiavus 200 km

Temperatūros pokytis: pradinės sąlygos 25 °C bandymo metu pakilo iki 84 °C

Bandymas Nr.5

Šiame bandyme buvo palikti nauji diskai ir pasirinktos aukštos klasės trinkelės. Mieste nuvažiuota apie 200km.



2.2.9 pav. Penktasis bandymas: su aukštos klasės trinkelėmis

Temperatūros pokytis: pradinės sąlygos 35 °C bandymo metu pakilo iki 77 °C

Stabdžių efektyvumas skaičiuojamas pagal šią formulę :

$$z = \frac{\sum F}{mg} 100\% ; \quad (3)$$

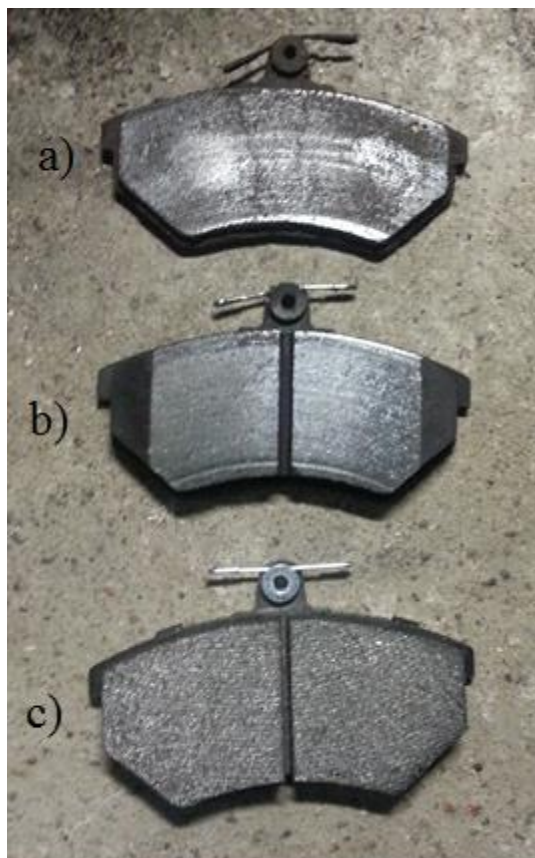
;čia:

$\sum F$ – suminė ratų stabdymo jėga, N;

m – automobilio masė, kg.

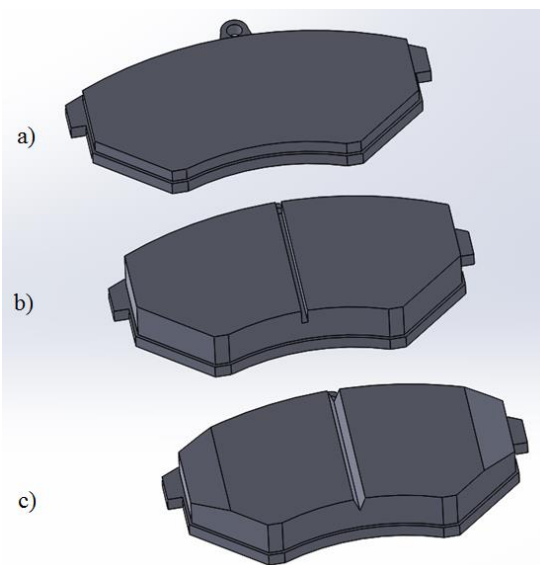
Automobilio priekinė ašis svėrė ≈ 530 kg

Atlikus bandymus nustatyta, jog dėvėtos trinkelės ir stabdžių diskai savo efektyvumu nusileidžia tik aukštos klasės trinkelėms. O ekonominės klasės trinkelės atsilieka ≈ 8 %. Taip neturėtų būti, nes naujas privalo būti efektyvesnis už seniai susidėvėjusį. Žinoma kiekvieno gamintojo trinkelių sudėtis yra paslaptis. Po šio bandymo nusprendžiau ieškoti paaiškinimų, kodėl taip yra. Kaip pastebėjau ekonominės klasės trinkelių darbinis paviršius yra mažesnis, nei kitų. Todėl „SolidWorks“ programos pagalba nusprendžiau apskaičiuoti trinkelių darbinį paviršių.



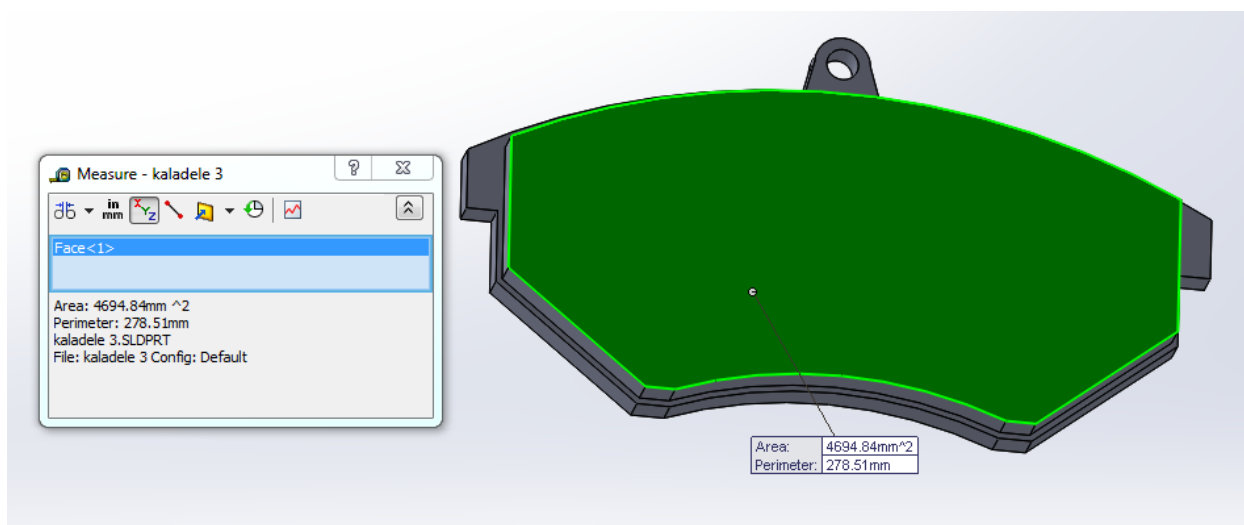
2.2.10 pav. Bandyme dėvėtos stabdžių trinkelės: a) dėvėtos; b) ekonominės klasės; c) aukštos klasės

Su programa SolidWorks nusibraižiau visų trinkelėlių skaitmeninius modelius.

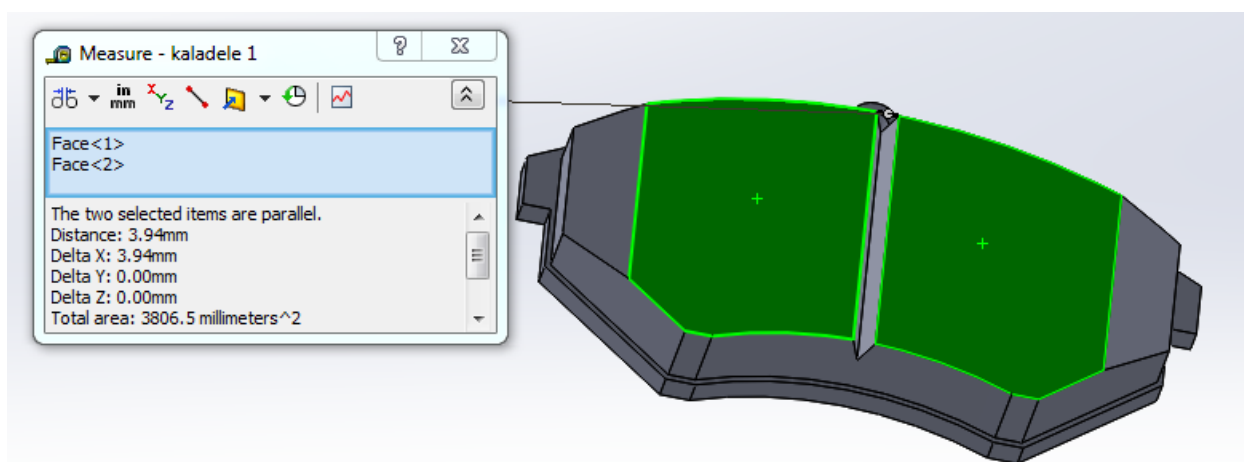


2.2.11 pav. Skaitmeninis bandyme naudotų stabdžių trinkelėlių modelis : a) dėvėtos; b) ekonominės klasės; c) aukštos klasės.

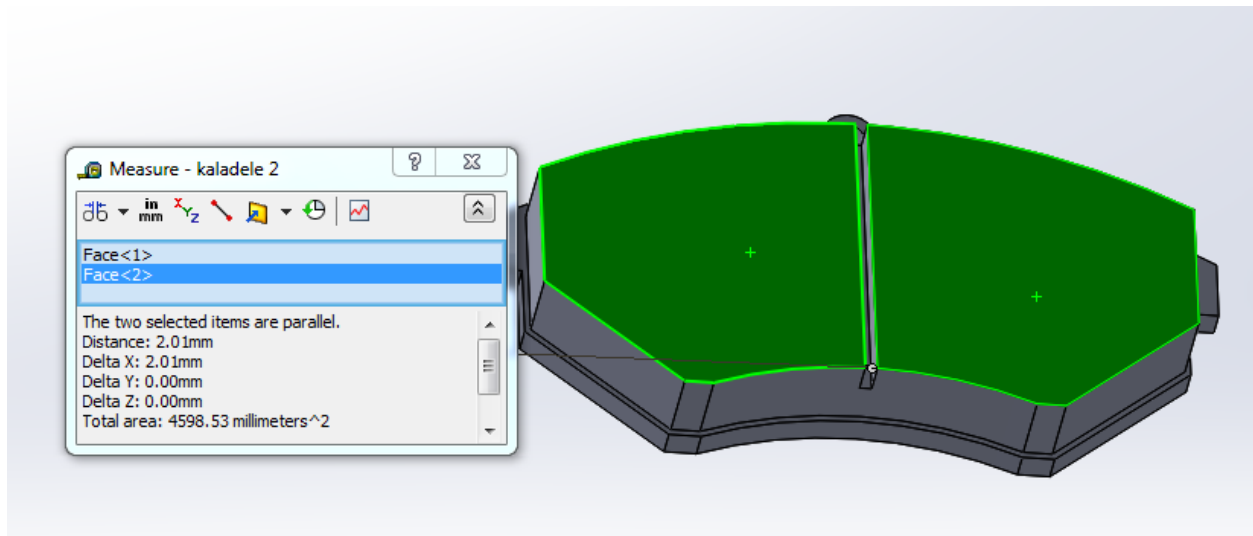
Bei SolidWorks programos pagalba apskaičiuoti trinkelėlių darbinis paviršių plotus.



2.2.13 pav. Dėvėtos trinkelės darbinis plotas



2.2.14 pav. Ekonominės klasės trinkelės darbinis plotas



2.2.15 pav. Aukštos klasės trinkelės darbinis plotas

Gavau tokius rezultatus:

Susidėvėjusios trinkelės darbinis plotas: 4694 mm²

Ekonominės klasės trinkelės darbinis plotas: 3806 mm²

Aukštos klasės trinkelės darbinis plotas: 4598 mm²

Dėvėtos trinkelės darbinį plotą galima prisilyginti 100 %, nes jis yra didžiausias. Tuomet galime apskaičiuoti keliais procentais darbinis plotas yra mažesnis kitose trinkelėse:

Susidėvėjusios trinkelės darbinis plotas 4694 mm² = 100 %;

Ekonominės klasės trinkelės darbinis plotas 3806 mm² = 81,08 %;

Aukštos klasės trinkelės darbinis plotas 4598 mm² = 97,95 %.

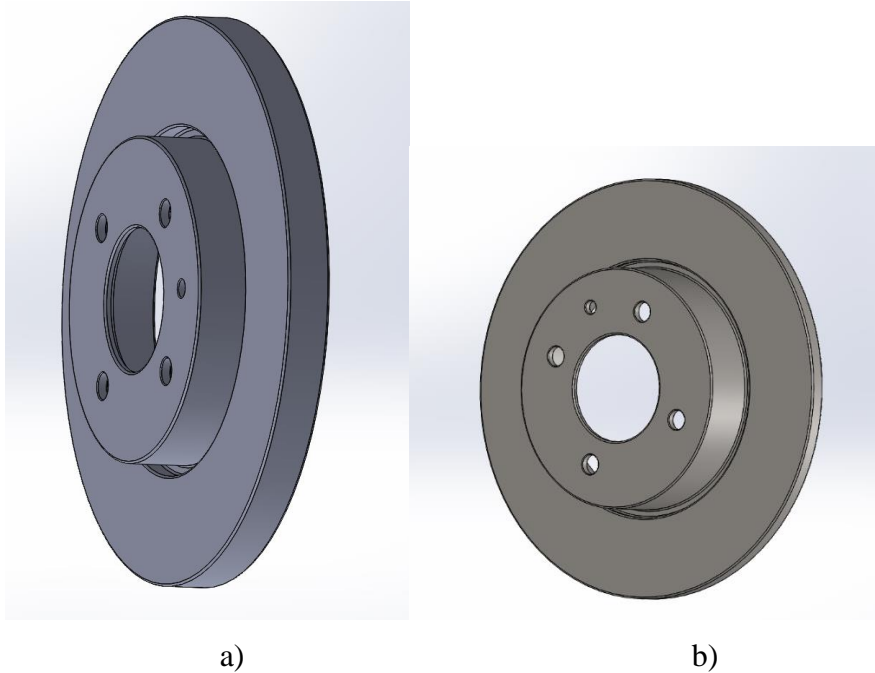
Gavęs šiuos rezultatus galiu apskaičiuoti kiekvieno bandymo teorinį stabdymo efektyvumą esant vienodam darbiniam plotui ir palyginti su gautais rezultatais eksperimentinio bandymo metu.

$$z_t = \frac{z}{s_{trink}} * 100\% ; \quad (4)$$

Čia: z - Stabdžių efektyvumas ; s_{trink} – stabdžių trinkelės darbinis plotas.

3. SKAITINIAI TYRIMAI

Baigtinių elementų metodas plačiai paplitusi analizės priemonė, leidžianti tiksliau ir greičiau įvertinti įvairių konstrukcinių elementų stiprumą, standumą ir šiluminę įtaką. Šis metodas plačiai taikomas transporto priemonių konstrukcijų skaičiavimuose. Šio tyrimo tikslas nustatyti stabdžių disko temperatūrą SolidWorks simulation programa. Bus naudojami 2 stabdžių diskai, kurių vienas naujas, o kitas dėvėtas. Jie skiriasi darbinio paviršiaus storium.



3.1 pav. stabdžių diskas: a) naujas stabdžių diskas; b) dėvėtas stabdžių diskas

3.1. Terminiai skaičiavimai „SOLIDWORKS“ aplinkoje

Stabdžių disko temperatūra bus nustatoma tokiomis sąlygomis. Automobilis judės 22 m/s greičiu ir bus stabdoma iki visiško sustojimo. Kadangi automobilio masė 1380 kg galime apskaičiuoti jėgą reikalingą automobiliui sustoti. Taip pat reikalingas sukibo koeficientas tarp sausos asfalto dangos ir gumos (automobilio padanga). Šis koeficientas gali būti 0,72....0,88. Žinant šias sąlygas galime apskaičiuoti trinties jėgą reikalingą automobiliui sustoti [3].

$$F_f = \mu \cdot m \cdot g; \quad (5)$$

čia:

F_f – trinties jėga, N;

μ – trinties koeficientas;

m – automobilio masė, kg;

g – laisvojo kritimo pagreitis, m/s^2 .

$$F_f = 0,75 \cdot 1380 \cdot 9,81 = 10153,3 \text{ N}$$

Apskaičiavus trinties jėga galima apskaičiuoti vidutinį stabdymo pagreitį:

$$a = \frac{F_f}{m}; \quad (6)$$

čia:

a – stabdymo pagreitis, m/s^2 ;

F_f – trinties jėga, N;

m – automobilio masė, kg.

$$a = \frac{10153,3}{1380} = 7,35$$

Tuomet galima apskaičiuoti laiką, reikalingą automobilio sustojimui:

$$t = \frac{v}{a}; \quad (7)$$

čia:

t – stabdymo laikas, s;

v – automobilio greitis, m/s.

a – stabdymo pagreitis, m/s^2 .

$$t = \frac{22}{7,35} = 2,99 \text{ s}$$

Kuomet automobilis stabdo trintis tarp stabdžių disko ir trinkelės išskiria šilumą. Dauguma kinetinės energijos paverčiama į šilumą. Šiluminė energija bus sukoncentruota į trinkelių lietimosi vietą diske. Šilumos kiekis yra suskaičiuojamas iš kietinės energijos.

Nustatyta, kad automobilis sveria 1380 kg, o jo judėjimo greitis 22 m/s (79,2 km/h).

$$KE = \frac{1}{2}mv^2; \quad (8)$$

čia:

KE – kinetinė energija, J;

m - automobilio masę, kg;

v – automobilio greitis, m/s.

$$KE = \frac{1}{2}1380 \cdot 22^2 = 333,96 \text{ kJ}$$

Jeigu visa kinetinė energija paverčiama šilumine energija stabdymo metu, kuris trunka laiką Δt , šilumos energijos kiekis gali būti apskaičiuojamas pagal;

$$Q_{All} = \frac{KE}{\Delta t}; \quad (9)$$

čia:

Q_{All} – šiluminė energija, W;

KE – kinetinė energija, J;

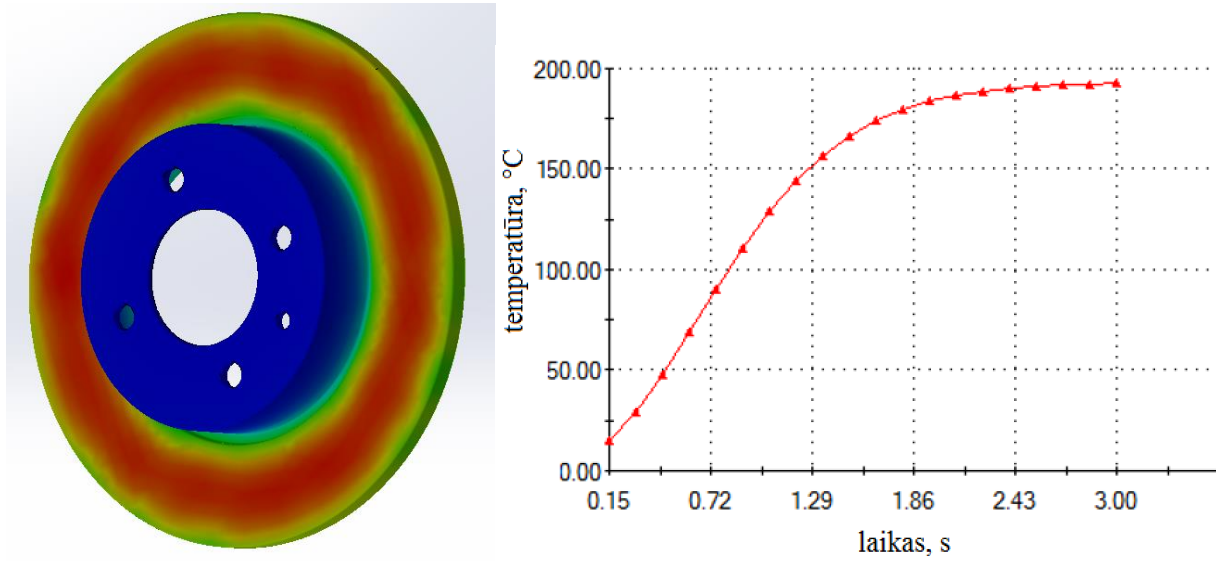
Δt – stabdymo laikas, s.

Bandymo metu bus analizuojamas tik priekiniai stabdžių diskų temperatūra. Kadangi stabdymo metu automobilio masės centras veikiamas inercinės jėgos pasislenka arčiau automobilio priekio. tuomet šiluminę energija reikia perskaičiuoti formule:

$$Q_{All} = \frac{KE \cdot 0,6}{\Delta t}; \quad (10)$$

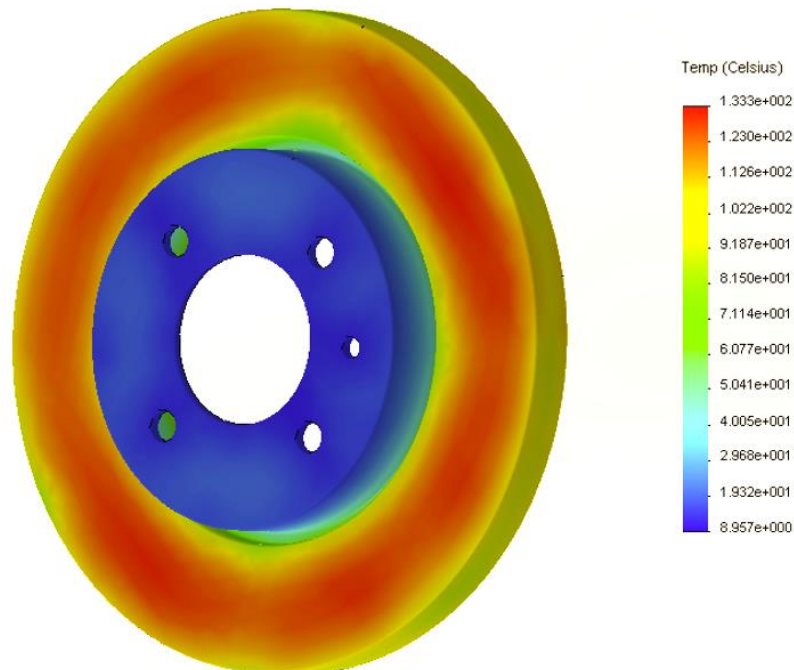
$$Q_{All} = \frac{333,96 \cdot 0,6}{3} = 66.738 \text{ kW}$$

Atlikus visų reikiamų dydžių skaičiavimus pradedama terminė analizė. Abiem diskams taikomos tos pačios sąlygos. Gauti tokie temperatūriniai pasiskirstymai.



3.1.1 pav. Nudilusio stabdžių disko temperatūrinė analizė

Ta pati simuliacija buvo atlikta ir su naujuoju disku. Jo storis yra dvigubai didesnis, todėl temperatūros turi būti mažesnės.



3.1.2 pav. Naujojo disko temperatūrinė analizė.

Palyginsime duomenis gautus eksperimentinio tyrimo metu ir atlikus skaitinį tyrimą „SolidWorks“ programa.

Stabdžių efektyvumas suskaičiuotas pasirinkus 20 bar ir 40 bar reikšmes visuose bandymuose. Taip galima palyginti skirtingus stabdžių komponentus.

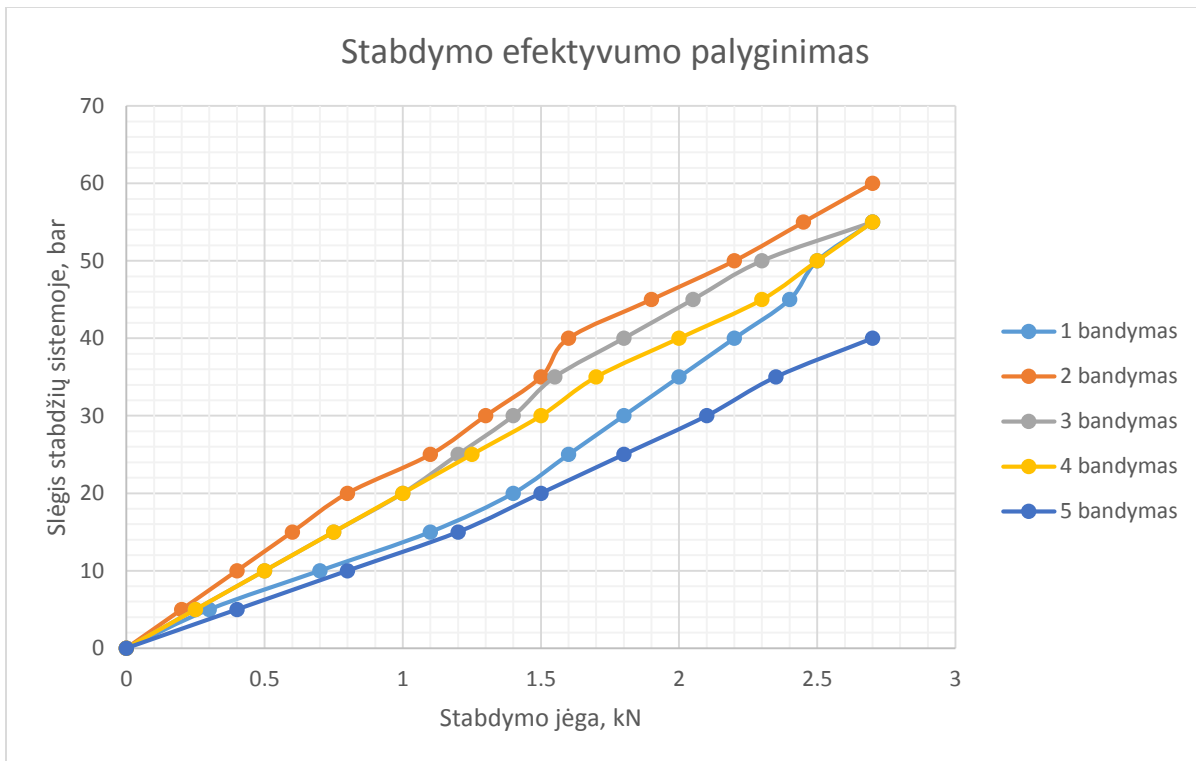
1.lentelė. Apskaičiuotas stabdžių efektyvumas

| | 20 bar | 40 bar |
|--|---------------|---------------|
| 1) Dėvėtos trinkelės ir stabdžių diskai | 50.00 % | 86.55 % |
| 2) Nauji komponentai (nepritrinta, ekonominės klasės) | 32.69 % | 65.39 % |
| 3) Nauji komponentai (pravažiuota 100 km, ekonominės klasės) | 38.46 % | 71.16 % |
| 4) Nauji komponentai (pravažiuota 200 km, ekonominės klasės) | 42.31 % | 78.85 % |
| 5) Nauji komponentai (pravažiuota 200 km, aukštos klasės) | 55.77 % | 98.09 % |

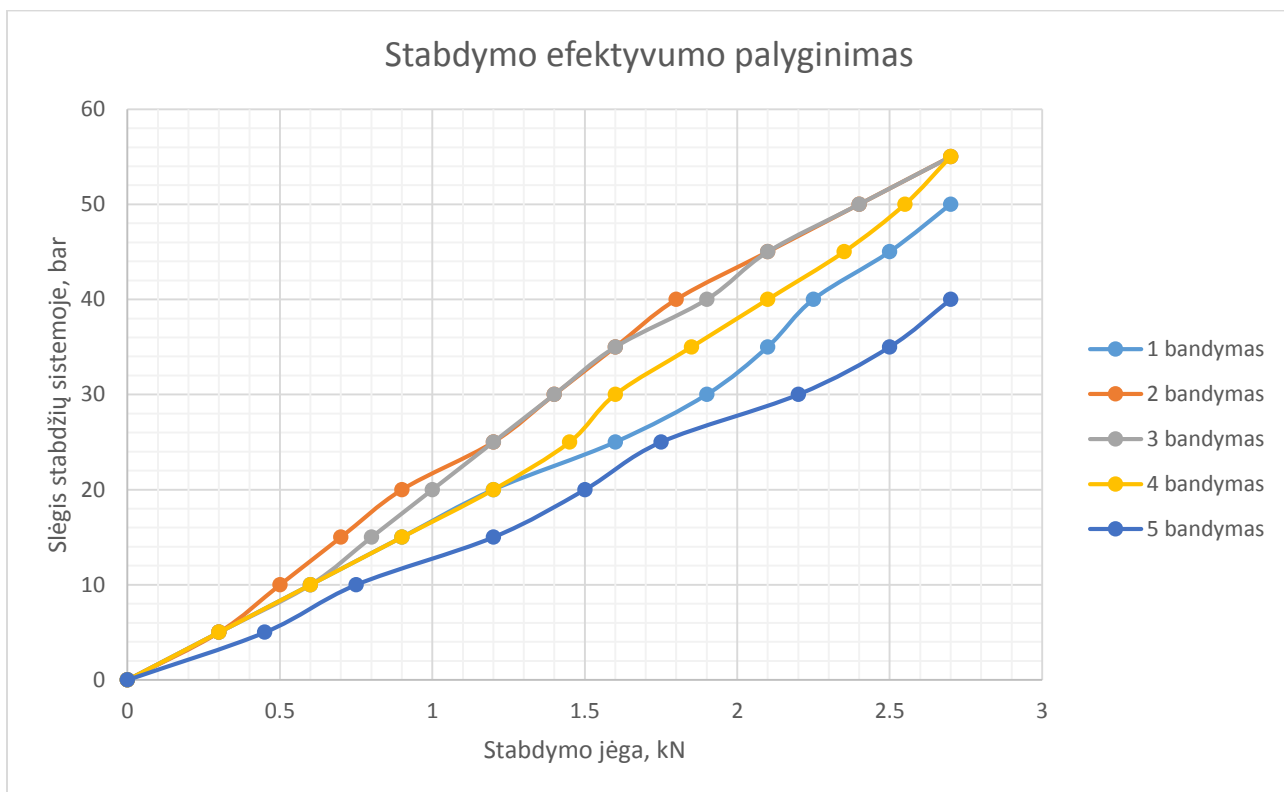
2.lentelė. Apskaičiuotas stabdžių efektyvumas po eksperimentinio bandymo palyginamas su teoriniu efektyvumu. (Apskaičiuotas stabdžių efektyvumas, [teorinis efektyvumas](#))

| | 20 bar | 20 bar | 40 bar | 40 bar |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1) Dėvėtos trinkelės ir stabdžių diskai | 50.00 % | 50.00 % | 86.55 % | 86.55 % |
| 2) Naujos stabdžių trinkelės | 46.16 % | 56.93 % | 75.01 % | 92.51 % |
| 3) Nauji komponentai(nepritrinta, ekonominės klasės) | 32.69 % | 40.32 % | 65.39 % | 80.65 % |
| 4) Nauji komponentai(pravažiuota 100km, ekonominės klasės) | 38.46 % | 47.44 % | 71.16 % | 87.76 % |
| 5) Nauji komponentai(pravažiuota 200km, ekonominės klasės) | 42.31 % | 52.18 % | 78.85 % | 97.25 % |
| 6) Nauji komponentai (pravažiuota 200km, aukštos klasės) | 55.77 % | 56.94 % | 98.09 % | 100.14 % |

Taip pat atliktas palyginimas visų bandymų grafiškai. Palyginti pirmųjų bandymų rezultatai (6 diagrama) kuomet stabdžių disko temperatūra atitinka pradinės sąlygas ir antrųjų bandymų (7 diagrama) kuomet sistema yra įšilus.

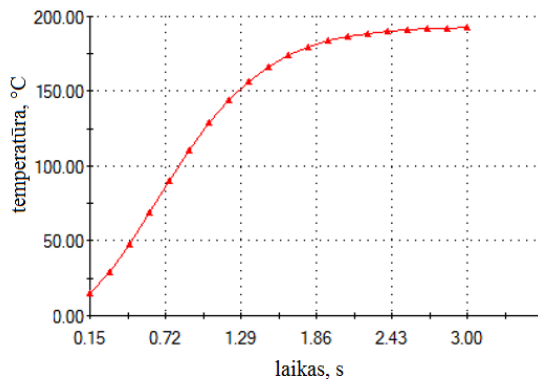


3.1.3. Stabdymo efektyvumo palyginimas, kuomet stabdžių komponentai nėra išilę

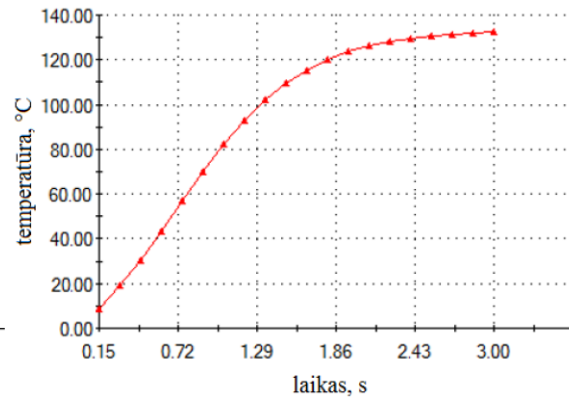


3.1.4 pav. Stabdymo efektyvumo palyginimas, kuomet stabdžių komponentai nėra išilę

Taip pat atliktas diskų temperatūrų palyginimas „SolidWorks“ aplinkoje;



a)



b)

3.1.5 pav. Stabdžių diskų temperatūrinis palyginimas; a) dėvėtas; b) naujas.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Atlikus eksperimentinį bandymą nustatyta jog, ekonominės klasės trinkelės stabdė prasčiau nei dėvėtos. Taip įvyko dėl to jog jų darbinis paviršius yra 19 % mažesnis. Laikui bėgant šių trinkelių darbinis paviršius didės ir dėl to gerės stabdymo efektyvumas.
2. Taip pat atlikus eksperimentinį tyrimą nustatyta , kad aukštos klasės trinkelės lyginant su dėvėtomis stabdo geriau 5 % prie 20 bar slėgio ir 11 % prie 40 bar slėgio. Pasiekti maksimalų stabdymo efektyvumą užtenka 40 bar slėgio lyginant su dėvėtomis 55 bar.
3. Eksperimentinio tyrimo metu išsiaiškinta, kad stabdant su senaisiais komponentais jie eksperimento metu įkaito iki 137 °C, o naujieji komponentai įkaito atitinkamai 88 °C, 79 °C, 84 °C ir 77 °C.
4. Apskaičiuotas darbinis trinkelių plotas parodė, kad ekonominės klasės darbinis paviršius yra 19 % mažesnis, nei dėvėtos. Aukštos klasės darbinis paviršiau plotas yra tik apie 2 % mažesnis nei dėvėtos. Taip yra dėl to jog, dėvėta trinkelė yra jau pasiekus susidėvėjimo ribą, o naujieji komponentai turi griovelį rodantį susidėvėjimo ribą.
5. „SolidWorks“ sistemoje sumodeliavus stabdžių diskus ir atlikus jų terminę analizę, nustatyta jog, susidėvėjęs stabdžių diskas tomis pačiomis sąlygomis pasiekė 190 °C temperatūrą, o naujasis diskas tik 133 °C.

Atlikus eksperimentinį tyrimą matome, kad stabdžiai veikia efektyviau kai yra įšilę. Taip pat stabdžių efektyvumas daugiausia priklauso nuo darbinio trinkelės ploto. Galima teigti kad „SolidWorks“ skaičiavimai yra teisingi nes praktinio ir skaitinio bandymo metu senieji komponentai greičiau įkaisdavo ir jų temperatūra būdavo didesnė.

Rekomendacijos: prieš perkant stabdžių komponentus pasitarkite su konsultantu. Nors senieji stabdžiai ir stabdo efektyviai, tačiau dėl didelio nusidėvėjimo jie stipriau kaista ir nėra lygus, ko pasakoje stabdant gali vibruoti vairas ir pats automobilis. Taip padidėja tikimybė sukelti avarinę situaciją. Būtina laiku keisti susidėvėjusias stabdžių sistemos dalis ir užtikrinti saugumą sau ir kitiems eismo dalyviams.

NAUDOTA LITERATŪRA

Knygos:

1. “Automobilių remontininko rengimas“ trečioji knyga „AUTOMOBILIO VAŽIUOKLĖ, VAIRAS IR STABDŽIAI“ Arvidas Basakirskas, Albertas Mačiulis, Vilnius 2008, 346psl;
2. Mokslinis straipsnis „AUTOMOBILIO STAIGAUS STABDYMO EFEKTYVUMO TYRIMAS“ Violeta Sandovič, Gintautas Bureika ;
3. Mokslinis straipsnis Paul M. Kurowski“ Thermal Analysis SolidWorks Simulation 2013“

Interneto svetainė:

4. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 03 21) www.nr1.lt/NR1-Discovery/Brakes/Disc-brake/disc-brake-lt.html;
5. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <http://enoanderson.com/2014/11/12/apaan-sih-ceramic-disc-brake-rem-cakram-keramik/>;
6. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) http://www.auto-52.com/?page_id=312
7. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <http://stoptech.com/products/rotors/rotors-overview>;
8. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <http://www.reluctantmechanic.com/tech-help/drum-disc-brakes.php>
9. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <https://www.carwow.co.uk/blog/Electronic-parking-brake-explained>;
10. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <http://parts.olathetoyota.com/what-are-brake-pads-made-of>.
11. Prieiga per internetą (žiūrėta 2016 05 01) <http://www.amanda.lt/lt/iranga/stabdziu-patikros-irangos-priedai>