



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Justinas Šimėnas

**AUTOMOBILIO RATŲ BALANSAVIMO ĮTAKA
TRANSPORTO PRIEMONĖS VIBRACIJAI**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Arūnas Tautkus

PANEVĖŽYS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

**AUTOMOBILIO RATŲ BALANSAVIMO ĮTAKA
TRANSPORTO PRIEMONĖS VIBRACIJAI**

Baigiamasis magistro projektas
Transporto priemonių inžinerija (kodas 621E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus

(data)

Recenzentas

(parašas)

(data)

Projektą atliko

(parašas) Justinas Šimėnas

(data)

SANTRAUKA

Šimėnas Justinas. Automobilio ratų balansavimo įtaka transporto priemonės vibracijai. Magistro baigiamasis projektas. Vadovas doc. dr. Arūnas Tautkus; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas.

Technologijos mokslai. Sausumos transporto inžinerija

Reikšminiai žodžiai: *automobilio vibracija, visą kūną veikianti vibracija, rankas veikianti vibracija, kasdieninio veikimo vertė, ratų balansavimas.*

Panevėžys, 2016. 58 p.

Žmonėms vis daugiau laiko praleidžiant transporto priemonėse, būtina užtikrinti komfortišką, bei sveikatai nekenkiantį važiavimą. Ši tema yra aktuali daugeliui iš mūsų, kadangi su ratų balansavimu susiduria visi transporto priemonių turėtojai. Magistro baigiamajame darbe atlikta literatūros šaltinių apžvalga bei ištirta kokią įtaką transporto priemonės virpesiams turi ratų balansavimas. Tyrimas atliktas automobiliu AUDI A4. Matavimai atlikti skirtingose automobilio vietose. Keičiant važiavimo greitį, bei ratų disbalansą buvo pamatuota vibracija automobilio grindyse, sėdynėje, sėdynės atloše, vaire bei bagažinėje. Tyrimas atliktas su dviejų tipų padangomis. Siekiant sudaryti ratų disbalansą buvo tvirtinami papildomi svareliai. Jų svoris kito nuo 25g iki 80g. Matavimams atlikti buvo naudojamas vibracijos matuoklis SVAN 958. Iš gautų rezultatų paaiškėjo, jog važiuojant su vasarinėmis padangomis vibracijos vertės yra didesnės. Visai tirtais atvejais didžiausi virpesiai užfiksuoti sėdynės atloše. Taip pat aiškiai matyti, jog vibracija automobilyje ženkliai išauga pasiekus 100km/h greitį.

Magistro baigiamajame darbe taip pat atlikti skaičiavimai įvertinantys kasdieninio vibracijos veikimo vertę, vibracijai veikiant 1,2 arba 4 valandas. Atlikus skaičiavimus paaiškėjo, jog rankas veikianti vibracija automobilyje yra ženkliai mažesnė už leidžiamą.

SUMMARY

Student Justinas Šimėnas. Influence of Car Wheel Balancing on Vehicle Vibration. Final Master's work. Supervisor assoc. prof. Arūnas Tautkus. The Faculty of technologies and business in Panevėžys Kaunas University of Technology.

Technology science. Vehicle Engineering

Key words: *car vibration, whole body vibration, hand-arm vibration, the daily exposure value, wheel balancing.*

Panevėžys, 2016. 58 p.

Nowadays it is essential to ensure comfort as well as health friendly ride due to progressive demands of spending time in vehicle. All vehicle owners face the wheel balancing issue and thus this problem is very especial for most of the consumers. Various references were analysed in master thesis; moreover, the wheel balancing, impact on vehicle vibrations was examined. AUDI A4 was chosen to conduct the research. Measurements were carried out in various positions of the car. Vibrations in positions such as the floor of the car, the seat, the backrest, the steering wheel and the trunk have been measured by changing speed and wheel imbalance. The research was conducted using two types of tires. Additional weights were affixed in order to activate wheel imbalance. The weight ranged from 25 g to 80 g. Measurements were carried out using vibration meter SVAN 958. According to indicated results the values of vibration are higher while driving with summer tires. In all cases the highest vibration was indicated at the backrest of the seat. It is also visible that the car vibration significantly increases by reaching 100 km/h.

Calculation was made to assess the exposure of the daily vibration while running 1,2 or 4 hours. The complete calculations featured that the vibration in the car which has influence on hands is significantly lower it is permissible.

TURINYS

TURINYS	7
SIMBOLIŲ, SANTRUMPŲ AIŠKINAMASIS ŽODYNAS.....	9
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	10
ĮVADAS	12
1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APŽVALGA	13
1.1. Vibracijos samprata	13
1.2. Vibracijos šaltiniai automobilyje	16
1.3. Vibracijos keliami žala žmogui	17
1.4. Virpesių keliami žala automobiliui	21
1.5. Ratų balansavimas	22
1.6. Ratų disbalansas.....	22
1.7. Ratų balansavimo įranga.....	25
1.8. Padangų ženklavimas spalvomis	26
2. TYRIMŲ TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	27
3. TYRIMŲ METODIKA	28
3.1. Tiriamasis objektas.....	28
3.2. Matavimų įranga	29
3.3. Papildoma įranga.....	31
3.4. Tyrimo eiga	33
4. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI.....	34
4.1. Vibracijos matavimas važiuojant žieminėmis bei vasarinėmis padangomis	34
4.2. Vibracijos kasdieninės veikimo vertės nustatymas	46
4.2.1. Visą kūną veikianti vibracija važiuojant vasarinėmis padangomis	46
4.2.2. Rankas veikianti vibracija važiuojant vasarinėmis padangomis.....	49
4.2.3. Visą kūną veikianti vibracija važiuojant žieminėmis padangomis	51

4.2.4 Rankas veikianti vibracija važiuojant žieminėmis padangomis.	53
IŠVADOS	56
ŠALTINIAI.....	57
PRIEDAI.....	59

SIMBOLIŲ, SANTRUMPŲ AIŠKINAMASIS ŽODYNAS

Simboliai:

a – virpesių pagreitis, m/s²;

T_i – operacijos trukmė s;

T_0 – 8 valandų darbo laiko trukmė sekundėmis, lygi 28800 s;

f – virpėjimų dažnis Hz;

Santrumpos:

WBV – (whole body vibration) – visą kūną veikianti vibracija;

HAV – (hand arm vibration) – rankas veikianti vibracija;

A(8) – kasdieninio vibracijos veikimo vertė;

JASR – jungiamojo audinio ir skeleto – raumenų sistema;

LR – Lietuvos Respublika;

LSD – Lietuvos statistikos departamentas;

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Vibracijos veikimo kryptys.....	12
1.2 pav. Per rankas veikiančios vibracijos matavimo kryptys.....	12
1.3 pav. Mechaninės vibracijos veikimo į žmogų (darbuotoją) sistemoje „žmogus – mašina“ schemos.....	13
1.4 pav. Padangos nudilinimo schema.....	14
1.5 pav. Ratų keliamą vibraciją.....	15
1.6 pav. Žmogaus atskirų kūno dalių savasis (rezonansinis) dažnis.....	15
1.7 pav. Žalingas poveikis žmogaus organizmui.....	16
1.8 pav. Ligų, sukeltų dėl vibracijos, skaičius.....	17
1.9 pav. Vibracinių ligų procentinė dalis nuo visų profesinių ligų susirgimo atvejų.....	17
1.10 pav. Virpesių poveikio įvertinimas įvertinant poveikio trukmę.....	19
1.11 pav. Ratų balansavimo staklės.....	20
1.12 pav. Ratų statinis ir dinaminis disbalansas.....	21
1.13 pav. Padangų lengviausios ir sunkiausios vietos žymėjimas.....	24
3.1 pav. Tyrimų automobilis AUDI A4.....	26
3.2 pav. Vibracijos matuoklis SVAN 958.....	28
3.3 pav. Visą kūną veikiančios vibracijos matavimo ašys.....	29
3.4 pav. John bean B9100 ratų balansavimo staklės.....	30
3.5 pav. Bandymų atlikimo vietos automobilyje.....	32
4.1 pav. Virpesiai automobilio grindyse važiuojant su žieminėmis padangomis.....	32
4.2 pav. Bandymas su vasarinėmis R16 padangomis.....	33
4.3 pav. Virpesiai automobilio grindyse su vasarinėmis padangomis.....	33
4.4 pav. Vibracijos matavimas sėdynėje.....	34
4.5 pav. Virpesiai automobilio sėdynėje važiuojant su žieminėmis padangomis.....	34
4.6 pav. Virpesiai automobilio sėdynėje važiuojant vasarinėmis padangomis.....	35
4.7 pav. Virpesiai automobilio sėdynės atloše važiuojant su žieminėmis padangomis.....	36
4.8 pav. Virpesiai automobilio sėdynės atloše važiuojant su vasarinėmis padangomis.....	37
4.9 pav. Vibracijos matavimas vairaratyje.....	38
4.10 pav. Virpesiai automobilio vaire važiuojant su žieminėmis padangomis.....	38
4.11 pav. Virpesiai automobilio vaire važiuojant su vasarinėmis padangomis.....	39
4.12 pav. Virpesiai automobilio bagažinėje važiuojant su žieminėmis padangomis.....	40
4.13 pav. Virpesiai automobilio bagažinėje važiuojant su vasarinėmis padangomis.....	41

4.14 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 50 km/h greičiu.....	42
4.15 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 70 km/h greičiu.....	42
4.16 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 100 km/h greičiu.....	43
4.17 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 50 km/h greičiu.....	43
4.18 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 70 km/h greičiu.....	44
4.19 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 100 km/h greičiu.....	44
4.20 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.....	45
4.21 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.....	46
4.22 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 100 km/h greičiu.....	47
4.23 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.....	48
4.24 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.....	48
4.25 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai važiuojant 100 km/h greičiu.....	49
4.26 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.....	50
4.27 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.....	50
4.28 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.....	51
4.29 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.....	52
4.30 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.....	52
4.31 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 100 km/h greičiu.....	53

IVADAS

Automobilyje kylantys virpesiai yra žalingas reiškinys. Dažnai lyg iš niekur salone juntami nemalonūs virpesiai ar pradėjęs vibruoti vairas. Vibracija yra labai žalingas veiksnys žmogaus sveikatai, todėl siekiama užtikrinti kuo mažesnę jos vertę, jaučiamą automobilyje. Visiems darbuotojams privaloma suteikti darbo vieta ir darbo vietų aplinka turi atitikti įstatymus ir darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų reikalavimus. Darbo vietos turi būti įrengtos taip, kad jose dirbantys darbuotojai būtų apsaugoti nuo galimų traumų [1]. Analizuojant automobilį kaip darbo vietą, tai viena pavojingiausių dėl keleto priežasčių:

1. Profesinės ligos rizika;
2. Nelaimingo atsitikimo rizika.

Pagrindiniai kenksmingi ir pavojingi profesinės rizikos veiksniai darbo vietose, kurie lemia darbuotojų sveikatą: cheminiai, fizikiniai, biologiniai, ergonominiai, psichosocialiniai ir fiziniai.

Remiantis Valstybinės darbo inspekcijos duomenimis, 83,7 % profesinių ligų sukėlė triukšmas bei vibracijos. Iš fizikinių veiksnių sukeltų profesinių ligų skaičiaus net 64 % sudaro visą kūną ir rankas veikianti vibracija. Šios problemos nustatomos vairuotojams ir kilnojamųjų įrenginių operatoriams ekskavatorininkams, traktorininkams, buldozerininkams, kranininkams. Jiems nustatyta 74,6 % visų profesinių ligų.[2]

Visą kūną ir rankas veikianti vibracija pasireiškia automobilyje, kai besisukančios detalės yra nesubalansuotos, ir taip perduodami virpesiai į kėbulą bei vairą. Šie skaičiai gana nepalankūs transporto sektoriui, todėl šiame darbe aiškinsiuosi, dėl kokių priežasčių kyla virpesiai automobilyje, taip pat kokią įtaką bendrajai automobilio vibracijai turi ratų keliami virpesiai.

Darbo tikslas: Ištirti automobilio ratų balansavimo įtaką transporto priemonės virpesiams.

Darbo uždaviniai:

1. Aprašyti vibracijos sąvoką, automobilio vibracijos šaltinius.
2. Aprašyti ratų balansavimą, balansavimo būdus.
3. Nustatyti, kokią įtaką turi ratų balansavimas kylantiems virpesiams automobilio salone bei vairartyje.
4. Nustatyti, ar veikiantys virpesiai neviršija leidžiamų normų.

1. INFORMACIJOS ŠALTINIŲ APŽVALGA

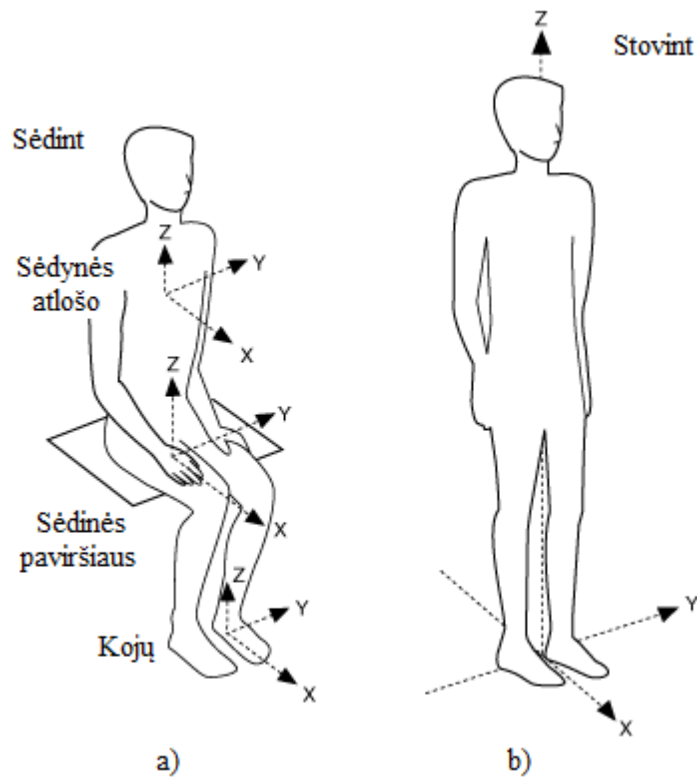
1.1. Vibracijos samprata

Vibracija yra kieto kūno pasikartojantys judesiai apie pusiausvyros padėtį. Žmogus jaučia iki 8 000 Hz dažniu virpančius kūnus. Dažniausiai susiduriama su 20–200 Hz diapazono virpesiais. Vibracijos priežastis – neproporcingas periodinis jėgos poveikis sistemoje.[3] Pagrindiniai vibracijų kilimo šaltiniai – mechanizmų besisukančių detalių disbalansas, smūginių bei vibracinių procesų taikymas gamyboje ir statybose. Virpesius gali sukelti daugelis kasdien naudojamų instrumentų.

Didžioji dalis jų naudojami statybos bei remonto darbams atlikti. T. y. elektriniai grąžtai, pneumatiniai įrankiai, kūjai, šlifavimo prietaisai. Didelė problema transporto priemonių keliamoje vibracija, ją patiria kone kiekvienas ją valdantis asmuo. Su vibracija susiduria betono ir gelžbetonio įmonių, kelių remonto darbininkai, sunkvežimių ir vilkikų vairuotojai, lengvųjų automobilių vairuotojai, ekskavatorininkai, kranininkai, miško pjovėjai, metalų apdirbėjai ir kiti darbuotojai. Pagrindiniai dydžiai, apibūdinantys vibraciją, yra šie:

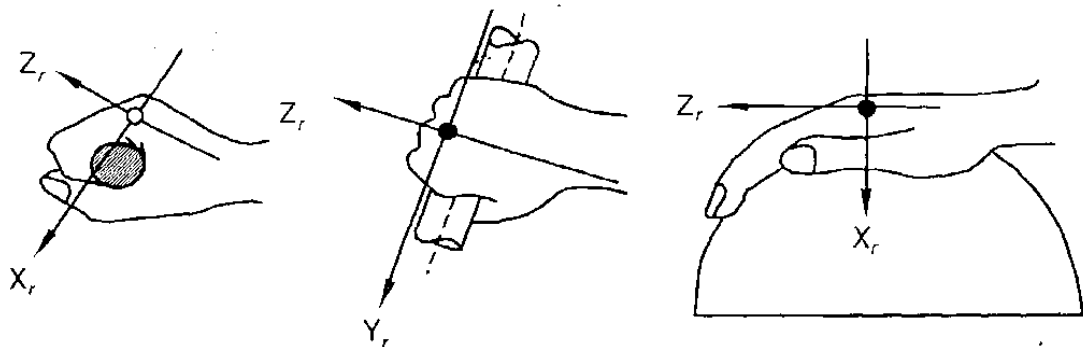
- amplitudė; $A[m]$
- dažnis; $f[Hz]$
- periodas; $T [s]$
- greitis; $v[m/s]$
- pagreitis; $a [m/s^2]$

Pagal veikimo į žmogų pobūdį vibracija skirstoma į bendrąją, veikiančią per pagrindinius atraminius paviršius, ir rankas veikiančią vibraciją. Visą kūną veikiančią vibraciją arba sutrumpintai WBV – perduodami į visą kūną kenksmingi darbuotojo sveikatai ir saugai mechaniniai virpesiai, ypač sukeltantys nugaros apatinės srities negalavimus ir stuburo pažeidimus. Visą kūną veikiančios vibracija yra ypatingai žalinga žmogaus organizmui bei apima virpesius, kurie veikia pagrindinius atraminius paviršius. Tai yra per sėdynę ir sėdynės atlošą, kai asmuo sėdi kėdėje. Taip pat per padus, kurie liečiasi su grindimis. Kai dirbama stovint – vibracija veikia į visą organizmą per kojas, jeigu sėdint – per dubenį ir stuburą. Veikimo x, y, z ašimis schema pateikta 1.1 paveiksle. [5]



1.1 pav. Vibracijos veikimo kryptys: a) žmogui sėdint ar b) stovint [5].

Rankas veikianti vibracija, arba sutrumpintai HAV, – veikiant mechaniniams virpesiams, į perduodama vibracija, kuri kenkia žmogaus sveikatai [6]. Rankas veikiančios vibracijos kryptys, matuojamos trimis (x, y, z) koordinačių ašimis, pavaizduotos 1.2 paveikslėlyje.

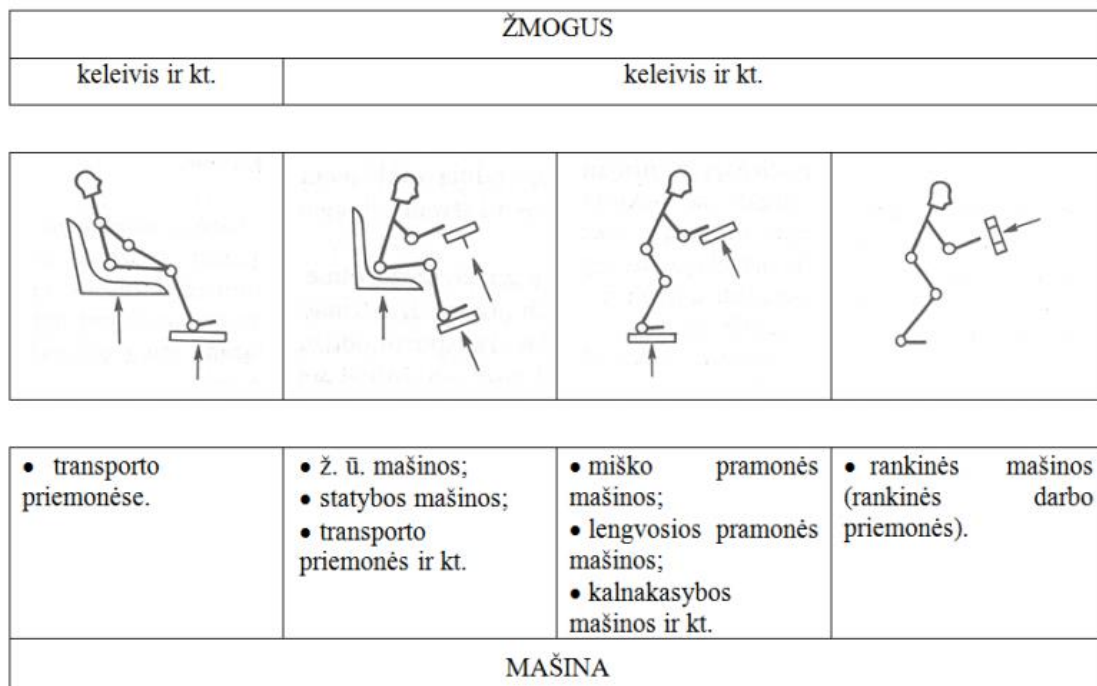


1.2 pav. Per rankas veikiančios vibracijos matavimo kryptys

Vibracijos veikiančios per rankas žalingas poveikis yra tam tikro poslinkio. Nustatyta, kad kenksmingiausia yra žemesniųjų dažnių sritis iki 250 Hz. Daroma prielaida, kad žemas dažnis pavojingesnis nei vidutinis ar aukštas dažnis, nes žemas vibracijos dažnis sukelia neigiamą poveikį darbuotojo sveikatai [7].

Atsižvelgiant į darbo rūšį ir vietą, vibracija gali veikti tik vieną ranką arba vienu metu abi rankas, ir ji gali būti perduodama per plaštaką ir per ranką iki peties. Intensyviau vibracija perduodama į operatoriaus rankas iš vibruojančių nešiojamųjų ar rankomis valdomų mašinų [6].

Ypač pavojingas sveikatai techniškai netvarkingas automobilis. Vairuotojas, sėdintis automobilio kėdėje, patiria viso kūno, o liesdamas vairaratį ir per rankas veikiančias vibracijas. Todėl siekiant nustatyti, ar vairuotojui nėra kenkiama sveikatai, privaloma ištirti automobilyje veikiančius virpesius ir palyginti gautas reikšmes su nustatytais leistinomis ribomis. Paveikslėlyje 1.3 pavaizduoti vibracijų šaltiniai atsižvelgiant į valdomo transporto rūšį.



1.3 pav. Mechaninės vibracijos veikimo į žmogų (darbuotoją) sistemoje „žmogus – mašina“ schemas

1.2. Vibracijos šaltiniai automobilyje

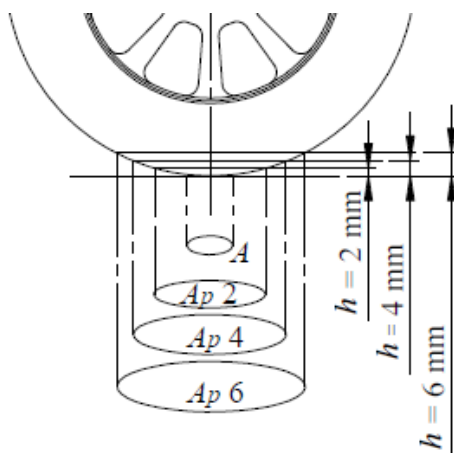
Automobilis - tai transporto priemonė, kuri gali judėti gana dideliu greičio diapazonu. Standartiniai automobiliai gali pasiekti ir 250 km/h greitį. Dėl šios priežasties automobilis turi būti labai stabilus, bei turintis gerą sukibimą su kelio danga. Pagrindiniai vibracijos šaltiniai automobilyje:

- Vidaus degimo variklis

Vidaus degimo variklyje besisukančios dalys skleidžia virpesius, jie gali sustiprėti, jei variklis techniškai netvarkingas.

- Staigus ratų užblokavimas [26.]

Susidarius situacijai kai tenka užblokuoti ratus, subyrėjus rato guoliui gali būti pažeidžiama padanga, kurią toliau eksploatuojant skleidžia virpesius. Tai galime pamatyti 1.4 pav. Šiuo atveju kyla statinis disbalansas, ratas pradeda šokinėti, taip sukeldamas virpesius.



1.4 pav. Padangos nudilinimo schema: A – nepažeistos padangos pėdsako plotas; A_p – pažeistos padangos pėdsako plotas; h – padangos nudilimo gylis [26].

- Rato tvirtinimo klaidos

Necentriškai priveržus ratus, kils vibracijos, kurios yra žalingos transporto priemonei bei žmonėms.

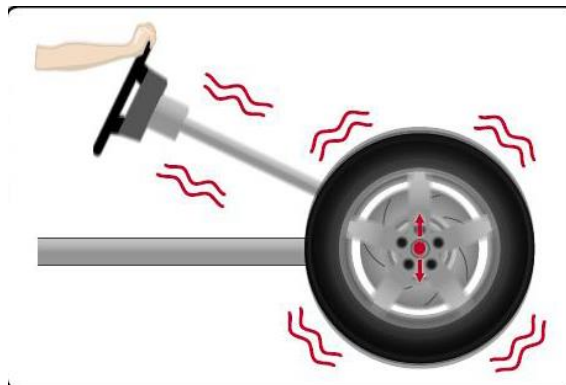
Yra du ratų centravimo būdai:

- Pagal automobilio stebulės iškyšą rato centrinė skylė yra tikslus rato centras.
- Pagal varžtų smeigių skyles ratas centruojamas varžtais veržlėmis.

Dauguma originalių ratų centruoti stebulės iškyša, t. y. jų centrinė skylė pagaminta labai tiksliai tam tikram automobilio modeliui. Didžioji dalis parduotuvėse pirktų ratlankių ratlankių centruoti varžtų skylėmis.[8]

- Neatliktas ratų balansavimas

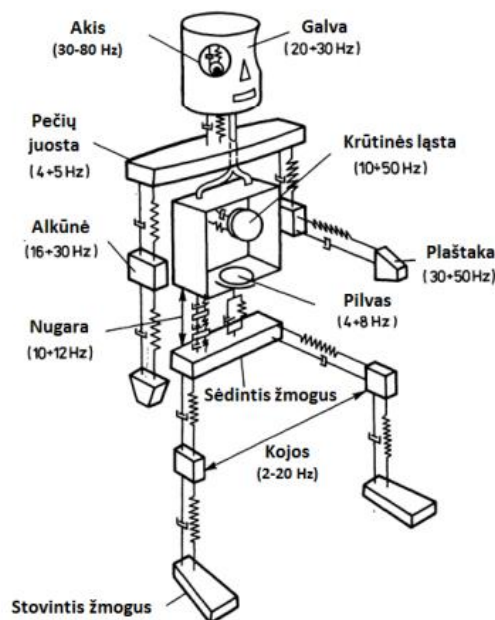
Viena dažniausiai pasitaikančių problemų dėl vibracijų atsiradimo yra nesubalansuoti ratai. Tai gali atsitikti pametus svarelius ar deformuojant ratą, dėl to juntami virpesiai vairaratyje.



1.5 pav. Ratų keliamo vibracija

1.3. Vibracijos keliamo žala žmogui

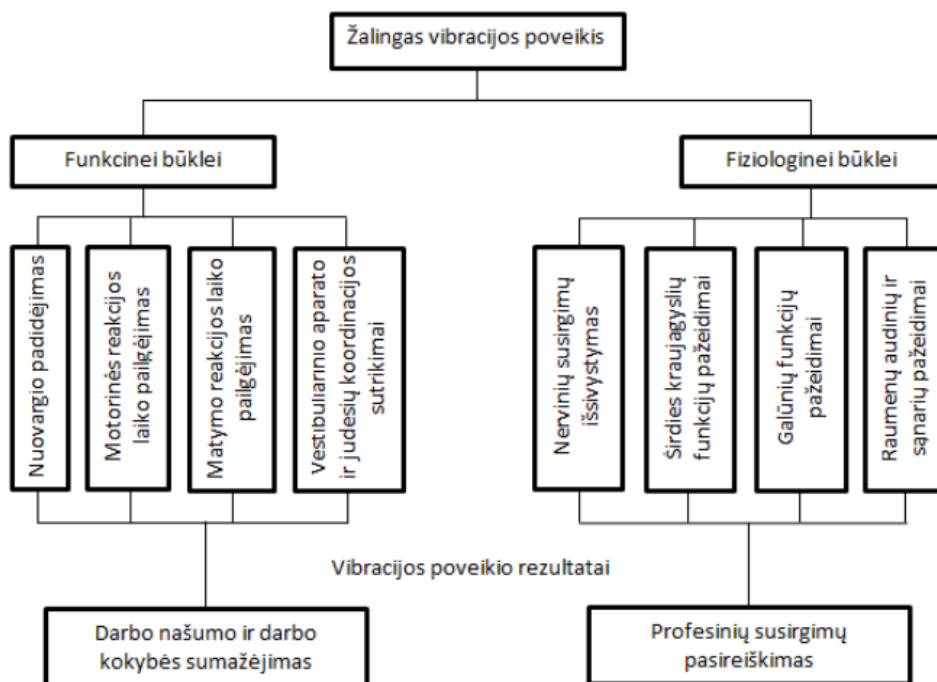
Mūsų vidaus organai turi savuosius virpėjimų dažnius, todėl ypač pavojinga, kai žmogaus organų dažnis sutampa su priverstiniais virpesiais, kuriuos žmogus priima. Kaip matome pagal paveikslą, žmogaus atskirų kūno dalių savasis dažnis gali kisti nuo 2 iki 80 Hz žr. 1.6 pav.



1.6 pav. Žmogaus atskirų kūno dalių savasis (rezonansinis) dažnis.

Mašinų operatoriai ypatingai privalo saugotis vibracijos. Kadangi šiuos žmones virpesiai veikia nuolat, tai rizika susirgti vibracine liga labai išauga. Šios ligos padariniai gali sukelti nervų galūnių pažeidimus, kraujotakos sutrikimus.

Raumenų ir kaulų sistemos sutrikimai – tai raumenų, sąnarių, sausgyslių, raiščių, nervų arba vietinės kraujotakos sutrikimai, kuriuos sukelia arba pablogina, visų pirma, darbas ir aplinkos, kurioje dirbama, poveikis. Dauguma su darbu susijusių raumenų ir kaulų sistemos sutrikimų yra kumuliaciniai sutrikimai, kurie atsiranda dėl ilgą laiką kartotinio didelės arba nedidelės jėgos naudojimo. Raumenų ir kaulų sistemos sutrikimai daugiausia apima nugarą, kaklą, pečius ir viršutines galūnes, tačiau taip pat gali apimti ir apatines galūnes. Kai dirbama rankomis, susitraukia įvairios kaklo, pečių, rankų ir plaštakų raumenų grupės. Kuo daugiau jėgos reikia eikvoti, dirbant su tam tikrais objektais, tuo stipresnę apkrovą patiria tam tikri kūno raumenys. Nors kartais sprando ir viršutinių galūnių sutrikimai atsiranda dėl intensyvaus didžiulės jėgos naudojimo, daugiausia jie pasireiškia dėl kartotinio, gana nedidelės jėgos naudojimo ilgą laiką. Tai gali sukelti raumenų nuovargį, nedideles kaklo ir galūnių minkštųjų audinių traumas bei sprando ir viršutinių galūnių sutrikimus. Visi neigiami vibracijos padariniai išvardyti 1.7 pav.[10].



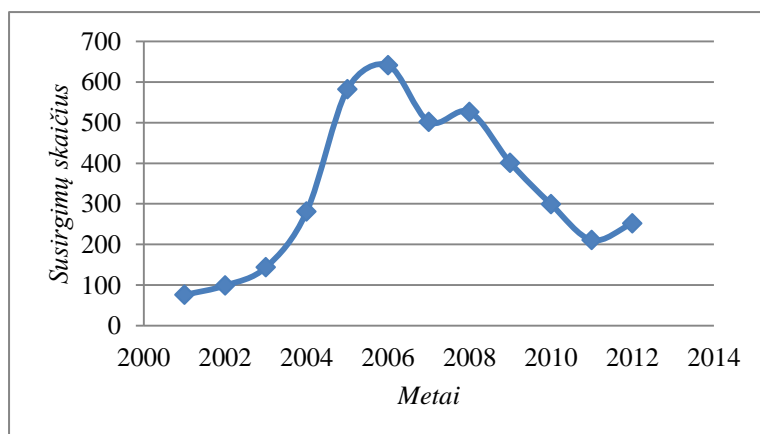
1.7 pav. Žalingas poveikis žmogaus organizmui.[11]

Remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, galima matyti, kiek profesinės ligos atvejų užfiksuojama kasmet dėl vibracijos padarytos žalos. Profesinės ligos skirstomos į šias grupes:

- Infekcinės ir parazitinės ligos;
- Nervų sistemos ir jutimo organų ligos;
- Kvėpavimo sistemos ligos;

- Odos ir poodžio ligos;
- Jungiamojo audinio ir skeleto-raumenų sistemos ligos (JASR);
- Traumos, apsinuodijimai ir kiti išorinių priežasčių padariniai;
- Kitos ligos.

Pasinaudojus LSD duomenimis, galima matyti, kiek profesinės ligos susirgimų užregistruota Lietuvoje. Tai grafiškai pavaizduota 1.8 pav.



1.8 pav. Ligų, sukeltų dėl vibracijos, skaičius. [12]

Kaip matyti iš pateikto grafiko, daugiausia susirgimų užfiksuota 2006 metais. susirgimų skaičius ženkliai sumažėjo, tačiau 2012 metais vėl pradėjo didėti ir siekė 252 susirgimus.

Siekdami išsiaiškinti kokią, užfiksuotų profesinių ligų dalį sudaro vibracijos sukeltos ligos, pasinaudojus Lietuvos statistikos departamento duomenimis, tai pavaizduosime grafiškai 1.9 pav.



1.9. pav. Vibracinių ligų procentinė dalis nuo visų profesinių ligų susirgimo atvejų.

Kaip matyti iš grafikų, nors JASR ligų nuo vibracijos poveikio daugiausia buvo 2006 metais, o kitais metais jų skaičius mažėja, tačiau vibracinių ligų santykis su kitomis profesinėmis ligomis gana ženkliai didėja. Remiantis LSD duomenimis [11], 2001 metais jungiamojo audinio ir skeleto-raumenų sistemos ligų užfiksuota 76 atvejai, o iš viso profesinių ligų 570 susirgimo atvejų, ir tai sudaro 13 % susirgimų. Tuo tarpu 2012 metais užfiksuoti 393 profesinės ligos susirgimai, iš kurių net 252 vibracijos sukeltos ligos. Tai sudaro net 64 % visų susirgimų.

Pagal nuostatus [18], rankas veikiančios vibracijos ribinė kasdienio veikimo vertė, paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei, neturi viršyti 5 m/s^2 , o kasdienio veikimo vertė darbo procese, paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei, neturi viršyti $2,5 \text{ m/s}^2$. Tuo tarpu visą kūną veikiančios vibracijos ribinė kasdienio veikimo vertė, paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei, neturi viršyti $1,15 \text{ m/s}^2$ bei kasdienio veikimo vertė darbo procese, paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei, neturi viršyti $0,5 \text{ m/s}^2$.

Nagrinėjant automobilių virpesių keliamą žalą literatūroje pateikiama metodika, kaip ją nustatyti.

Automobiliu važiavimo komfortas vertinamas pagreičio vidutine kvadratine reikšme:

$$a_{vkr} = \sqrt{\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} a^2(t) dt} \quad (1.1)$$

$a(t)$ – svertinis pagreitis (slenkamasis judesys, m/s^2 ar sukamasis judesys, rad/s^2). Pagal gautą pagreičio vidutinę kvadratinę reikšmę a_{vkr} ir virpesių trukmę $T = t_2 - t_1$, panaudojant standartą ISO 2631 (1997), nustatoma leidžiama virpesių trukmė. [18]

Vertikalių virpesių poveikis žmogaus organizmui nustatomas parametru K:

$$K = 10a_{vkr}\sqrt{f}, \quad \text{kai } 1 < f \leq 4 \quad (1.2)$$

$$K = 20a_{vkr}, \quad \text{kai } 4 < f \leq 8 \quad (1.3)$$

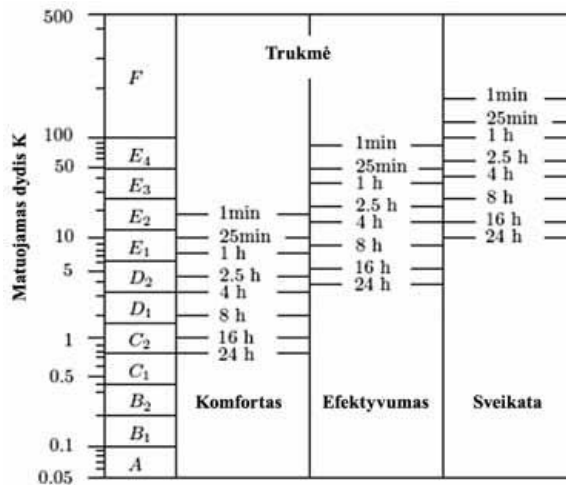
$$K = \frac{160a_{vkr}}{f} \quad \text{kai } 8 < f \leq 80 \quad (1.4)$$

Horizontalių virpesių poveikis žmogaus organizmui nustatomas:

$$K = 28a_{vkr}, \quad \text{kai } 1 < f \leq 2 \quad (1.5)$$

$$K = \frac{56a_{vkr}}{f}, \quad \text{kai } 2 < f \leq 80 \quad (1.6)$$

Pagal duotas formules apskaičiuotos K reikšmės kelių transporte turi būti $2 < K < 10$. Šiose ribose vairuotoją veikia virpesiai kurie nėra pavojingi. Paveiksle 1.10 pavaizduota K dydžio intervalai.



1.10 pav. Virpesių poveikio įvertinimas įvertinant poveikio trukmę.

1.4. Virpesių keliamo žala automobiliui

Veikiant vidaus degimo varikliui vibracijos automobilyje išvengti nepavyks. Šiuolaikiniuose automobiliuose stengiamasi kuo daugiau išbalansuoti variklyje judančias dalis, kad jos nekeltų žalingų virpesių, tačiau visiškai panaikinti jų, niekaip nepavyksta. Virpesiai automobilyje taip pat kyla jam važiuojant keliu, ypač kai jis dar ir nelygus. Veikiant virpesiams, automobilio tam tikri mazgai gali prarasti darbingumą, greičiau dėvėsi detalės. Dažnas atvejis, kai dėl didelių virpesių gali pasireikšti metalų, bei kitų eksploatacinių medžiagų nuovargis, dėl to trūkinėja kėbulas, laikantieji kronšteinai bei kitos dalys. Kone dažniausias vibracijos šaltinis automobilyje yra ratai. Esant nesubalansuotiems ratams kyla virpesiai, kurie dažniausiai labiausiai pasijaučia važiuojant 80 km/h ir didesniu greičiu. Nesprendžiant šios problemos padidėja tikimybė, kad iškils šios problemos:

- Automobilio padangos greitai arba netolygiai nusidėvės
- Kenkiama automobilio valdymo komponentams
- Vairavimas taps sunkesnis, automobilis gali būti nestabilus kelyje
- Žymus kuro sąnaudų padidėjimas
- Automobilyje padidės triukšmas

Norint išvengti bereikalingų išlaidų patartina kas 10000 km perbalansuoti ratus. Jei padangos yra pernelyg nusidėvėję privaloma jas keisti naujomis. Dėl vibracijos automobilyje, vairuotojas jaučia diskomfortą, o to išvengti gali padėti tinkamai prižiūrimas automobilis. Taip pat svarbus dalykas yra padangų slėgis. Būtina užtikrinti reikiamą padangų slėgį, kitu atveju gali greičiau dėvėtis padangos, padidėti vibracija automobilyje.

1.5 Ratų balansavimas

Automobilio ratų subalansavimas – tai jo pusiausvyros išlyginimas. Atliktas ratų balansavimas užtikrina ilgesnį padangų eksploatavimą bei didesnę komfortą automobilyje. Dėl netinkamai, arba visai nebalansuotų padangų, vairuotojas, bei keleiviai jaučia vibracijas, dėl kurių jie greičiau pavargsta, taip pat tai daro neigiamą įtaką ir automobiliui. Greičiau dėvisi padangos, ir kiti mazgai. Ratus privaloma balansuoti, kas kart po padangos numontavimo ar kitokio ratų remonto darbų. Taip pat, jei pastebima vibracija ar virpėjimas.

Pav. 1.11 pavaizduotos ratų balansavimo staklės.



1.11 pav. Ratų balansavimo staklės

1.6 Ratų disbalansas

Ratų disbalansas – netolygus automobilio rato masės išsidėstymas. Ši problema dažniausiai atsiranda dėl rato sudedamųjų dalių nesimetriškumo. Su šia problema susiduria visi automobilio vairuotojai. Šios bėdos sprendimas nėra sudėtingas, tačiau apsilankyti servise teks. Neskyrus šiam nesklandumui pakankamai dėmesio, galima sulaukti rimtesnių bėdų.

Ratų disbalansas geriausiai jaučiamas važiuojant 80 kilometrų per valandą ar didesniu greičiu. Žinoma, tai priklauso ir nuo paties automobilio, keleivių bei vežamo inventoriaus svorio bei kelio dangos. Dėl šių priežasčių greičio disbalanso pajutimo riba gali skirtis net iki 2 kartų (jei kalbėtume apie greitį).

Disbalanso metu automobilio valdymas ypač suprastėja posūkiuose, kai ratai yra sukami palei posūkio ašį, tokiu atveju juntamas transporto priemonės vibravimas ar „nešimas“ į vieną arba kitą pusę. [14]

Dažnai būna atvejų, kai į atsiradusius virpesius tiesiog nekreipiama dėmesio, dėl neišmanymo kiti nekreipia į ją dėmesio vien todėl, kad automobiliu naudojasi labai retai, tačiau ši problema turi būti sprendžiama, kadangi netvarkomas ratų disbalansas vėliau gali sukelti daug išlaidų reikalaujančių kitų problemų, taip pat tai kenkia ir asmenims kurie naudojami netvarkinga transporto priemone.

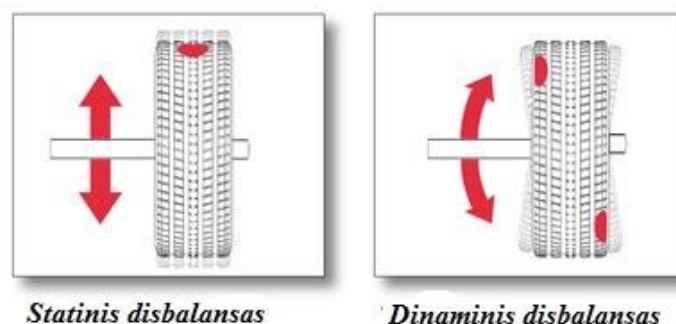
Aptarkime kokios pasekmės galimos laiku nepašalinus problemos:

- Per greitas arba netolygus padangų nusidėvėjimas
- Žala automobilio valdymo komponentams
- Pasunkėjusi vairavimo kontrolė
- Padidėjusios automobilio kuro sąnaudos
- Transporto priemonės keliamo triukšmo padidėjimas

Statinis disbalansas yra arti rato centrinės plokštumos esantis masės netolygumas, kuris sukelia vertikalų šokinėjantį rato judesį. Statinis rato disbalansas gali būti surastas be rato sukimo. Jeigu mes balansuotume ratą statinėje programoje, tai išsvertume tikrai vieną jėgos dedamąją, todėl kompiuterinėse balansavimo staklėse statinis balansavimas kartais dar vadinamas vienaplaniu balansavimu. Uždėjus ratą ant balansavimo staklių veleno, sunkiausia jo vieta atsidurs apačioje. Tai reiškia, kad statinį rato disbalansą galime surasti be rato sukimo.

Dinaminis disbalansas yra dvi sunkios rato vietos, kurios išsidėstę įstrižai viena priešais kitą. Automobilio ratas gali būti gerai subalansuotas statiškai, tačiau turės dinaminį disbalansą, nes disbalanso svoriai bus nutolę nuo rato centrinės plokštumos. Subalansavus ratą dinamiškai, jis tampa subalansuotas ir statiškas.

Dinaminis disbalansas sukelia rato svyravimą, dėl to vibruoja vairas.[14]






1.12 pav. Ratų statinis ir dinaminis disbalansas



Kaip matome pagal paveikslą 1.12 statinį disbalansą dažniausiai sukelia masės pasikeitimas ant protektoriaus dalies. Kaip pavyzdį galime paimti atsiradusį padangos pažeidimą

„gužą“. Atsiradus šiam defektui ratas pradeda skleisti virpesius, kitaip sakant ratas šokinėja. Tokiu būdu per kėbulą yra perduodami virpesiai, pagal kurios vairuotojas turėtų nuspręsti, jog yra pažeidimas ir kaip galima greičiau jį pašalinti.

Dinaminis disbalansas geriausiai jaučiamas per vairą. Paveiksle 1.12 pavaizduota kaip esant dinaminiam disbalansui, ratui sukantis dėl masių skirtumo, jis virpa, taip perduodamas vibraciją į vairą, bei vairuotojo rankas. Dažniausiai ši bėda atsiranda pažeidus ratlankį ar padangą, dėl ko pasikeičia rato masių dinamika. Šio magistro darbo pagrindinis uždavinys yra nustatyti kaip kinta vibracijos automobilyje, keičiant dinaminio disbalanso dydį.

1.7 Ratų balansavimo įranga

<p>Ratų balansavimo staklės B9755</p>  Ateck Professional B9755 wheel balancer. It is a red machine with a black protective cover over the wheel. It features a digital display screen and a control panel. The machine is designed for precise wheel balancing.	<p>Šiomis staklėmis galime išbalansuoti ratus. Užmontavus padangą būtina ratą išbalansuoti, nes kitaip bus juntamos vibracijos.</p>
<p>Atek Professional DIGITAL 5200 ratlankių lyginimo staklės</p>  Ateck Professional DIGITAL 5200 rim trueing machine. It is a red machine with a black frame. It has a digital display and a control panel. The machine is used for trueing and balancing wheel rims.	<p>Šios staklės skirtos ratlankių lyginimui, po to, kai jis prieš tai buvo mechaniškai deformuotas. Šis procesas būtinas norint tinkamai išbalansuoti ratus.</p>
<p>Replės ratų balansavimo svareliams VS0361</p>  Ateck Professional VS0361 wheel weights. They are red-handled pliers used for applying and removing wheel weights from the rim.	<p>Jos skirtos seniems svareliams nuimti ir naujiems uždėti.</p>

<p>Pakabinami svareliai presuotiems ir lietiems diskams</p> 	<p>Šie svareliai skirti ratu balansavimui. Atlikus ratų balansavimą staklės parodo kiek ir kurioje vietoje reikia svorio.</p>
<p>Klijuojami svareliai</p> 	<p>Šie svareliai dažniausiai klijuojami ant lengvo lydinio ratų.</p>

1.8 Padangų ženklėjimas spalvomis

Nusipirkus naujas padangas dažniausiai ant jos būna spalvoti taškai. Jų pagalba automobilio ratus išbalansuoti galima naudojant mažiau pastangų, bei resursų. Dažniausiai tai apie 10 mm skersmens dėmelės ant išorinio padangos paviršiaus. Būna pačių įvairiausių spalvų, bet labiausiai paplitusios geltonos, baltos, žalios ir raudonos. Paprastai geltona arba balta spalva žymimos lengviausios padangos zonos. Pažymėtą vietą rekomenduojama suderinti su disko ventiliu; tokiu atveju ratas lengviau balansuos ir jam reiks mažiau balansyrų. Jeigu balta/geltona dėmelė ir ventilis bus idealiai suderinti, galima bus išsiversti ir be balansyrų.

Raudonų dažų dėmelė žymi storią ir sunkią padangos vietą, kuri turėtų atsidurti toliausiai nuo ventilio.[15] Tinkamai suderinus svorius, galima tikėtis, jog papildomų svarelių gali ir nereikėti, o tai ženkliai supaprastina ratų balansavimo procesą. Padangų žymėjimo pavyzdys pavaizduotas 1.13 paveiksle.



1.13 pav. Padangų lengviausios ir sunkiausios vietos žymėjimas.

2. TYRIMŲ TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

Tyrimų tikslas – ištirti ir įvertinti kokią įtaką turi ratų balansavimas transporto priemonės virpesiams.

Tyrimo uždaviniai:

1. Sudaryti tyrimo metodiką
2. Nustatyti vibracijos vertę automobilio salone bei vairaratyje, esant dinaminiam ratų disbalansui.
3. Įvertinti ar esama vibracija neviršija leistinų normų.
4. Atlikti vibracijos matavimus automobilyje tikromis sąlygomis.

3. TYRIMŲ METODIKA

3.1. Tiriamasis objektas

Tyrimo metu, norint nustatyti ratų balansavimo įtaką automobilyje kylantiems virpesiams bus matuojama vibracija realiame automobilyje audi A4 B5, realiomis važiavimo sąlygomis.



3.1 pav. Tyrimų automobilis AUDI A4.

Automobilio techniniai duomenys:

- | | |
|--|------------------|
| • Gamybos metai | 1996 |
| • Gamintojas | Audi |
| • Modelis | A4 (8D,B5) |
| • Variklis | 1.9 TDI (110 AG) |
| • Kėbulo tipas | Sedanas |
| • Vietų skaičius | 5 |
| • Max. Svoris, kg | 1790 |
| • Variklio darbinis tūris, cm ³ | 1896 |
| • Variklio galia KW | 81 |
| • Kuro padavimo sistema | Dyzelinas |
| • Vidutinės kuro sąnaudos,
l/100km | 4.9 |
| • Padangos | 195/65 R 15 |
| • Ratlankiai | 6J [16.] |

Pasirinktas automobilis yra 20 metų senumo, todėl prieš atliekant bandymus bus pamatuota vibracija su tinkamai išbalansuotais ratais, tai atlikus bus aišku kokia dalis virpesių yra nuolatiniai šiame automobilyje. Įvertinus tai bus galima juntamą vibraciją palyginti su kitais naujesniais modeliais.

3.2. Matavimų įranga

Šiame darbe virpesiams kylantiems nuo automobilio ratų disbalanso yra naudojamas 4 kanalų vibracijos ir garso lygio matuoklis – analizatorius SVAN 958 matuojantis iki 20 kHz dažnio garsą ir vibracijas. [3.2pav.]. Prietaisas yra skirtas vibracijos pagreičiui ir greičiui matuoti, ir tokiu būdu įvertinti akustinį triukšmo lygį.

Šis vibracijos matuoklis komplektuojamas SV 39A/L ir SV 50 tipo virpesių vibrojutikliais.



3.2 pav. Vibracijos matuoklis SVAN 958

Vibrojutiklis SV 39A/L naudojamas pamatuoti visą kūną veikiančius virpesius, o SV 50 – rankas veikiančios vibracijos matavimams atlikti. Virpesių tyrimo praktikoje naudojamas spektrinės analizės metodas, išskaidant ištisinį virpesių srautą į elementarias juostas. Spektrams formuoti naudojami juostiniai filtrai, kurių dalis yra 1/3 oktavos. [19]

Techninės charakteristikos:

- Keturių kanalų, 20 kHz realaus laiko lygiagretūs garso lygio ir vibracijos matavimai
- FFT realaus laiko analizė iki 1920 linijų 22,4 kHz diapazone
- 1/1 ir 1/3 oktavos realaus laiko analizės
- Žmogaus kūną veikiančios vibracijos matavimai pagal ISO 8041:2005 standartą, įtraukiant VDV ir MTVV parametrus
- Garso lygio matavimai: I tikslumo klasė pagal IEC 61672:2002

- Akustinio dozometro funkcija
- Garso intensyvumo matavimai
- Aidėjimo (reverberacijos) laiko matavimai
- Signalo įrašymas realiu laiku (Time domain signal recording)
- Patobulintas duomenų kaupiklis galintis įrašinėti iki 12 kintamųjų vienu metu taip pat ir spektrinės analizės rezultatus
- Išorinė USB atmintinė garantuoja beveik neribotas duomenų kaupimo galimybes
- USB 1.1 Host & Client, RS232 ir IrDA sąsajos realaus laiko komunikacijai su kompiuteriu
- Programuojamas integravimo laikas iki 24 val.
- Maitinimas: keturios AA tipo įkraunamos arba įprastos baterijos[20.]

Matuojant šiuo vibracijos matuokliu, jis apskaičiuoja pagreičio vertes atskirose koordinatinių sistemos ašyse, t. y. x, y, z, pav. (3.3). Norint gauti bendrą svertinį pagreitį naudojama 3.1 formulė.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (3.1)$$



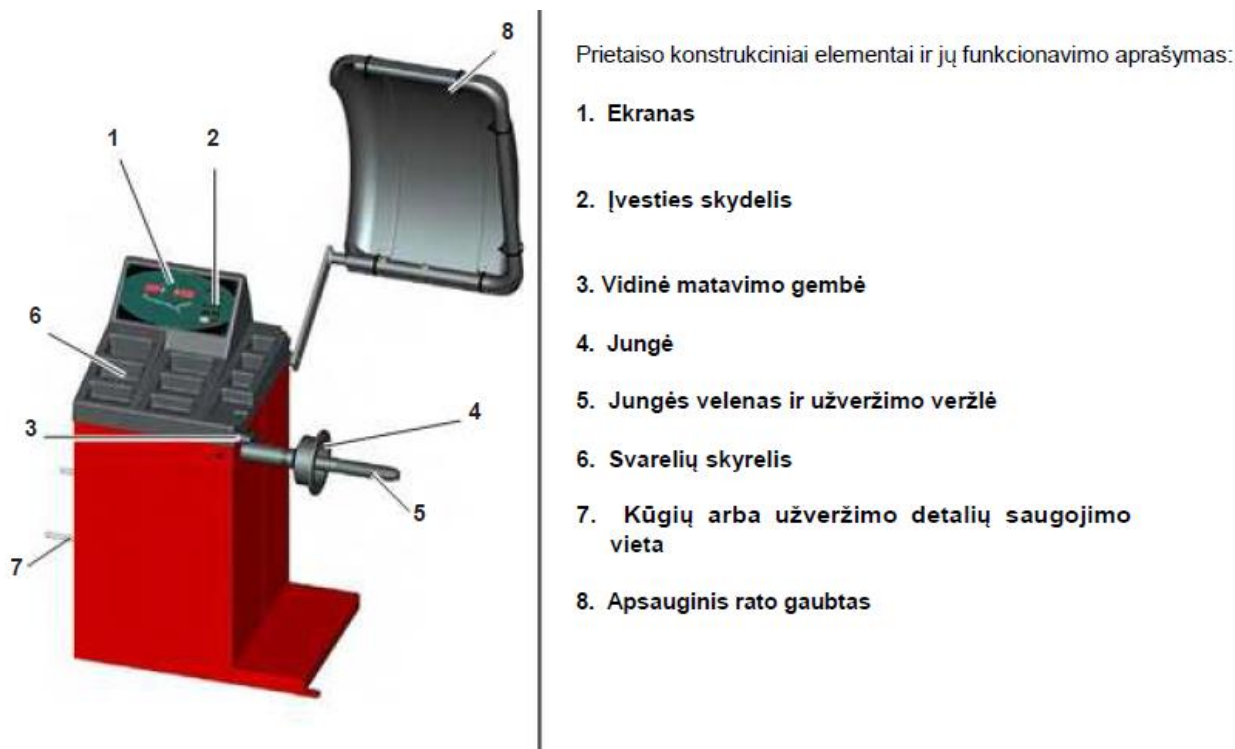
3.3 pav. Visą kūną veikiančios vibracijos matavimo ašys [23]

3.3. Papildoma įranga

Darbe norint imituoti tikrą ratų disbalansą bus naudojamos ratų balansavimo staklės, kurių pagalba nustatomas disbalansas. Disbalansas bus padidintas pritvirtinant kas kart vis didesnę svarelį. Šiam darbui atlikti naudosisime John bean B9100[3.3 pav.] kompiuterines ratų balansavimo stakles.

Šiame ratų balansavimo įrenginyje naudojama ypač moderni technologija, garantuojanti labai patogų darbą patikimu prietaisu. Maži balansuojamo rato sūkliai užtikrina ypač saugų darbą balansavimo įrenginiu. Paprastai naudojamas ekranas ir parametrų įvedimo skydelis pritaikyti greitam ir intuityviam ratų balansavimui. Darbo trukmė sumažinta maksimaliai, tuo pačiu metu pasiekiant didžiausią balansavimo tikslumą.

Šis išmontuotų ratų balansavimo įrenginys skirtas statiniam ir dinaminiam lengvųjų automobilių lengvų ir sunkių sunkvežimių ratų, kurių parametrai atitinka techniniuose duomenyse nurodytus parametrus, statiniam ir dinaminiam balansavimui.



3.4 pav. John bean B9100 ratų balansavimo staklės.

Techninės charakteristikos:

Maitinimo įtampa:

Maitinimo įtampa 220/240 V~, 50/60 Hz, 1 fazė

Naudojama srovė 1,5 A

Variklio nominali galia 0,22 KW

Matavimai:

Matavimo trukmė 7 sek.

Matavimo sūkliai 200 aps./min.

Perslinkimas 0 - 250 mm

Masės raiška 1/5 g arba 0,05/0,25 uncijos

Rato matmenys:

Maksimalus plotis 500 mm

Maksimalus skersmuo 1016 / 880 mm

Maksimali masė 65 kg

Ratlankio plotis 25 - 407 / 1 - 16 mm /”

Ratlankio plotis (dinaminis) 76 - 407 / 3 - 16 mm /”

Ratlankio skersmuo 305 - 560 / 12 - 22 mm /”

Velenas:

Pagrindinio veleno skersmuo 40 mm

Matmenys:

Masė 80 kg

Tiekimo masė 96 kg

Matmenys (aukštis x gylis x plotis) 1633 x 1111 x 1036 mm

Tiekimo matmenys 1145 x 1120 x 1060 mm

Kiti duomenys:

Triukšmo lygis <70 db(A)[21.]

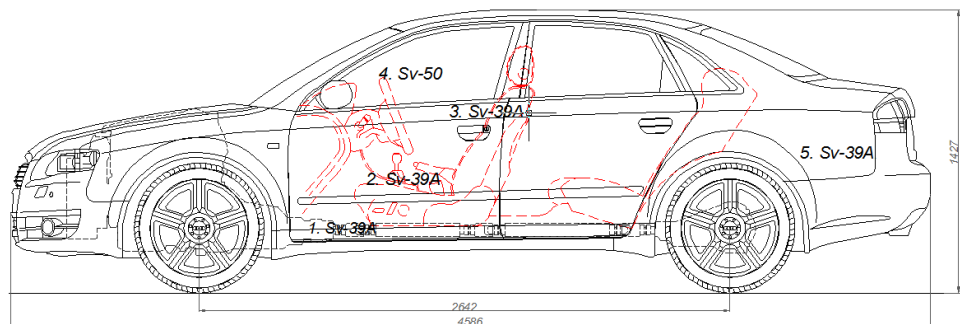
3.4. Tyrimo eiga

Tiriamasis bandymas buvo atliktas važiuojant asfaltuotu keliu, ir matuojant vibracijas skirtingose automobilio vietose, t. y. automobilio grindyse, ant sėdynės, sėdynės atlošo bagažinėje ir vaire. Bandymas atliktas kelio atkarpoje Vaivada - Paliūniškis. Matavimai atlikti važiuojant skirtingais greičiais, pradedant 50 km/h tada 70km/h ir 100km/h. Pasirinktas kelio ruožas yra 2 km. ilgio. Kiekvienas bandymas atliktas toje pačioje kelio atkarpoje. Siekiant imituoti ratų disbalansą ant automobilio ratų buvo pritvirtinti papildomi svareliai. Pirmą bandymų seriją atlikta su žieminėmis R15 padangomis, norint įvertinti padangų tipą, bei sezoniškumo įtaką automobilio virpesiams bandymas su skirtingais svoriais pakartotas su R16 vasarinėmis padangomis, sumontuotomis ant lietuvių ratų. Visi šie bandymai buvo atlikti po du kartus ir iš gautų rezultatų išvestas geometrinis vidurkis. Bandymai buvo atliekami tokia tvarka:

1. Priekinių ratų disbalansas 25g.
2. Priekinių ratų disbalansas 45g.
3. Priekinių ir galinių ratų disbalansas 45g.
4. Priekinių ir galinių ratų disbalansas 55g.
5. Priekinių ir galinių ratų disbalansas 80g.

Vibracijos jutiklių išdėstymo schema pateikta 3.5 pav.

AUDI A4



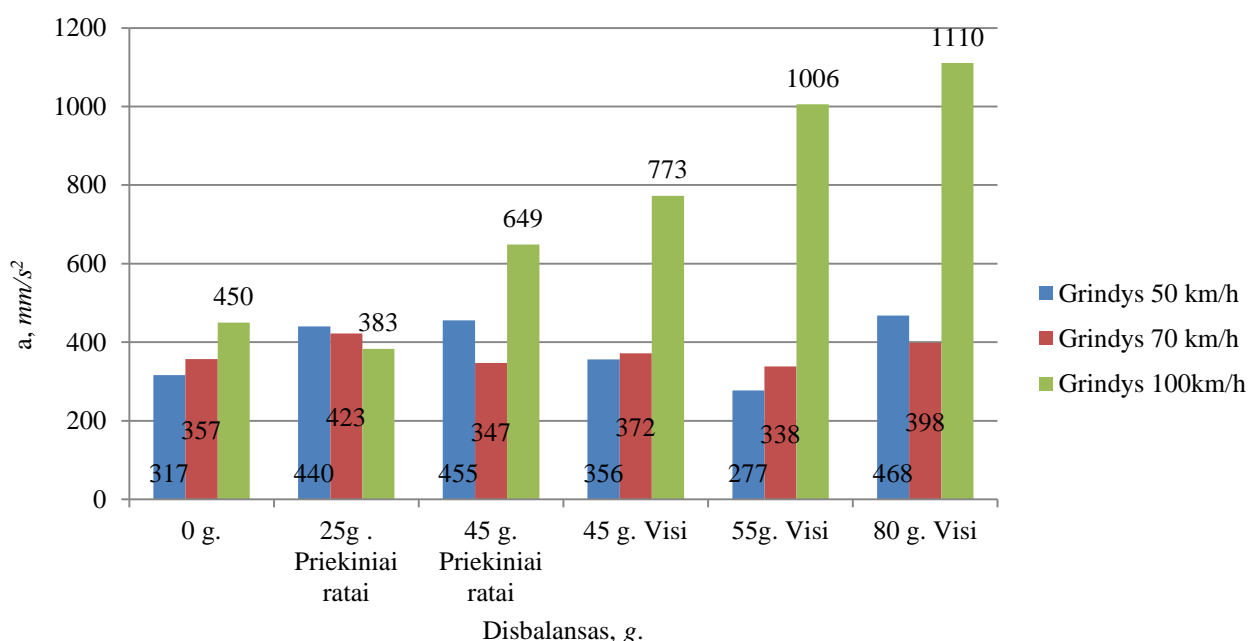
3.5 pav. Bandymų atlikimo vietos automobilyje: 1) automobilio grindys 2) sėdynė 3) sėdynės atlošas 4) vairaratis 5) automobilio bagažinė. [22]

4. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI

4.1. Vibracijos matavimas važiuojant žieminėmis bei vasarinėmis padangomis

Pirmasis bandymas atliktas automobilio audi A4 grindyse vairuotojo pusėje. Keičiant važiavimo greitį, bei ratų disbalansą buvo gautos pagreičio vertės, kurios atvaizduotos grafiškai.

Automobilio vibracijos priklausomybė nuo važiavimo greičio automobilio grindyse esant skirtingam ratų disbalansui pavaizduota 4.1pav.



4.1 pav. Virpesiai automobilio grindyse važiuojant su žieminėmis padangomis.

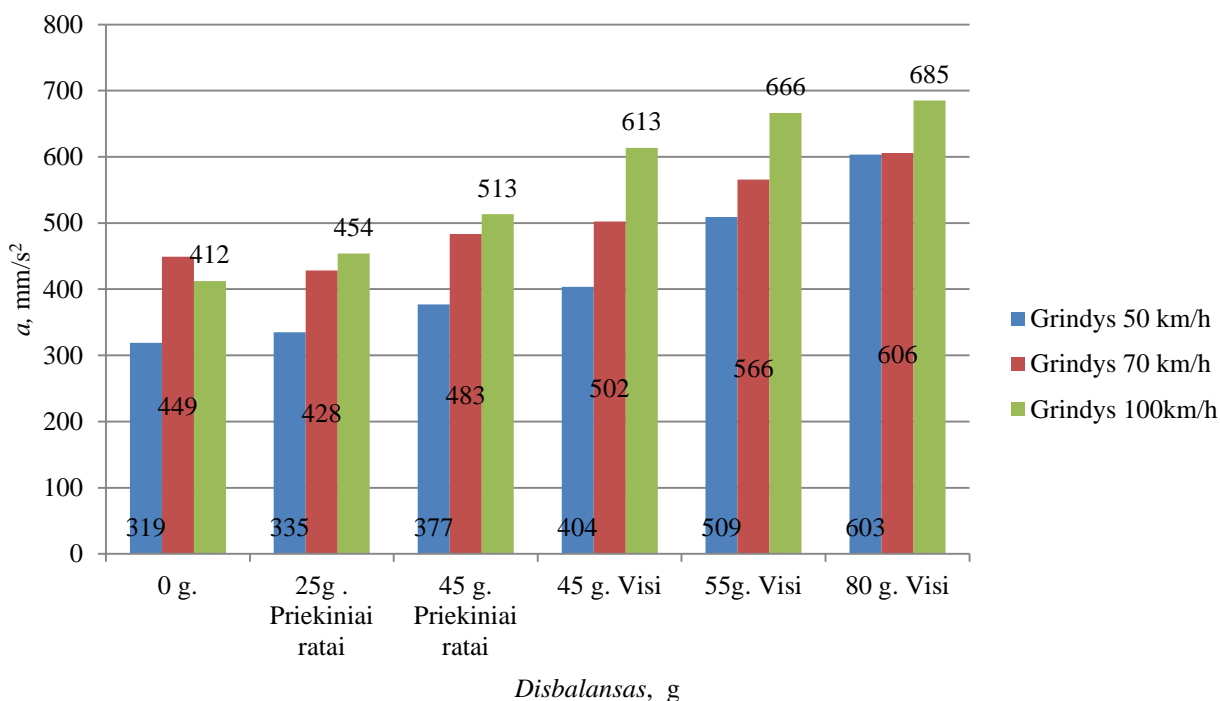
Kaip matyti iš pateiktos diagramos virpesiai automobilio grindyse stipriausiai pasireiškia pasiekus 100 km/h greitį. Esant 80 g. visų ratų disbalansui pagreičio vertė viršija $1,1 \text{ m/s}^2$. Važiuojant tinkamai išbalansuotais ratais 100 km/h greičiu pagreitis automobilio grindyse yra 2,47 karto mažesnis. Virpesiai grindyse važiuojant 50 km/h ir 70 km/h greičiu skiriasi gana neženkliai. Važiuojant 50 km/h greičiu, esant 0g. ir 80g. disbalansui virpesiai skiriasi 1,47 karto.

Bandymas grindyse buvo pakartotas su naujomis vasarinėmis R16 padangomis 4.2 pav. Svarelis tvirtinimo vieta pažymėta rodykle tam, kad būtų išlaikyta ta pati tvirtinimo vieta, atliekant bandymą su didesnės masės svareliais.



4.2pav. Bandymas su vasarinėmis R16 padangomis

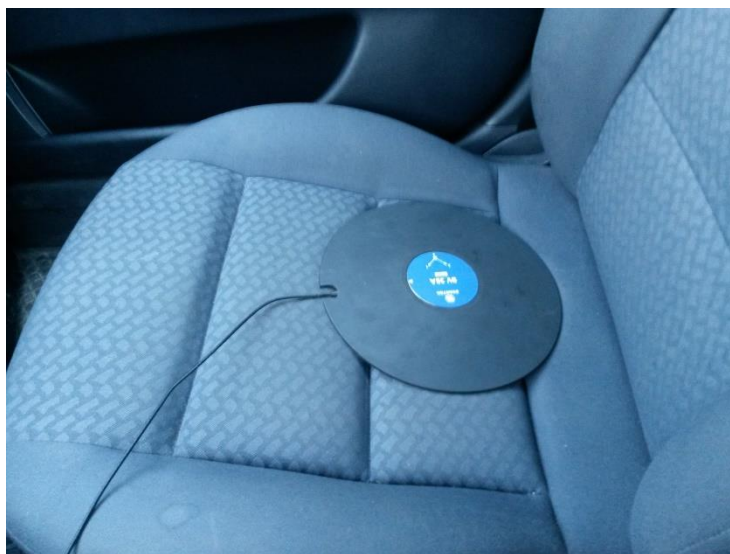
Bandymo su vasarinėmis padangomis rezultatai pateikti 4.3 paveiksle.



4.3 pav. Virpesiai automobilio grindyse su vasarinėmis padangomis

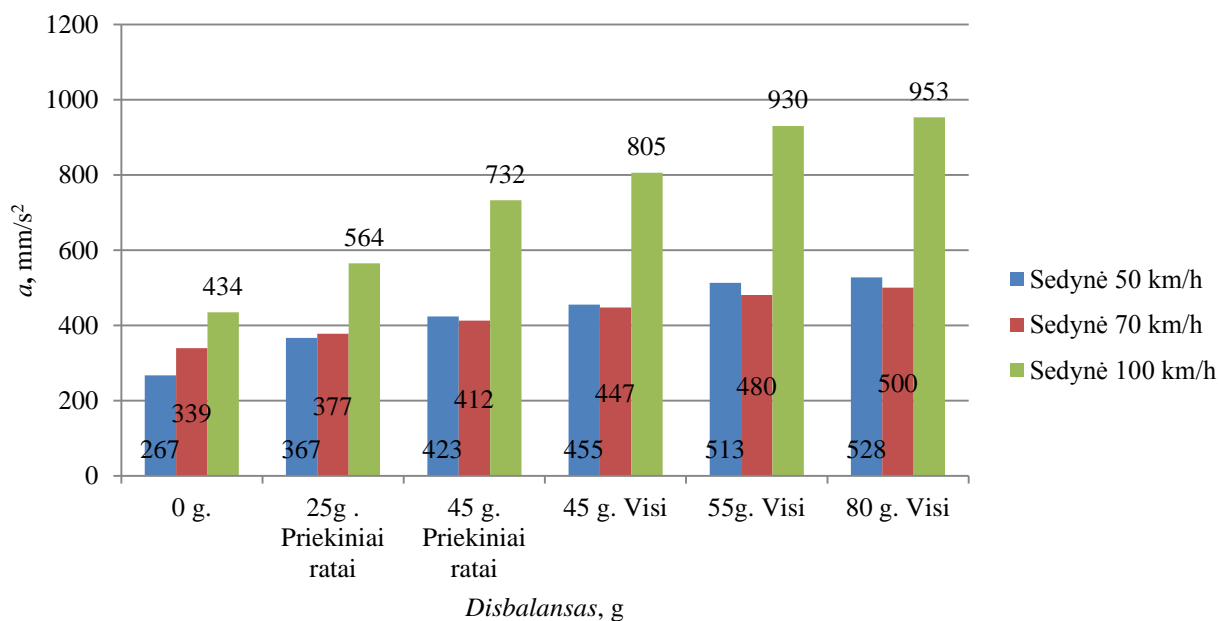
Kaip ir su žieminėmis padangomis vibracija automobilyje yra didžiausia pasiekus didesnį greitį, t. y. 100 km/h. Važiuojant su 80g. ratų disbalansu vibracija grindyse yra 685 mm/s² tuo tarpu nesant disbalansui 1,6 karto mažesnė. Palyginus 4.1 ir 4.3 paveikslus matyti, jog vibracija grindyse su vasarinėmis padangomis pasiekia didesnes vertes, nei su žieminėmis, važiuojant mažesniais greičiais t. y. 50 bei 70 km/h, tačiau pasiekus 100km/h greitį matoma, jog važiuojant su žieminėmis padangomis esant 80g. disbalansui vibracija didesnė 1,6 karto, nei su vasarinėmis.

Antrasis bandymas buvo atliktas pamatuojant vibracijas automobilio sėdynėje. Vibracijos jutiklis padėtas ant automobilio audi A4 sėdynės ir taip pamatuoti virpesiai sėdynėje, kurie veikia žmogų sėdintį toje vietoje. Paveiksle 4.4 parodyta jutiklio padėjimo vieta.



4.4 Pav. Vibracijos matavimas sėdynėje.

Toliau pateikiami duomenys gauti važiuojant automobiliu su žieminėmis ir vasarinėmis padangomis. 4.5 ir 4.6 pav.

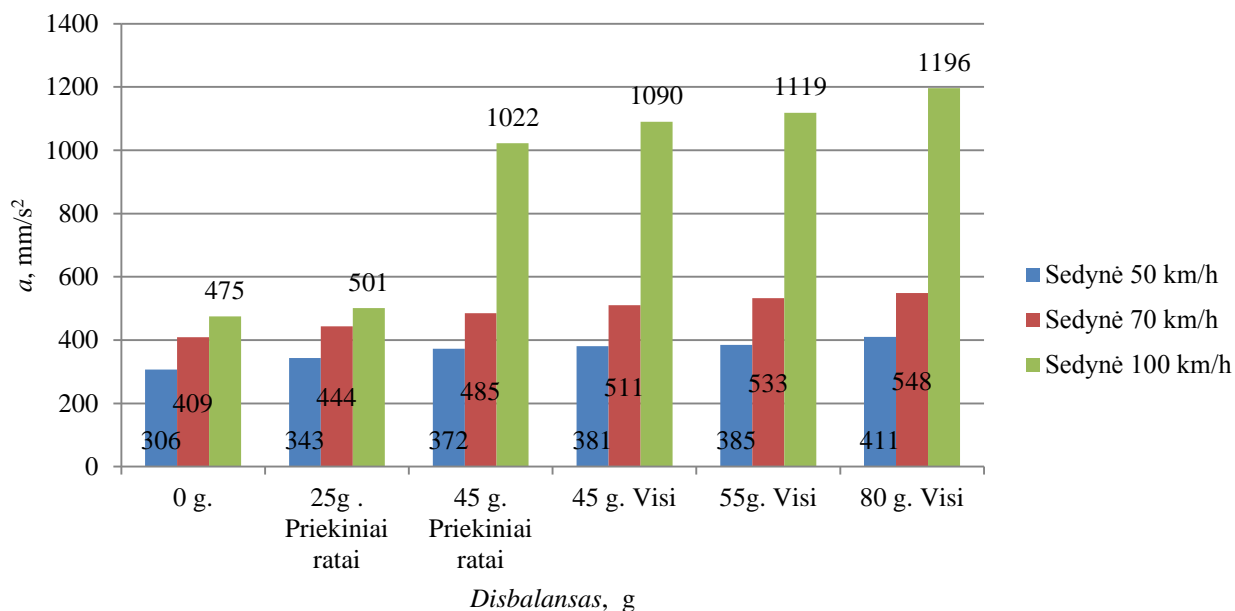


4.5 pav. Virpesiai automobilio sėdynėje važiuojant su žieminėmis padangomis.

Atlikus bandymą su žieminėmis padangomis matyti, jog esant tam pačiam ratų disbalansui ir keičiant greitį nuo 50 km/h iki 70 km/h vibracijos pokytis nėra ženklus. Pamatavus vibraciją sėdynėje važiuojant 100km/h greičiu matyti, jog padidinus disbalansą nuo 0g. iki 80g. vibracija

sėdynėje padidėjo 2,2 karto. Kaip ir ankstesniuose bandymuose virpesiai ženkliai išauga pasiekus 100 km/h greitį. Atitinkamai važiuojant 50 km/h greičiu vibracijos santykis tarp 0g ir 80g. ratų disbalanso yra 1,9 karto.

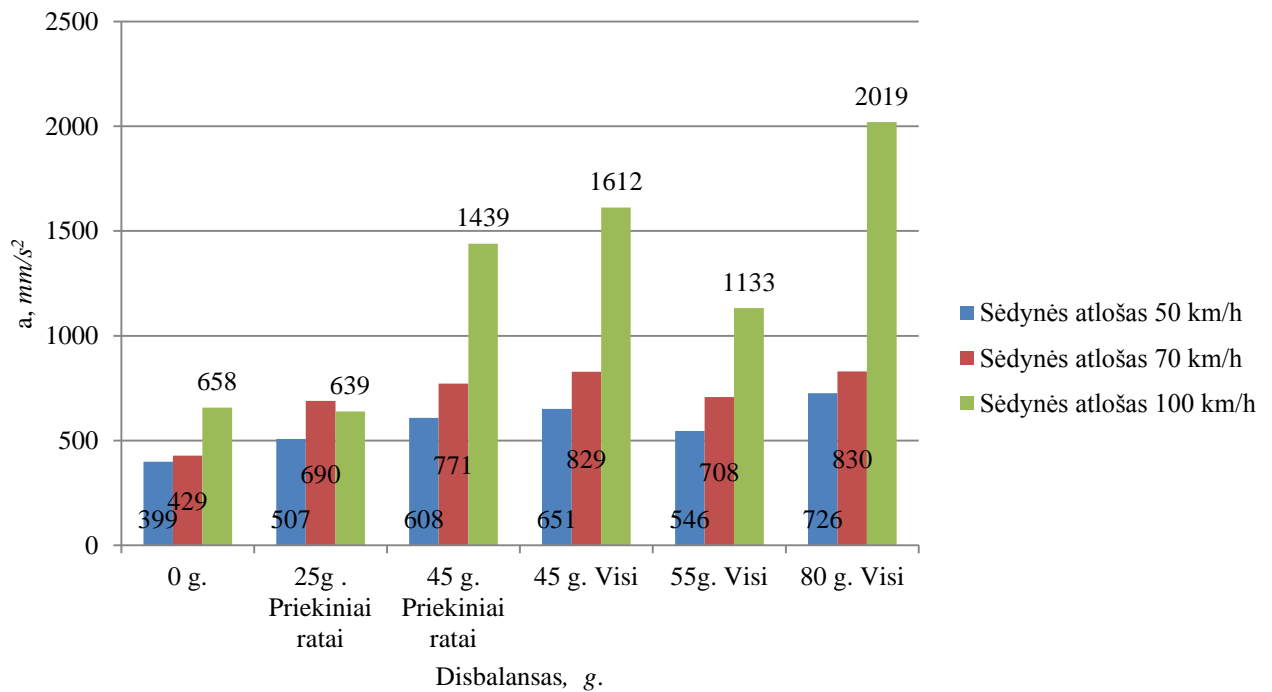
Toliau panagrinėsime vibracijas sėdynėje važiuojant su vasarinėmis padangomis.



4.6 pav. Virpesiai automobilio sėdynėje važiuojant vasarinėmis padangomis.

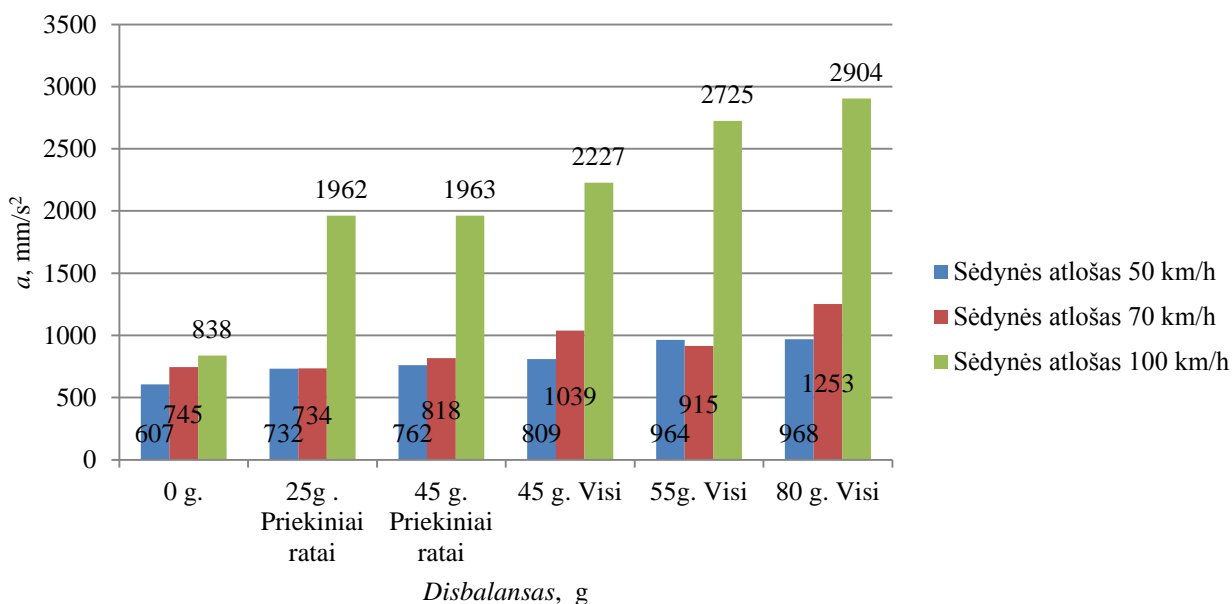
Kaip matyti iš gautų rezultatų, jog važiuojant su vasarinėmis padangomis virpesiai sėdynėje yra didesni. Palyginimui važiuojant su vasarinėmis padangomis 80g. ratų disbalansu, 100 km/h greičiu, vibracija automobilio sėdynėje yra 243 mm/s² didesnė nei su žieminėmis padangomis. Vibracija važiuojant esant 0 g. disbalansui didesnė su vasarinėmis padangomis. Esant 45 g. ir didesniai disbalansui ir padidinus greitį nuo 70km/h iki 100km/h vibracija automobilio sėdynėje padidėja apie du kartus.

Trečiasis bandymas buvo atliktas matuojant virpesius ant sėdynės atlošo. Pasinaudojus papildomas priemones vibracijos matuoklis SV-39A pritvirtintas prie sėdynės atlošo. Vibracija matuota ant keleivio sėdynės. Bandymas atliktas su žieminėmis padangomis. Duomenys pavaizduoti 4.7 paveiksle.



4.7 pav. Virpesiai automobilio sėdynės atloše važiuojant su žieminėmis padangomis.

Išanalizavus pateiktą grafiką matyti, jog virpesiai sėdynės atloše esant 80g. visų ratų disbalansui siekia 2m/s^2 , o sumažinus greiti iki 70km/h vibracijos pagreičio vertė sumažėja iki $0,83\text{ m/s}^2$. Esant 0g. disbalansui važiuojant 70 km/h greičiu, pagreičio vertė lygi 429 mm/s^2 tuo tarpu atsiradus 80 g. disbalansui vibracija padidėja 1,9 karto. Dar didesnis skirtumas pasireiškia kai pasiekiamas 100 km/h greitis, vibracija skiriasi net 3 kartus. Iš diagramos matyti, jog virpesiai sėdynės atloše proporcingai didėja didinant ratų disbalansą. Toliau matuotos vibracijos vertės sėdynės atloše važiuojant su vasarinėmis padangomis, tai pavaizduota 4.8 paveiksle.



4.8 pav. Virpesiai automobilio sėdynės atloše važiuojant su vasarinėmis padangomis.

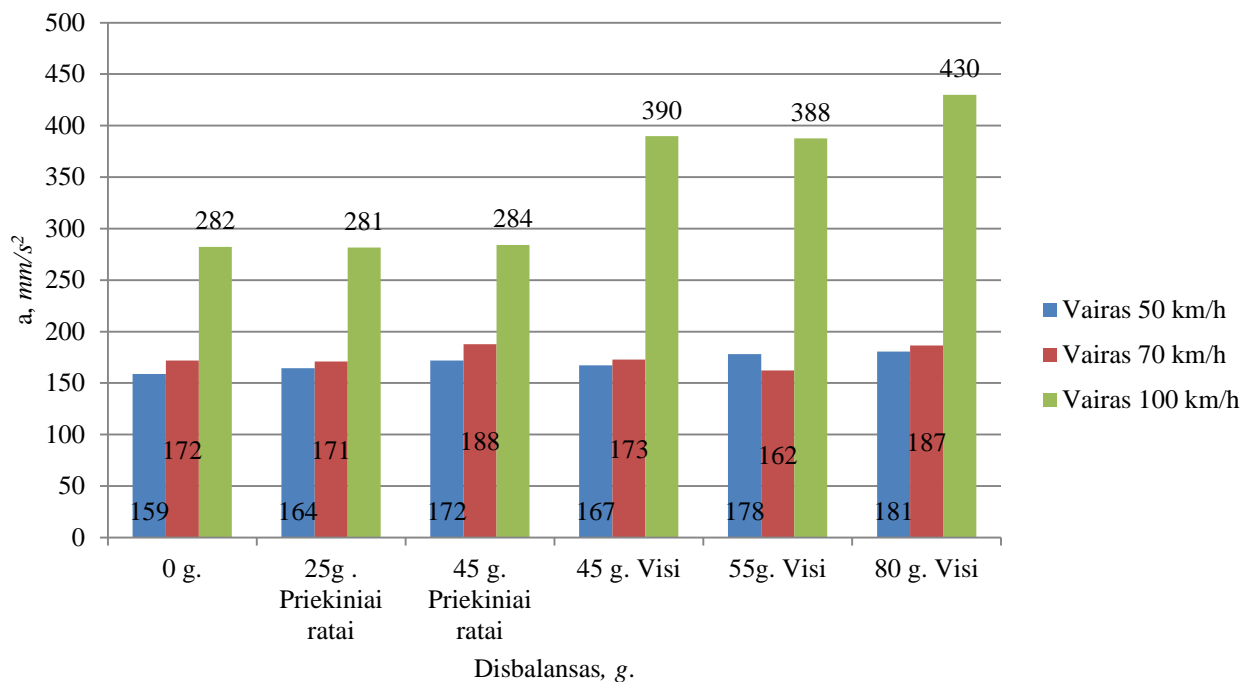
Iš gautų rezultatų matyti, jog virpesiai automobilyje yra didesni nei važiuojant su žieminėmis padangomis. Važiuojant su tinkamai išbalansuotais ratais, vibracija sėdynės atloše yra apie 200mm/s^2 didesnė, nei važiuojant su žieminėmis. Didinant ratų disbalansą skirtumas vis didėja. Važiuojant automobiliu su vasarinėmis padangomis esant 45g. visų ratų disbalansu vibracija kinta nuo 809mm/s^2 iki 2227mm/s^2 tuo tarpu važiuojant su žieminėmis padangomis vibracijos reikšmės yra mažesnės, jos kinta nuo 651mm/s^2 iki 1612mm/s^2 . Toliau didinant disbalansą iki 80g. ir važiuojant 100km/h greičiu su vasarinėmis padangomis vibracija sėdynės atloše didesnė 1,45 karto, nei važiuojant žieminėmis. Apibendrinant 4.7 ir 4.8 diagramas, matyti jog vibracija sėdynės atloše yra didesnė važiuojant su vasarinėmis padangomis, tai gali lemti, jog žieminės padangos gumos sudėtis yra kitokia. Esant minkštesniam gumos mišiniui dalis virpesių neperduodami į automobilio kėbulą, tuo pačiu ir į sėdynės atlošą.

Ketvirtasis bandymas atliktas vibracijos jutikliu SV-50, kuris pritvirtintas prie vairaračio. Jutiklio tvirtinimas pavaizduotas 4.9 pav. Vibracijos matuoklio SVAN-958, bei jutiklio SV-50 pagalba buvo išmatuota rankas veikianti vibracija. Pagal LR įsakymą kasdienio veikimo vertė darbo procese paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei neturi viršyti $0,5\text{m/s}^2$ arba veikiančios vibracijos dozės vertė neturi viršyti $9,1\text{m/s}^{1,75}$. [24.] Bandymas kaip ir kiti buvo pakartotas du kartus t. y su žieminėmis ir vasarinėmis padangomis.



4.9 pav. Vibracijos matavimas vairaratyje.

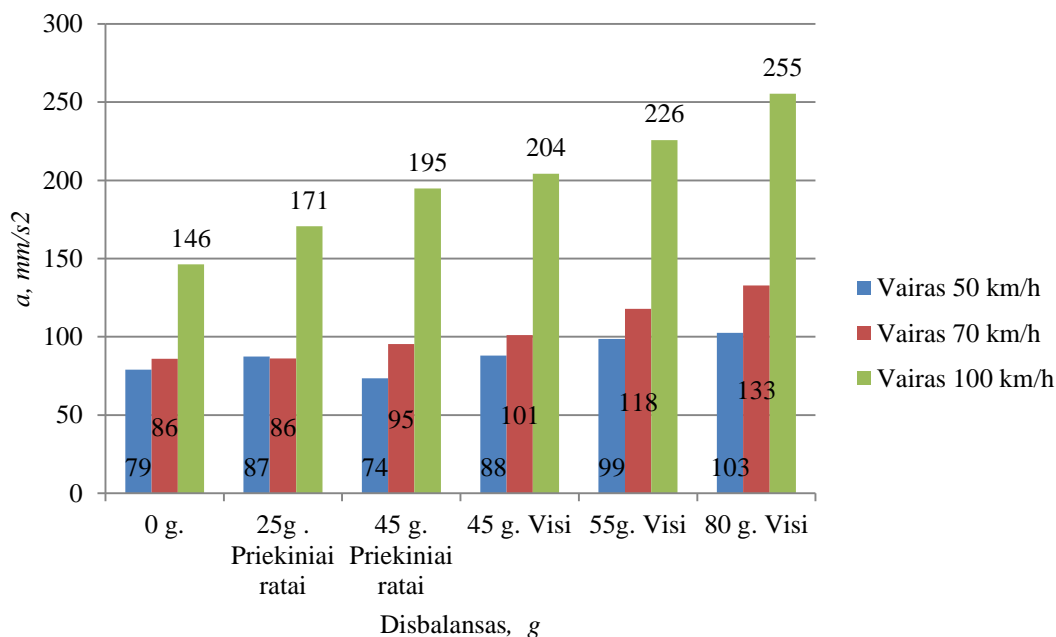
Gauti vibracijos duomenys su žieminėmis padangomis pavaizduoti 4.10 pav.



4.10 pav. Virpesiai automobilio vaire važiuojant su žieminėmis padangomis

Atlikus bandymą matyti, jog didžiausia vibracijos vertė siekia 430 mm/s^2 . Esant 0 g. ratų disbalansui vibracijos vertė yra 282 mm/s^2 važiuojant 100 km/h greičiu. Šis skirtumas sudaro 34,5%. Mažesnis pokytis matomas esant mažesniems greičiams, t. y. 50 km/h ir 70 km/h . Toliau analizuojant duomenis matyti, jog važiuojant 50 km/h greičiu esant 0 g. disbalansui vibracija vaire padidėja 12,1%, palyginti su 80g. ratų disbalansu. Padidinus greitį iki 70 km/h vibracijos pokytis ne toks žymus, jis pakito nuo 172 mm/s^2 iki 187 mm/s^2 , o tai sudaro 8%.

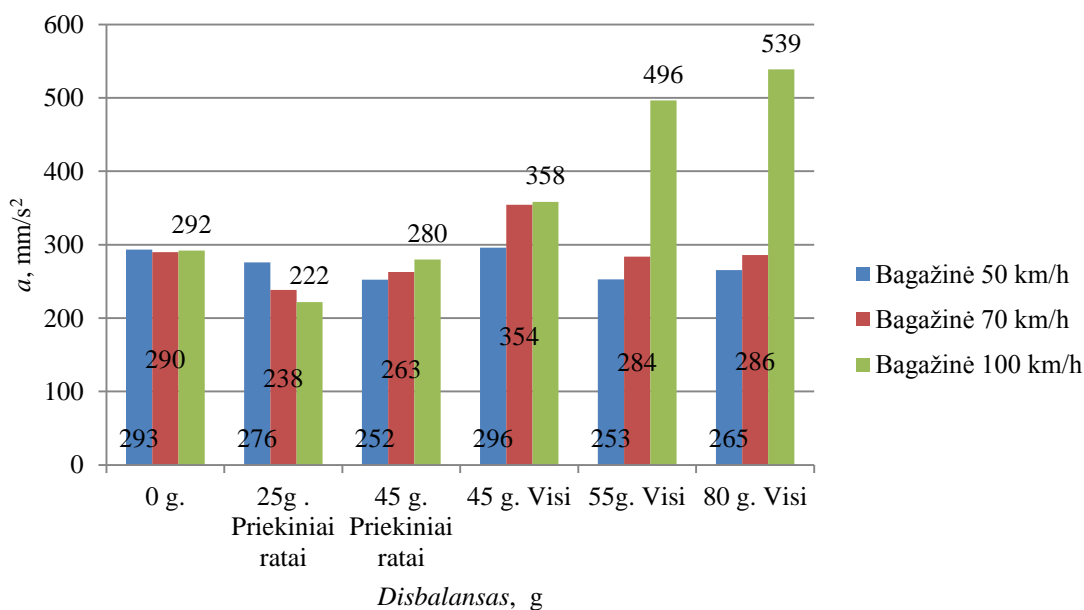
Bandymo su vasarinėmis padangomis rezultatai pateikti 4.11 paveiksle.



4.11 pav. Virpesiai automobilio vaire važiuojant su vasarinėmis padangomis

Atlikus bandymą su vasarinėmis R16 padangomis, matyti, jog pagreičio vertės ženkliai mažesnės nei važiuojant su žieminėmis padangomis. Važiuojant 100 km/h greičiu vibracijos vertė kinta nuo 146 mm/s^2 , esant 0 g disbalansui, iki 255 mm/s^2 esant 80g disbalansui, tai yra 1,74 karto didesnė vertė. Palyginus 4.10 ir 4.11 diagramas, išryškėja, jog esant tam pačiam 100km/h greičiui, bei 80g visų ratų disbalansui vibracijos vertė su vasarinėmis padangomis yra 1,68 karto mažesnė.

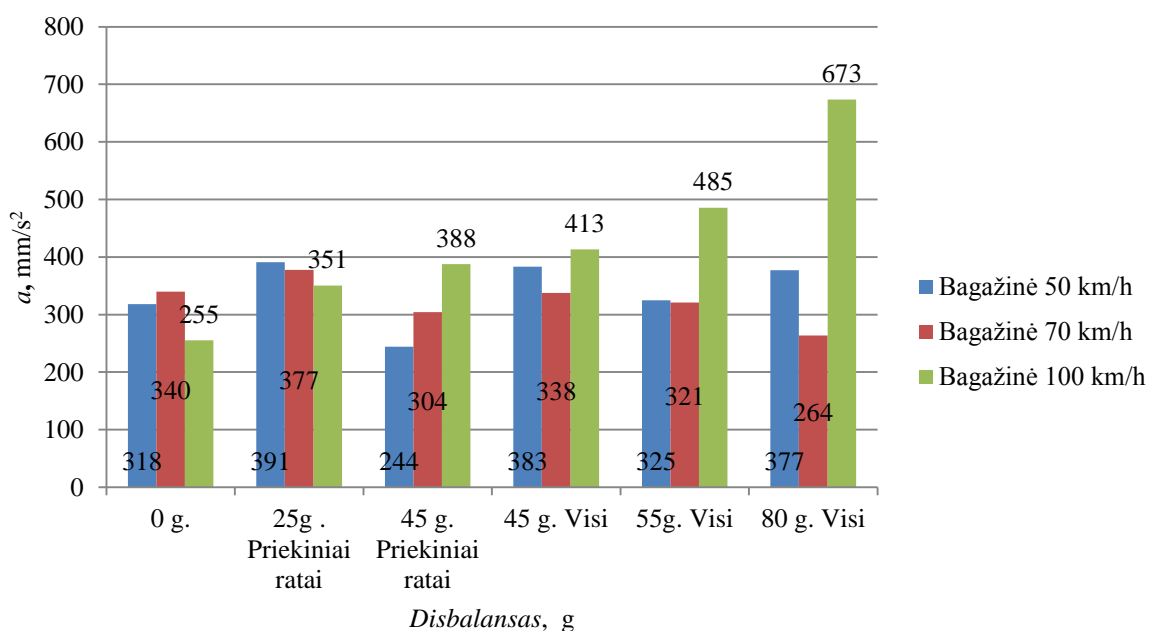
Penktasis bandymas atliktas automobilio bagažinėje. Nors bagažinėje įvertinti žmogaus patiriamų virpesių negalime, kadangi jis ten nebūna, tačiau atliekant tyrimą norėjau išsiaiškinti kuri automobilio vieta yra mažiausiai veikiamą vibracijos. Tam tikslui pasiekti naudotas SVAN 958 prietaisas, kartu su priedu SV-39A. Bandymas kaip ir ankstesni pakartotas su vasarinėmis ir žieminėmis padangomis. Tyrimo rezultatai su žieminėmis padangomis pateikti 4.12 paveiksle.



4.12 pav. Virpesiai automobilio bagażinėje važiuojant su žieminėmis padangomis

Pamatavus vibraciją automobilio bagażinėje, matyti jog didžiausia jos vertė yra 539mm/s² tai pasireiškia važiuojant 100km/h greičiu su 80g visų ratų disbalansu. Analizuojant rezultatus matyti, jog vibracija bagażinėje važiuojant 50km/h ir 70km/h greičiu keičiasi neženkliai. Aiškų vibracijos pokytį pasirodo esant 45g. visų ratų disbalansui. Lyginant rezultatus važiuojant 100km/h greičiu matyti, jog vibracijos santykis esant 0 g ratų disbalansui su 80g visų ratų disbalansu siekia 1,84 karto. Važiuojant su 80g ratų disbalansu, bei padidinus greitį nuo 70km/h iki 100km/h vibracija automobilio AUDI A4 bagażinėje padidėja 1,88 karto.

Bandymo su vasarinėmis padangomis rezultatai pateikti 4.13 paveiksle.

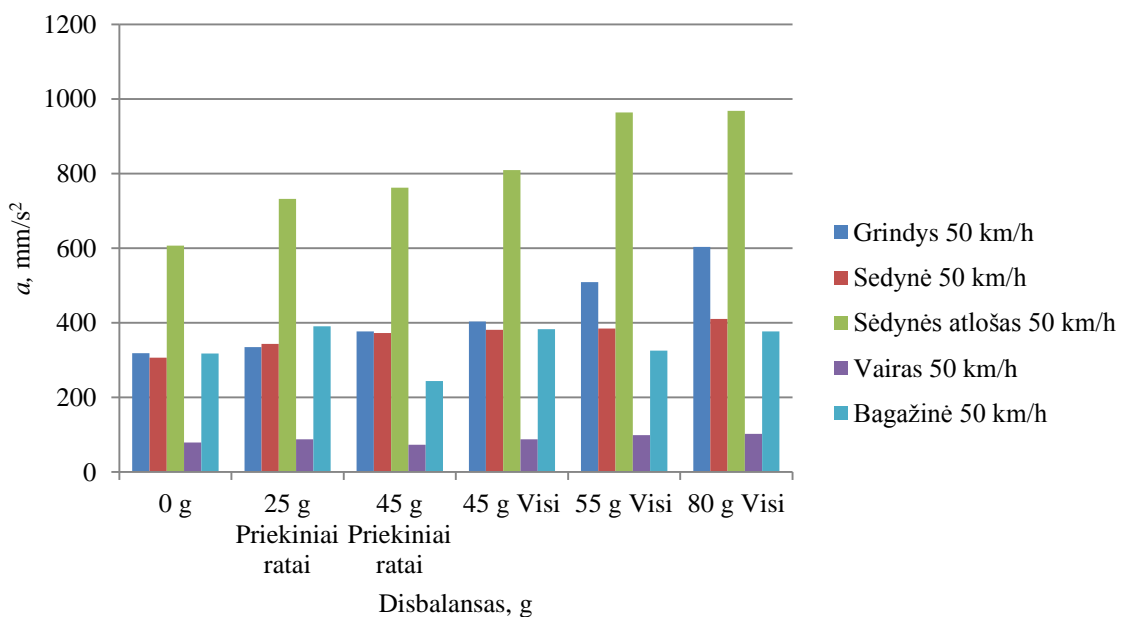


4.13 pav. Virpesiai automobilio bagażinėje važiuojant su vasarinėmis padangomis

Išmatavus vibraciją багаžinėje su vasarinėmis padangomis, matyti jog didžiausia jos vertė siekia 673 mm/s^2 , tai pasireiškia esant 80g disbalansui, bei važiuojant 100km/h greičiu. Palyginus 4.12 ir 4.13 diagramas matyti, jog daugeliu atvejų vibracija su vasarinėmis padangomis didesnė nei su žieminėmis.

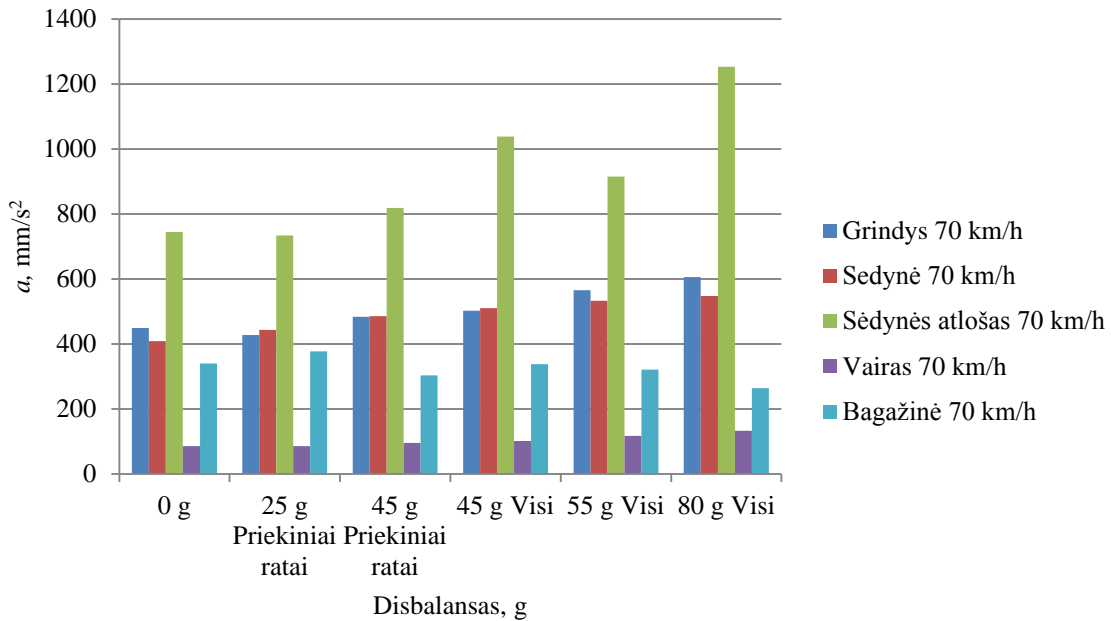
Atlikus bandymus su žieminėmis ir vasarinėmis padangomis paaiškėjo, jog vibracija automobilio grindyse yra didesnė su žieminėmis padangomis tik pasiekus 100km/h greitį. Esant mažesniai greičiui vibracija yra didesnė su vasarinėmis padangomis. Pavatavus vibraciją sėdynėje paaiškėjo, jog didžiausia jos vertė yra $1,196 \text{ m/s}^2$, tai užfiksuota važiuojant 100km/h greičiu su vasarinėmis R16 padangomis, esant 80 g ratų disbalansui. Kadangi žmogaus kūną veikia vibracija per tris pagrindinius atraminius paviršius t.y. per grindis, sėdynę, bei sėdynės atlošą, tai buvo atlikti matavimai ir sėdynės atloše. Vibracijos vertės šioje vietoje yra pačios didžiausios. Didžiausia vibracijos vertė buvo pasiekta važiuojant su vasarinėmis, esant 80 g disbalansui, ji siekia $2,904 \text{ m/s}^2$. Iš gautų rezultatų matyti, jog sėdynės atlošas geriausias vibracijos laidininkas. Pamatavus vibraciją vaire paaiškėjo, jog ji didesnė su žieminėmis padangomis. Į vairą perduodama vibracija siekia $0,43 \text{ m/s}^2$ važiuojant 100km/h greičiu esant 80 g disbalansui. Vibracija taip pat buvo pamatuota багаžinėje. Jos vertės ženkliai mažesnės nei sėdynėje ar grindyse.

Sekančiose diagramose pavaizduota vibracijos vertė automobilyje, važiuojant 50km/h, 70km/h ir 100km/h greičiu. Siekiant lengviau suprasti užfiksuotus duomenis juos pateikiu esant tam tikram greičiui. Duomenys pateikti naudojant vasarinės padangas. Rezultatai užfiksuoti važiuojant 50 km/h greičiu, pateikti 4.14 pav.



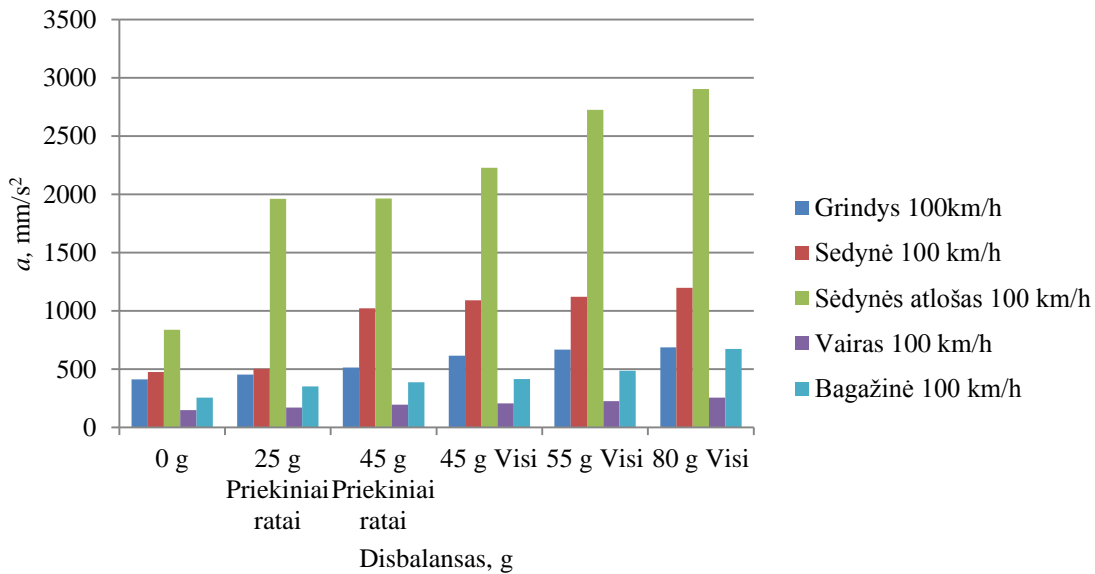
4.14 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 50 km/h greičiu.

Rezultatai užfiksuoti važiuojant 70 km/h greičiu, pateikti 4.15 pav.



4.15 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 70 km/h greičiu.

Rezultatai užfiksuoti važiuojant 100 km/h greičiu, pateikti 4.16 pav.

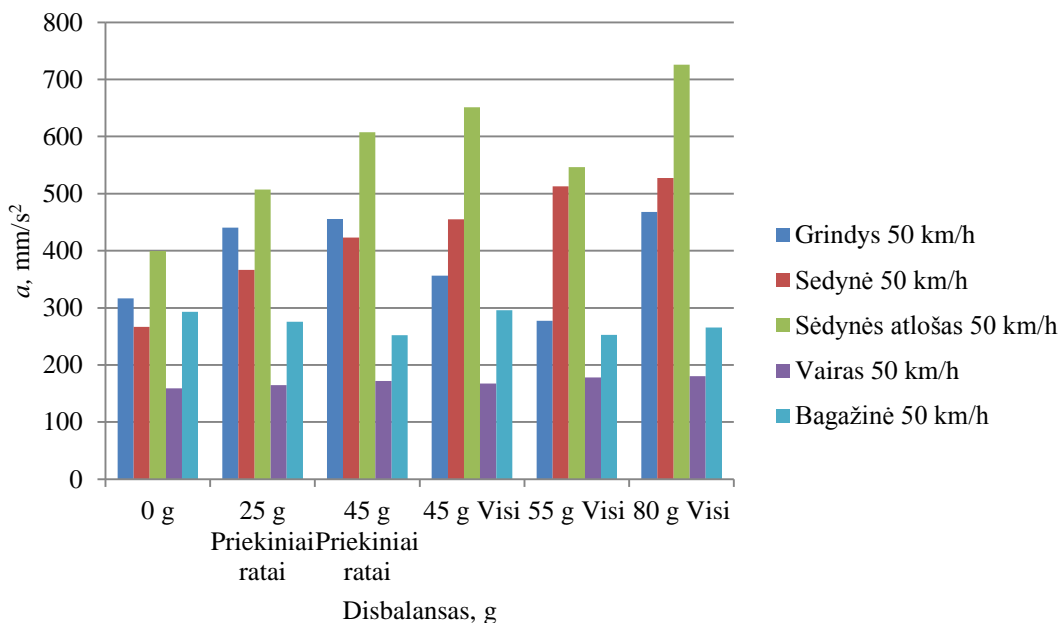


4.16 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 100 km/h greičiu.

Kaip matyti iš pateiktų grafikų visais atvejais vibracija sėdynės atloše yra didžiausia, iš pamatuotų automobilyje. Pamatuoti virpesiai grindyse ir sėdynėje važiuojant 50 bei 70 km/h greičiu ženkliai nesiskiria. Skirtumas matomas žr. 4.16 pav. pasiekus 100 km/h greitį. Vibracija

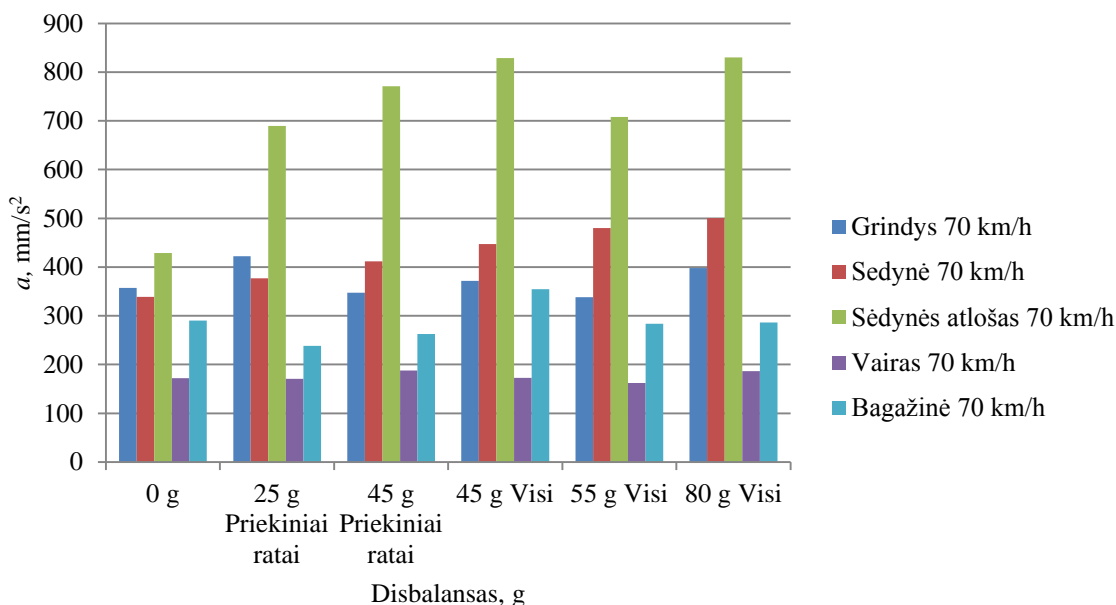
užfiksuota vairo mažiausia iš visų tirtų vietų. Vibracija automobilio bagažinėje pakito gana neženkiai, padidinus disbalansą ir greitį.

Paveiksluose 4.17, 4.18 bei 4.19 pateikti rezultatai važiuojant žieminėmis padangomis. Rezultatai užfiksuoti važiuojant 50 km/h greičiu, pateikti 4.17 pav.



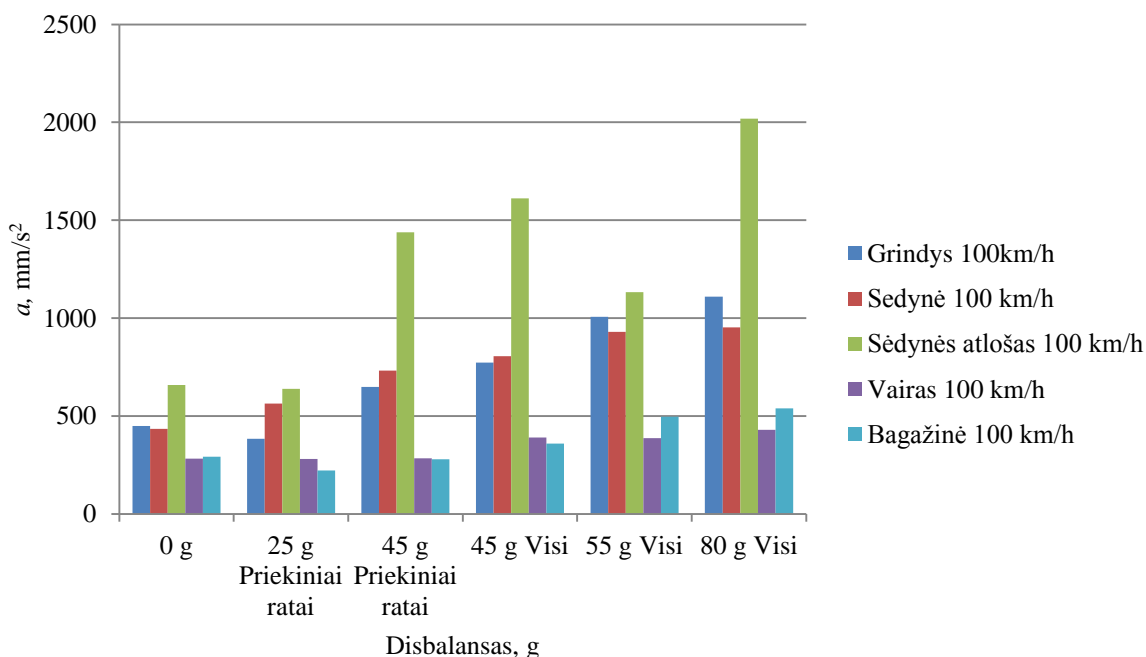
4.17 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 50 km/h greičiu.

Rezultatai užfiksuoti važiuojant 70 km/h greičiu, pateikti 4.18 pav.



4.18 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 70 km/h greičiu.

Rezultatai užfiksuoti važiuojant 100 km/h greičiu, pateikti 4.19 pav.



4.19 pav. Vibracija automobilyje važiuojant 100 km/h greičiu.

Kaip ir bandyme su vasarinėmis padangomis, ryškiausiai išsiskiria vibracija sėdynės atloše. Paanalizavus grafikus matyti, kad vibracija vaire ir bagažinėje beveik susivienodina pasiekus 100 km/h greitį, ko negalime pastebėti važiuojant vasarinėmis padangomis. Kaip ir ankstesniame bandyme vibracija sėdynėje bei grindyse skiriasi neženkiai.

4.2 Vibracijos kasdieninės veikimo vertės nustatymas

4.2.1 Visą kūną veikianti vibracija važiuojant vasarinėmis padangomis

Pasinaudojus gautais tyrimo rezultatais nustatysime vibracijos kasdieninio veikimo vertę. Viso kūno vibracija žmogui sėdint automobilio sėdynėje veikia per tris atraminius paviršius t. y. grindis, sėdynę, bei sėdynės atlošą.

Kasdienio veikimo vertė – bendroji kasdienio vibracijos veikimo vertė per 8 valandų darbo laiko trukmę, išreikiama vibracijos svertinėmis dažninėmis efektinio vidurkio (vidutinio kvadratinio *rms*) pagreičio vertėmis, ir nustatoma taip:

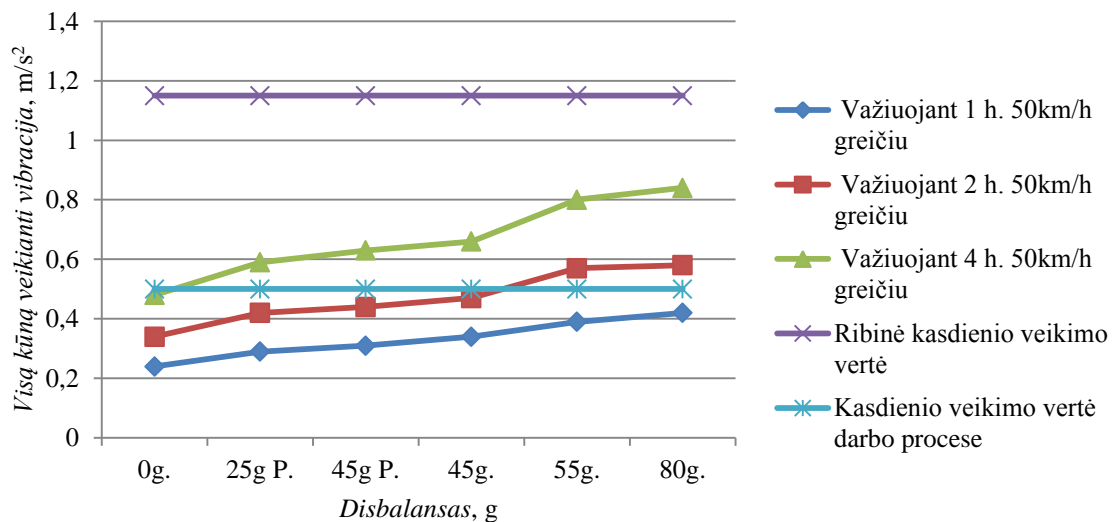
$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \cdot \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i} \cdot \frac{m}{s^2} \quad (4.1)$$

čia: awi – svertinis dažninis efektinio vidurkio vibracijos pagreitis i -uoju darbo proceso metu (ar i -oje operacijoje),

T_i – i -ojo laikotarpio (operacijos) trukmė sekundėmis,

T_0 – 8 valandų darbo laiko trukmė sekundėmis, lygi 28 800 s.[24.]

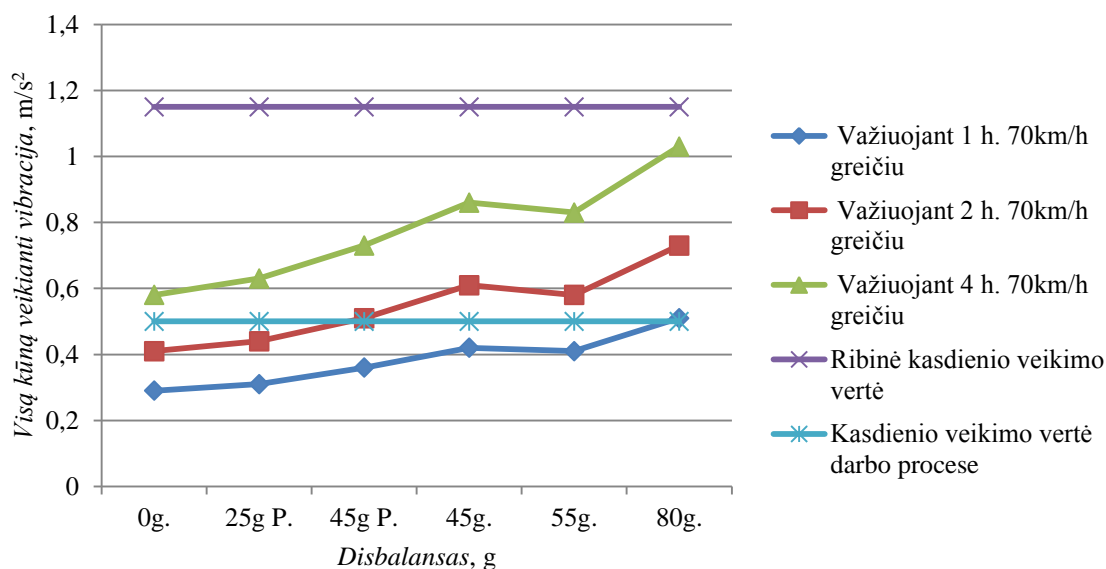
Pasinaudojus šia formule buvo apskaičiuotos kasdieninio vibracijos veikimo vertės. Kasdieninio vibracijos veikimo vertės važiuojant 50km/h greičiu, bei su vasarinėmis padangomis pavaizduotos 4.20 pav.



4.20 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.

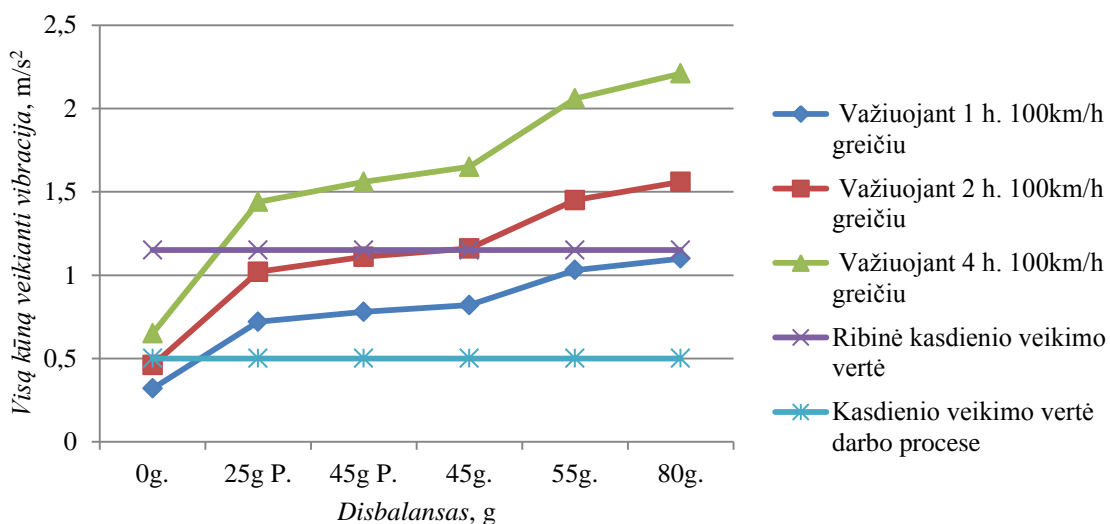
Atlikus skaičiavimus, buvo nustatyta visą kūną veikiančios vibracijos kasdieninio veikimo vertė. Šiems skaičiavimams buvo naudoti rezultatai gauti grindyse, sėdynėje, bei sėdynės atloše. Kasdieninio vibracijos veikimo norma yra $0,5 \text{ m/s}^2$ Kaip matyti iš diagramos važiuojant 1 valandą 50 km/h greičiu kasdieninio veikimo vertė nėra viršijama. Važiuojant 2 valandas $0,5 \text{ m/s}^2$ riba viršijama esant 55g ratų disbalansui. Važiuojant 4 valandas kasdieninio veikimo vertė neviršijama tik esant 0 g ratų disbalansui.

Padidinus greitį iki 70 km/h buvo gauti rezultatai, kurie pavaizduoti 4.21 paveiksle.



4.21 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.

Esant 70 km/h greičiui kasdieninio vibracijos veikimo vertė nėra viršijama važiuojant vieną valandą. Važiuojant 2 valandas veikiant tai pačiai vibracijai, ši $0,5 \text{ m/s}^2$ vertė viršijama padidinus ratų disbalansą iki 45 g. Važiuojant 4 valandas veikiant pastoviai vibracijai kasdieninio veikimo vertė viršijama visais atvejais. Kaip matyti iš grafiko, ši kreivė yra tarp $0,5 \text{ m/s}^2$ ir $1,15 \text{ m/s}^2$, tai reiškia, jog ribinė vibracijos veikimo vertė nėra viršijama. Greičiui pasiekus 100km/h gauti rezultatai pateikti 4.22 paveiksle.



4.22 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 100 km/h greičiu.

Kaip matyti iš grafiko padidinus greitį, smarkai padidėja vibracija automobilyje, dėl šios priežasties yra viršijama kasdieninio, bei ribinio veikimo vibracijos vertės. Ribine kasdieninio

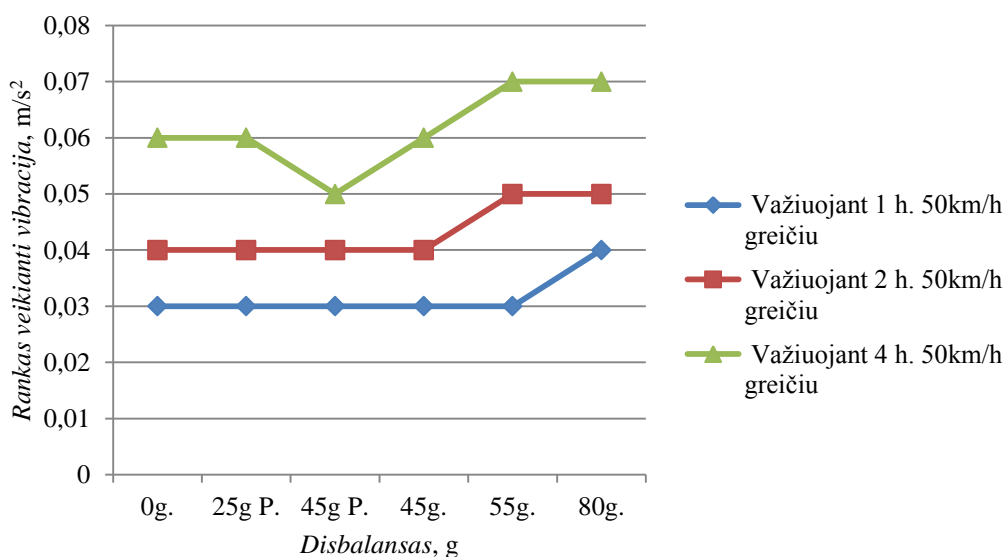
veikimo vertė yra viršijama važiuojant 2 valandas esant 45 g ratų disbalansui. Paanalizavus grafiką, matyti jog staigiausias šuolis matomas važiuojant 100 km/h greičiu 4 valandas. Atsiradus 25 g priekinių ratų disbalansui kasdieninio veikimo vertė padidėja nuo $0,65 \text{ m/s}^2$ iki $1,44 \text{ m/s}^2$.

4.2.2 Rankas veikianti vibracija važiuojant vasarinėmis padangomis

Toliau nustatysime rankas veikiančią vibracijos veikimo vertę važiuojant su vasarinėmis padangomis. Kaip ir pieštai skaičiuojant viso kūno vibracijos veikimo vertę, laiko intervalai bus 1, 2, ir 4 valandos. Iš gautų tyrimo rezultatų apskaičiuosime ar esant tokiems virpesiams neviršysime nustatytų normų, kurios yra:

- Ribinė kasdienio veikimo vertė paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei neturi viršyti 5 m/s^2 ;
- Kasdienio veikimo vertė darbo procese paskaičiuota aštuonių valandų darbo laiko trukmei neturi viršyti $2,5 \text{ m/s}^2$. [24.]

Gauti rezultatai pavaizduoti grafiškai 4.23, 4.24, 4.25 paveiksluose.

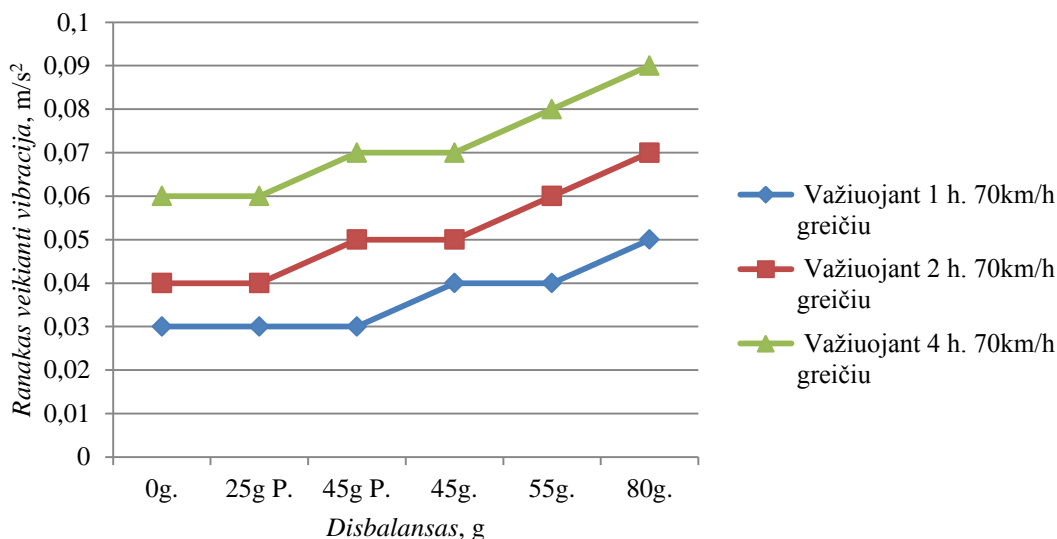


4.23 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.

Didžiausia vibracijos vertė vaire paskaičiuota 8 valandų darbo dienai šiuo atveju yra $0,07 \text{ m/s}^2$. Ši vertė pasiekama 4 valandas važiuojant automobiliu. Pagal nustatytus reikalavimus

kasdieninio veikimo vertė neturi viršyti $2,5 \text{ m/s}^2$, kaip matyti, ši riba šiuo atveju, kai važiuojama 50 km/h greičiu, yra 31 kartą mažesnė už leidžiamą.

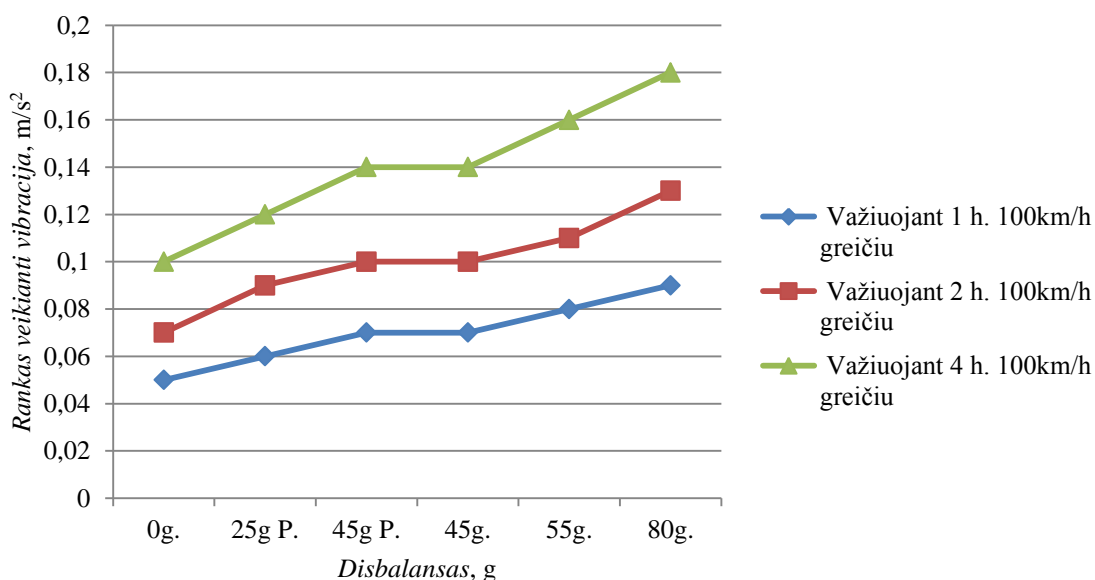
Padidinus greitį nuo 50 km/h iki 70 km/h , gauti duomenys pavaizduoti 4.24 pav.



4.24 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.

Padidinus greitį iki 70 km/h didžiausia vibracijos vertė pasiekė $0,09 \text{ m/s}^2$. Kaip matyti 4.17 paveiksle didžiausia vertė buvo $0,07 \text{ m/s}^2$. Šis vibracijos dydis yra palyginti mažas, todėl esant tokiai vibracijai jaudintis dėl sveikatos keliamų problemų nereikės.

Pamatavus vaire atsirandančias vibracijas važiuojant 100 km/h greičiu su vasarinėmis padangomis gauti rezultatai pavaizduoti 4.25 paveiksle.

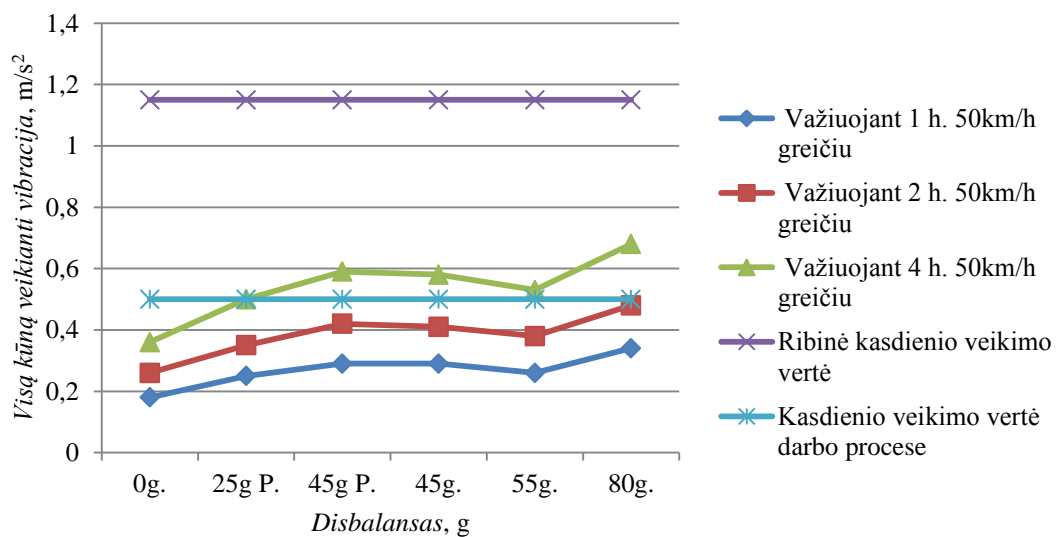


4.25 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 100 km/h greičiu.

Kasdieninio vibracijos veikimo vertė šį katą siekia $0,18 \text{ m/s}^2$. Palyginus 4.18 ir 4.19 paveikslus matyti, kad ši vertė išaugo 2 kartus esant 80 g ratų disbalansui. Važiuojant 4 valandas 100km/h greičiu vibracijos pokytis su tinkamai išbalansuotais ratais, bei su 80 g ratų disbalansu yra ryškus. Jis kinta nuo $0,1 \text{ m/s}^2$ iki $0,18 \text{ m/s}^2$.

4.2.3 Visą kūną veikianti vibracija važiuojant žieminėmis padangomis

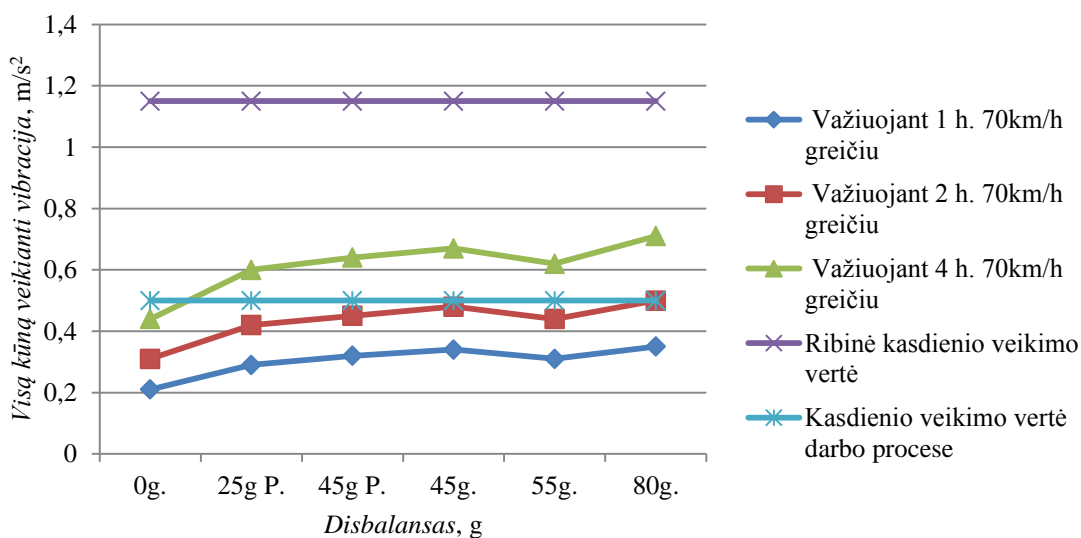
Skaičiavimus pakartosime su žieminėmis padangomis. Gauti skaičiavimo rezultatai važiuojant 50 km/h greičiu pateikti 4.26 paveiksle.



4.26 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.

Atlikus skaičiavimus, bei juos pavaizdavus grafiškai, matyti, jog kasdieninio vibracijos veikimo riba yra viršijama važiuojant 4 val, kai ratų disbalansas yra 45 gramai. Didžiausia vertė pasiekama esant 80 g ratų disbalansui, ji siekia $0,68 \text{ m/s}^2$. Kaip matyti iš grafiko esant tinkamai subalansuotiems ratams kasdieninio vibracijos veikimo vertė nėra viršijama.

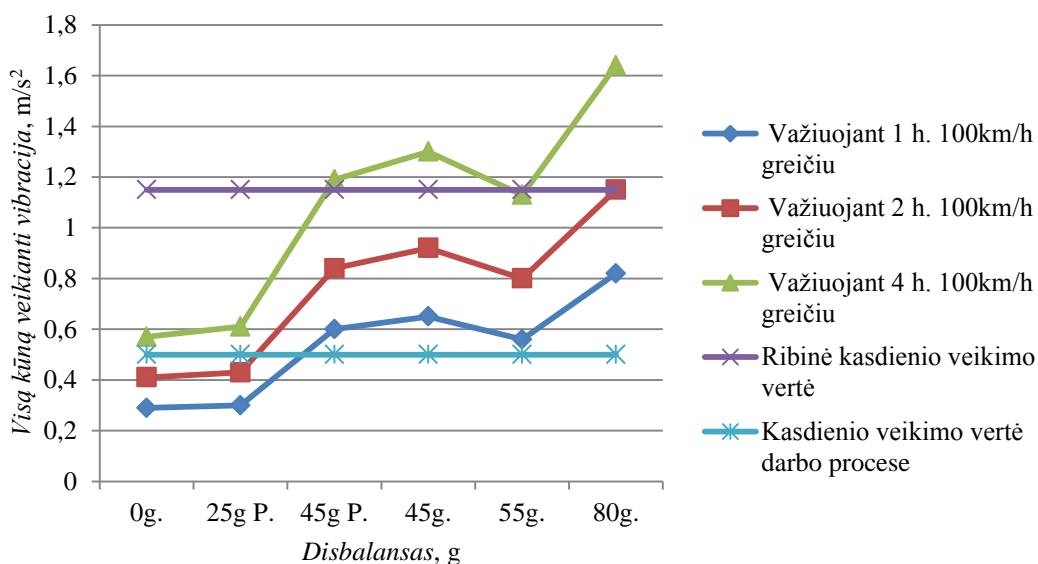
Padidinus važiavimo greitį iki 70 km/h gauti skaičiavimo rezultatai pateikti 4.27 paveiksle.



4.27 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.

Važiuojant 70 km/h greičiu su žieminėmis padangomis kasdieninio veikimo vertė yra viršijama važiuojant 4 valandas, kai ratų disbalansas 25g. Didžiausia pasiekta vertė yra $0,71 \text{ m/s}^2$. Kai kelionė trunka mažiau nei 4 val. t. y 1val. arba 2 val. kasdieninio vibracijos veikimo vertė nėra viršijama. Kaip matyti iš grafiko didžiausias vibracijos pokytis yra važiuojant 4 valandas. Jis kinta nuo $0,44 \text{ m/s}^2$ iki $0,71 \text{ m/s}^2$.

Pasiekus 100 km/h greitį kasdieninio vibracijos veikimo vertės kitimas pavaizduotas 4. 28 paveiksle.

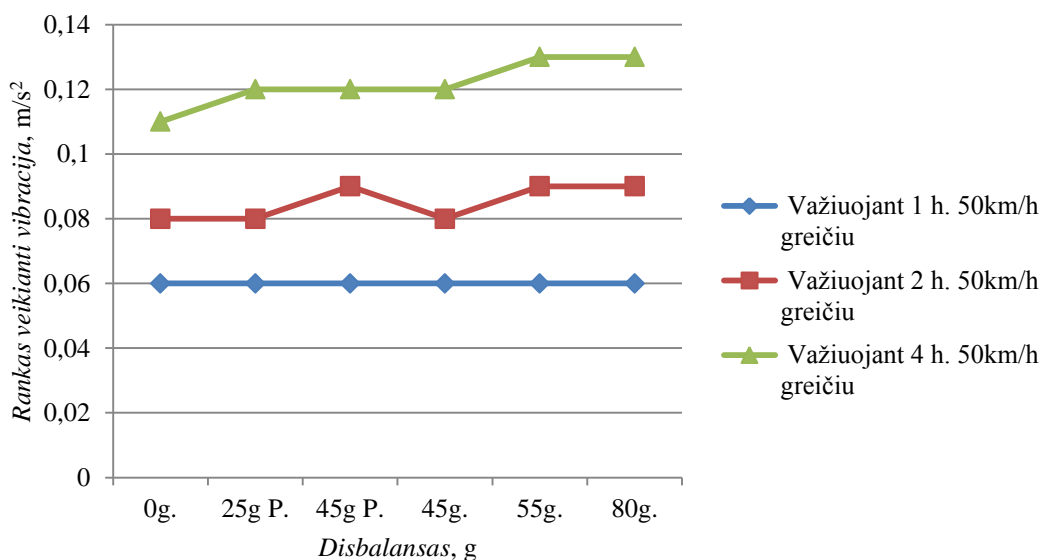


4.28 pav. Kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.

Važiuojant 100 km/h greičiu vibracijos vertės kurias vairuotojas gauna yra žymiai didesnės nei važiuojant mažesniais greičiais. Paanalizavus 4.28 grafiką matyti, kad didžiausia vibracijos veikimo vertė yra 1.64 m/s^2 , ji pasiekama važiuojant automobiliu 4 valandas, kai ratų disbalansas yra 80g. Ši vertė viršija ribinę veikimo vertę, todėl važiuojant automobiliu kyla pavojus vairuotojo sveikatai. Kaip matyti iš grafiko važiuojant 1 ar 2 valandas kasdieninio vibracijos veikimo vertė yra viršijama, tačiau ribinė vertė nėra peržengiama.

4.2.4 Rankas veikianti vibracija važiuojant žieminėmis padangomis.

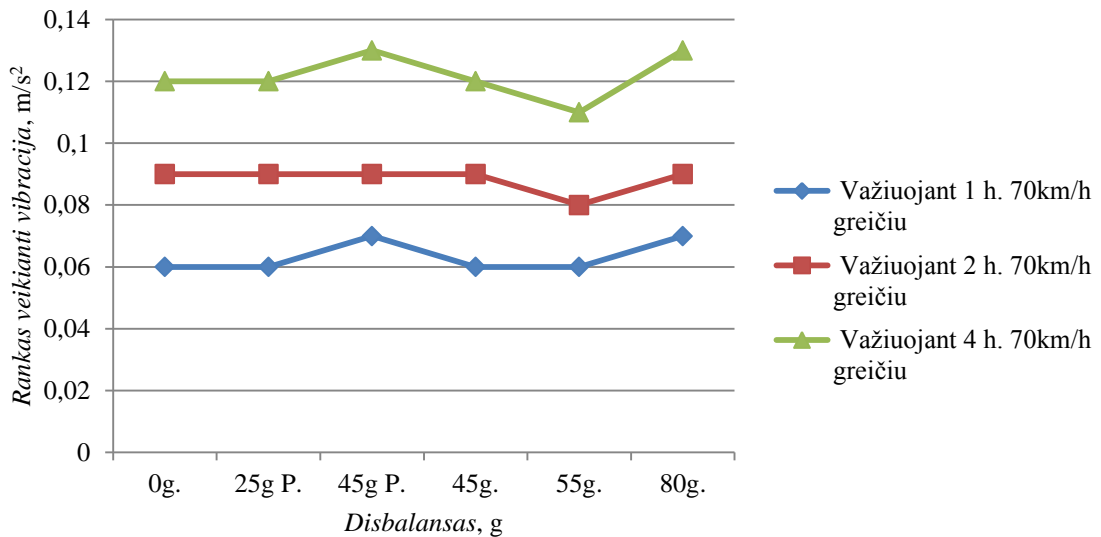
Pratęsiant skaičiavimus su žieminėmis padangomis, apskaičiavome rankas veikiančią kasdieninę vibracijos vertę. Gauti rezultatai važiuojant 50km/h greičiu pavaizduoti 4.29 pav.



4.29 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 50 km/h greičiu.

Iš gautų rezultatų galime teigti, jog ryškus vibracijos padidėjimo važiuojant 50km/h greičiu, padidinus ratų disbalansą iki 80 g nėra. Vibracijos veikimo vertė siekia $0,13 \text{ m/s}^2$. Tai pasiekama važiuojant automobiliu 4 valandas be perstojo. Važiuojant 1 valandą 50km/h greičiu, vibracijos vertė nepakinta padidėjus ratų disbalansui net iki 80 g.

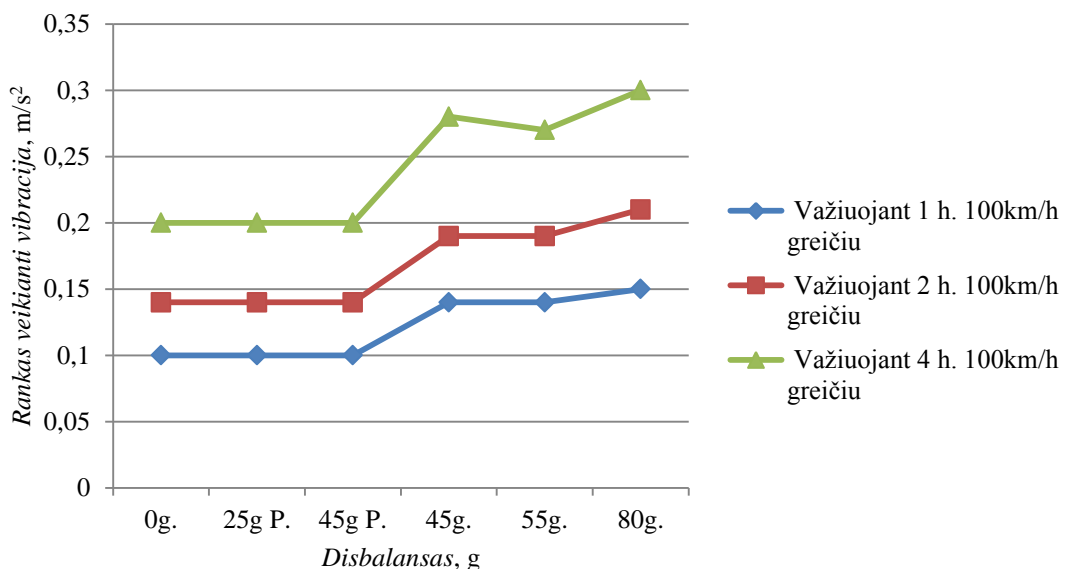
Padidinus greitį iki 70km/h gauti rezultatai pateikti 4.30 paveiksle.



4.30 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 70 km/h greičiu.

Iš gautos diagramos matyti, kad kaip ir 4.29 paveiksle vibracijos veikimo vertė kinta nedaug keičiant ratų disbalansą. Taip pat galima išvelgti, jog vibracijos veikimo vertės ilginant važiavimo laiką yra ganėtinai panašios. Didžiausia pasiekama vertė taip pat siekia $0,13 \text{ m/s}^2$. Galime daryti išvadą, jog važiuojant su žieminėmis padangomis, bei padidinus greitį nuo 50km/h iki 70km/h vibracija perduodama per vairą žmogui nepakito.

Greitį padidinus iki 100km/h gauti rezultatai pateikiami 4.31 paveiksle.



4.31 pav. Rankų kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai, važiuojant 100 km/h greičiu.

Kasdieninio veikimo vertė važiuojant 100 km/h greičiu 4 valandas siekia $0,3 \text{ m/s}^2$. Kaip matyti iš grafiko vibracijos veikimo vertė pradeda didėti esant 45 g ratų disbalansui. Nei vienu iš aptartų atvejų vibracija vaire nėra per didelė, kad darytų neigiamą poveikį žmogaus sveikatai. Esant ištirtai vibracijai vaire, važiuojant 100km/h greičiu, kai ratų disbalansas 80g, vibracijos veikimo vertė yra 8,3 karto mažesnė už leidžiamą. Palyginus 4.25 ir 4.31 paveikslus galime matyti, kad važiuojant su žieminėmis padangomis vibracijos veikimo vertė yra 1,6 karto didesnė nei su vasarinėmis padangomis esant 80g ratų disbalansui.

IŠVADOS

1. Atlikus vibracijos matavimo bandymus skirtingose automobilio vietose paaiškėjo, kad vibracija sėdynės atloše yra didžiausia. Važiuojant vasarinėmis padangomis 100km/h greičiu, esant 80 g ratų disbalansui vibracijos pagreičio vertė siekė 2904 mm/s^2 , tuo tarpu sėdynėje vibracija buvo 2,4 karto mažesnė važiuojant tomis pačiomis sąlygomis.
2. Greitį didinant nuo 70 km/h iki 100 km/h vibracija automobilyje padidėja apie 50%, kai ratų disbalansas 80 gramų.
3. Panaudojus tyrimo metu gautus duomenis, atlikti skaičiavimai kasdieninės vibracijos vertės nustatymui. Esant maksimaliai vibracijai, kuri buvo išmatuota vaire, kasdieninės vibracijos vertė 8,3 karto mažesnė už leidžiamą.
4. Visą kūną veikiančios vibracijos kasdieninio veikimo vertė 8 valandų darbo dienai yra $0,5 \text{ m/s}^2$. Atlikus skaičiavimus paaiškėjo, kad kasdieninio veikimo vertė važiuojant 4 valandas 100 km/h greičiu, bei esant 80 g ratų disbalansui siekia $2,21 \text{ m/s}^2$. Ši vertė viršija ribinę vibracijos veikimo vertę, kuri yra $1,15 \text{ m/s}^2$, 1,9 karto. Esant tokiems virpesiams kyla realus pavojus sutrikdyti savo sveikatą, bei susirgti JASIR ligomis.

ŠALTINIAI

1. Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas. 2003 m. liepos 1d., Nr. IX – 1672. Vilnius.
2. Valstybinė darbo inspekcija. [žiūrėta 2016 m. sausio 8 d.]. Prieiga per internetą: http://www.vdi.lt/Titulinis/EV_ataskaitos.aspx?EV_POGRUPIS=701
3. Artūras Mačiulis. VIRPESIŲ SKLIDIMAS GRUNTU IR JŲ ĮTAKA GYVENAMAJAI ZONAI.
4. Deikus J., Merkevičius S., Šarlauskas A. Inžineriniai techniniai metodai ir priemonės fizinei technologinei aplinkos taršai mažinti. I dalis: Vibroakustinė tarša. Mokymo priemonė inžinerinių specialybių studentams. LŲŲU, 2004. 60 p
5. Butkus, R. ir kt. Praktinės rekomendacijos darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatams taikyti. Vilnius: LR socialinės apsaugos ir darbo ministerija. 2005
6. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. – Žin., 2004, Nr.41-1350.
7. LST EN ISO 5349-1:2004. Mechaniniai virpesiai. Per rankas perduodamos vibracijos matavimas ir poveikio žmogui įvertinimas. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai, 2004
8. UAB“ Ausergra“. [žiūrėta 2015 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: www.ausegra.lt
9. Gražulevičius R. Vairuotojų ir mašinų operatorių darbo aplinkos veiksniai ir miokardo infarkto rizika. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba. ISSN 1392-1649. 2002, Nr.2(20), P. 57 – 62.
10. . European Agency for Safety and Health at Work. Raumenų ir kaulų sistemos sutrikimų rizikos mažinimas. [žiūrėta 2016 m. sausio 14 d.]. Prieiga per internetą: https://osha.europa.eu/lt/campaigns/ew2007/campaignmaterials/infopack_Lt.pdf.
11. R. Vagusevičius. 6 – 20 kN traktorių vairavimo mechanizmo amplitudinių – dažniųjų charakteristikų tyrimas. Daktaro disertacija. Kaunas – Akademija: LŲŲU, 1999. 106 p
12. Lietuvos Statistikos Departamentas. [žiūrėta 2015 m. spalio 25 d.]. Prieiga per internetą: http://db1.stat.gov.lt/statbank/selectvarval/saveselections.asp?MainTable=M3140603&P_Language=0&TableStyle=&Buttons=&PXSID=4262&IQY=&TC=&ST=ST&rvar0=&rvar1=&rvar2=&rvar3=&rvar4=&rvar5=&rvar6=&rvar7=&rvar8=&rvar9=&rvar10=&rvar11=&rvar12=&rvar13=&rvar14=
13. UAB“ Ausergra“. [žiūrėta 2015 m. spalio 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://ausegra.lt/ratu-montavimas-balansavimas.html>
14. Disbalansas. [žiūrėta 2016 m. kovo 2 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.autoservisuiranga.com/naudinga-informacija/ratu-disbalansas-smulkmena-ar-problema>

15. Padangų ženklėjimas. [žiūrėta 2016 m. kovo 16 d.]. Prieiga per internetą:
http://www.prim.lt/prim/straipsniai/spalvotos_zymes_ant_padangu/
16. Audi A4 B5. [žiūrėta 2015 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą:
<http://automobilio.info/lt/palyginti/3389/>
17. M. Bogdevičius. Transporto priemonių dinamika: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2012, 205 p. [4,40 aut. l. 2012 09 26]
18. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. Valstybės žinios. 2004, Nr. A1-55/V-91.
19. Svan 958 four channels sounds and vibration level meter and analyzer. Users manual SVANTEK Sp. z o.o. Warsaw, April 2008
20. Svan 958. [žiūrėta 2015 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą:
<http://svantek.com/pub/files/File/produkty/datasheet/SVAN958.pdf>
21. Kompiuterinis ratų balansavimo įrenginys B9100. Naudojimosi instrukcija. Snap-on Equipment s.2010.
22. Audi A4. [žiūrėta 2016 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą:
[http://www.fourtitude.com/gallery/albums//Audi/A4-S4-RS4%20\(B5,%20B6,%20B7%20and%20B8\)/A4%20Sedan%20\(B7\)/Technical/012.jpg](http://www.fourtitude.com/gallery/albums//Audi/A4-S4-RS4%20(B5,%20B6,%20B7%20and%20B8)/A4%20Sedan%20(B7)/Technical/012.jpg)
23. Technical documentation. Human vibration analyzer type 4447. User manual. Brüel & Kjær, 2009. P. 100.
24. Lietuvos Respublikos Seimas. [žiūrėta 2016 m. vasario 12 d.]. Prieiga per internetą:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_1?p_id=228686&p_query=&p_tr2=
25. Health and safety executive. [žiūrėta balandžio 22.]. Prieiga per internetą:
<http://www.hse.gov.uk/VIBRATION/hav/vibrationcalc.htm>
26. TECHNOLOGIJOS MOKSLAI ŠIANDIEN IR RYTOJ – 2013 Kauno technologijos universitetas, Lietuva 2013 gruodžio 6 d.

PRIEDAI

1 priedas

1 lentelė. Vibracijos matavimo duomenys važiuojant žieminėmis padangomis „Audi A4“ automobiliu.

Matuojama vieta	Disbalansas					
	0 g	25 g Priekiniai ratai	45 g Priekiniai ratai	45 g Visi	55 g Visi	80 g Visi
Grindys 50 km/h	317	440	455	356	277	468
Grindys 70 km/h	357	423	347	372	338	398
Grindys 100km/h	450	383	649	773	1006	1110
Sėdynė 50 km/h	267	367	423	455	513	528
Sėdynė 70 km/h	339	377	412	447	480	500
Sėdynė 100 km/h	434	564	732	805	930	953
Sėdynės atlošas 50 km/h	399	507	608	651	546	726
Sėdynės atlošas 70 km/h	429	690	771	829	708	830
Sėdynės atlošas 100 km/h	658	639	1439	1612	1133	2019
Vairas 50 km/h	159	164	172	167	178	181
Vairas 70 km/h	172	171	188	173	162	187
Vairas 100 km/h	282	281	284	390	388	430
Bagažinė 50 km/h	293	276	252	296	253	265
Bagažinė 70 km/h	290	238	263	354	284	286
Bagažinė 100 km/h	292	222	280	358	496	539

2 lentelė. Vibracijos matavimo duomenys važiuojant vasarinėmis padangomis „Audi A4“ automobiliu.

Matuojama vieta	Disbalansas					
	0 g	25g Priekiniai ratai	45 g Priekiniai ratai	45 g Visi	55g Visi	80 g Visi
Grindys 50 km/h	319	335	377	404	509	603
Grindys 70 km/h	449	428	483	502	566	606
Grindys 100km/h	412	454	513	613	666	685
Sėdynė 50 km/h	306	343	372	381	385	411
Sėdynė 70 km/h	409	444	485	511	533	548
Sėdynė 100 km/h	475	501	1022	1090	1119	1196
Sėdynės atlošas 50 km/h	607	732	762	809	964	968
Sėdynės atlošas 70 km/h	745	734	818	1039	915	1253
Sėdynės atlošas 100 km/h	838	1962	1963	2227	2725	2904
Vairas 50 km/h	79	87	74	88	99	103
Vairas 70 km/h	86	86	95	101	118	133
Vairas 100 km/h	146	171	195	204	226	255
Bagažinė 50 km/h	318	391	244	383	325	377
Bagažinė 70 km/h	340	377	304	338	321	264
Bagažinė 100 km/h	255	351	388	413	485	673

3 lentelė. Visą kūną veikiančios vibracijos, veikimo vertės skaičiavimo rezultatai važiuojant žieminėmis padangomis.

Važiavimo trukmė	Disbalansas					
	0 g	25 g P.	45 g P.	45 g	55 g	80 g
Važiuojant 1 h. 50km/h greičiu	0,18	0,25	0,29	0,29	0,26	0,34
Važiuojant 2 h. 50km/h greičiu	0,26	0,35	0,42	0,41	0,38	0,48
Važiuojant 4 h. 50km/h greičiu	0,36	0,5	0,59	0,58	0,53	0,68
Važiuojant 1 h. 70km/h greičiu	0,21	0,29	0,32	0,34	0,31	0,35
Važiuojant 2 h. 70km/h greičiu	0,31	0,42	0,45	0,48	0,44	0,5
Važiuojant 4 h. 70km/h greičiu	0,44	0,6	0,64	0,67	0,62	0,71
Važiuojant 1 h. 100km/h greičiu	0,29	0,3	0,6	0,65	0,56	0,82
Važiuojant 2 h. 100km/h greičiu	0,41	0,43	0,84	0,92	0,8	1,15
Važiuojant 4 h. 100km/h greičiu	0,57	0,61	1,19	1,3	1,13	1,64
Ribinė kasdienio veikimo vertė	1,15					
Kasdienio veikimo vertė darbo procese	0,5					

4 lentelė. Visą kūną veikiančios vibracijos, veikimo vertės skaičiavimo rezultatai važiuojant vasarinėmis padangomis.

Važiavimo trukmė	Disbalansas					
	0 g	25 g P.	45 g P.	45 g	55 g	80 g
Važiuojant 1 h. 50km/h greičiu	0,24	0,29	0,31	0,34	0,39	0,42
Važiuojant 2 h. 50km/h greičiu	0,34	0,42	0,44	0,47	0,57	0,58
Važiuojant 4 h. 50km/h greičiu	0,48	0,59	0,63	0,66	0,8	0,84
Važiuojant 1 h. 70km/h greičiu	0,29	0,31	0,36	0,42	0,41	0,51
Važiuojant 2 h. 70km/h greičiu	0,41	0,44	0,51	0,61	0,58	0,73
Važiuojant 4 h. 70km/h greičiu	0,58	0,63	0,73	0,86	0,83	1,03
Važiuojant 1 h. 100km/h greičiu	0,32	0,72	0,78	0,82	1,03	1,1
Važiuojant 2 h. 100km/h greičiu	0,46	1,02	1,11	1,16	1,45	1,56
Važiuojant 4 h. 100km/h greičiu	0,65	1,44	1,56	1,65	2,06	2,21
Ribinė kasdienio veikimo vertė	1,15					
Kasdienio veikimo vertė darbo procese	0,5					