



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

Karolis Černauskas

SUNKVEŽIMIO SU PUSPRIEKABE STABILUMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Arūnas Tautkus

PANEVĖŽYS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

SUNKVEŽIMIO SU PUSPRIEKABE STABILUMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus
(data)

Projektą atliko

(parašas) Karolis Černauskas
(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

(Fakultetas)

Karolis Černauskas

(Studento vardas, pavardė)

Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Sunkvežimio su puspriekabe stabilumo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Birželio 9 d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Karolio Černausko**, baigiamasis projektas tema „Sunkvežimio su puspriekabe stabilumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir 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)

TVIRTINU:

KTU Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto

Technologijų katedros vedėjas

20..... ..

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Karoliui Černauskui*

Grupė *PMT-5*

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: *Sunkvežimio su puspriekabe stabilumo tyrimas*

Anglų kalba: *Research on Stability of Truck with Semi -Trailer*

Patvirtinta 2017 m. Kovo mėn. 30 d. dekanu potvarkiu Nr. V25-13-8

2. Darbo tikslas:

Apžvelgti transporto priemonių junginių matematinius modelius, esančius literatūroje. Nustatyti kokie parametrai įtakoja sunkvežimio su puspriekabe stovumą.

3. Reikalavimai

ir sąlygos:

Ištirti Daf, Renault, Iveco, Scania sunkvežimius, su priekaba, su puspriekabe. Nustatyti kokia įtaka turi masės svorio padėties kitimas.

4. Projekto struktūra. *Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.*

- *Literatūros apie transporto priemonių stabilumą analizė*
- *Literatūros apie sunkvežimių su priekaba, puspriekabės savybės analizė*
- *Sunkvežimių su priekaba, puspriekabe stovumo analizė*

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

Užduotį gavau:

Karolis Černauskas

(data)

2017-02-01

(studento vardas, pavardė, parašas)

(data)

Vadovas:

Doc. Dr. Arūnas Tautkus

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Černauskas, Karolis. *Sunkvežimio su puspriekabe stabilumo tyrimas*. Magistro baigiamasis projektas/ doc. dr. Arūnas Tautkus; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio verslo ir technikos fakultetas. Projektą sudaro šeši skyriai, kuriuose yra 41 paveikslėliai, 2 lentelės. Baigiamąjį projektą sudaro 60 lapų.

Reikšminiai žodžiai: *stovumas, sunkvežimis, dinamika, posūkis, virtimas*.

Panevėžys, 2017. 60 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame darbe nagrinėjamos sunkvežimių dinaminės charakteristikos bei pagrindiniai jas lemiantys parametrai. Taip pat darbe apžvelgiamos sunkvežimį veikiančios jėgos, apžvelgiama sunkvežimio masės svorio centro padėtis, priekabos, puspriekabės įtaka vilkiko stabilumui, bei valdomumui. Baigiamąjį projektą sudaro šeši skyriai. Pirmajame skyriuje nagrinėjama bendrasis sunkvežimio stovumas. Antrajame ir trečiajame skyriuose pateikiama skaičiavimo metodika apie skersinio ir kelio posūkyje sunkvežimio stabilumą. Ketvirtajame skyriuje apžvelgiama nagrinėjamųjų sunkvežimių tipai. Penktame skyriuje aprašoma apie sunkvežimių priekabų ir puspriekabių važiuoklę. Šeštajame skyriuje nagrinėjami sunkvežimių tipai, Daf, Renault, Iveco, Scania, vertinamas jų stabilumas. Atlikti skaičiavimai kokia įtaka turi masės svorio centro padėties kitimas. Nustatytas maksimalus virtimo greitis kelio posūkyje. Nustatyta kritinis virtimo greitis nuo kelio posvyrio kampo.

Černeckas, Karolis. *Research on Stability of Truck with Semi -Trailer: Master's thesis* supervisor assoc. prof. dr. Arūnas Tautkis. The Faculty of Business and Technology, Kaunas University of Technology.

Key words: *stability, truck, dynamics, turn.*

Panevėžys, 2017. 60 p.

SUMMARY

The final paper deals with the dynamic characteristics and trucks are the main influencing parameters. It also provides an overview of the work force on a truck, a truck looks at the mass center of gravity position, trailer, semi-trailer tractor influence the stability and handling. The final project with doing four chapters. The first chapter examines the overall stability of the truck. The second and third sections of the methodology for the calculation of the cross and in a curve truck stability. The fourth chapter reviews the types of lorries concerned. The fifth chapter describes about truck trailers and semi-trailers chassis. The sixth chapter examines the types of trucks, Daf, Renault, Iveco, Scania, evaluation of its stability. Calculations of the influence of the mass center of gravity variation. The maximum turning speed in a curve. The critical turning speed of the road bank angle.

TURINYS

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS	11
1. BENDRAS SUNKVEŽIMIŲ STOVUMO ĮVERTINIMAS	12
2. SUNKVEŽIMIO SKERSINIO STABILUMO PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO METODIKA	18
3. SUNKVEŽIMIO STABILUMO KELIO POSŪKYJE SKAIČIAVIMO METODIKA	24
3.1Krovinio automobilio judėjimo kelio posūkyje horizontaliu kelio paviršiumi skaičiavimo metodika.....	24
3.2Krovinio automobilio judėjimo kelio posūkyje su skersiniu nuolydžiu skaičiavimo metodika	28
4. SUNKVEŽIMIŲ TIPAI	31
5. PRIEKABŲ IR PUSPRIEKABIŲ PAKABA	39
6. TYRIMO REZULTATAI	43
6.1. Vertimosi momento priklausomybė nuo vertikaliosios svorio centro padėties kitimo.	44
6.2. Posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė.....	51
6.3 Kritinio slydimo greičio priklausomybė nuo posūkio spindulio.	55
6.4 Kritinis virtimo greitis nuo kelio posvyrio kampo.....	56
IŠVADOS	59
LITERATŪROS SĄRAŠAS	60

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

- 1 pav. Skersinės automobilių dinamikos bandymo metodų pasiskirstymas.
- 2 pav. Skersinių priekabos svyravimų schema.
- 3 pav. Krovininio automobilio skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema.
- 4 pav. Krovininio automobilio judėjimo posūkyje schema.
- 5 pav. Krovininio automobilio judėjimo posūkyje skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema.
- 6 pav. Krovininio automobilio judėjimo posūkyje su skersiniu kelio nuolydžiu skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema
- 7pav. Galinio krovininio automobilio tilto slydimo kelio posūkyje schema.
- 8 pav. Priekinio krovininio automobilio tilto slydimo kelio posūkyje schema.
- 9 pav. Sunkvežimis.
- 10 pav. Sunkvežimis su puspriekabe.
- 11 pav. Puspriekabės rėmas.
- 12 pav. Izoterminė puspriekabė.
- 13 pav. Refrižeratorius.
- 14 pav. Puspriekabės.
- 15 pav. Puspriekabė „Jumbo“.
- 16 pav. Cisterna.
- 17 pav. Sunkvežimis su priekaba.
- 18 pav. Nelaimingų įvykių, su puspriekabe, situacijos.
- 19 pav. Linginė pakaba.
- 20 pav. BPW pakaba
- 21 pav. SAF pakaba.
- 22 pav. Stabdžių sistema.
- 23 pav. Pakabos geometrijos schema.

- 24 pav. Krovininio automobilio masės centro kitimo kryptis.
- 25 pav. Daf virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties.
- 26 pav. Scania virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties.
- 27 pav. Iveco virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties.
- 28 pav. Renault virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties.
- 29 pav. Visų markių ir modelių sunkvežimių virtimo momentai.
- 30 pav. Sunkvežimio jėgų ir momentų virtimo schema.
- 31 pav. DAF posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė.
- 32 pav. SCANIA posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė.
- 33 pav. IVECO posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė.
- 34 pav. RENAULT posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė.
- 35 pav. Visų markių sunkvežimių maksimalus virtimo greitis.
- 36 pav. Važiavimo greičio, esant skirtingiems sukibimo koeficientams, ir posūkio spindulio priklausomybė.
- 37 pav. DAF virtimo greitis kai kelio pagrindas pasviręs $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, $R = 10$ m.
- 38 pav. SCANIA virtimo greitis kai kelio pagrindas pasviręs $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, $R = 10$ m.
- 39 pav. IVECO virtimo greitis kai kelio pagrindas pasviręs $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, $R = 10$ m.
- 40 pav. RENAULT virtimo greitis kai kelio pagrindas pasviręs $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, $R = 10$ m.
- 41 pav. Visų markių sunkvežimių maksimalus virtimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, $R = 10$ m, svorio centro padėtis 0,84 m.

IVADAS

Krovinių pervežimas ir pristatymas tapo vienu pagrindinių sėkmingo verslo aspektu. Lietuvoje registruotų logistikos įmonių skaičius siekia 7 tūkst., transporto priemonių parką sudaro apie 34 tūkst. Mašinų iš kurių didžioji dalis sunkusis transportas. Atsižvelgiant sunkiasvorio transporto naudą bei paklausą buvo nuspręsta išnagrinėti sunkvežimio dinamines charakteristikas[2].

Vienas iš pagrindinių eksploataavimo parametrų sunkiasvorio automobilio stovumas. Stabilumas apibrėžiamas kaip galimybė priešintis virtimui. Stabilumo faktorių įtakoja, sunkvežimio konstrukciniai sprendimai nuo važiavimo greičio lygiame kelyje, darant posūkį, apvažiuojant kliūtį, oro, kelio dangos sąlygų. Valdomas stabilumas priklauso nuo vairuotojo veiksmų siekiant išlaikyti transporto priemonę kritinėje situacijoje[7].

Darbo objektas – sunkvežimis su puspriekabe stovumas.

Darbo tikslas :

1. išanalizuoti sunkvežimio su priekaba ir puspriekabe stovumą.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti sunkvežimių bendra stovumą.
2. Išanalizuoti skersinį sunkvežimių stabilumo parametrus.
3. Išanalizuoti jėgas, kelio posūkyje, veikiančios sunkvežimį.
4. Išanalizuoti puspriekabės, priekabos tipus.
5. Išanalizuoti skirtingų sunkvežimių gamintojų modelius.

Darbe naudoti metodai:

1. Mokslinės literatūros analizė.
2. Mokslinių straipsnių analizė.
3. Straipsnių, publikacijų internetinių duomenų analizė.
4. Statistinių duomenų analizė.

Remiantis literatūros šaltiniais, jų skaičiavimo metodika, pateiktomis skirtingomis gamintojų techninėmis charakteristikomis ištirti sunkvežimio su priekaba ir puspriekabe stabilumą, gautus duomenis sulygtinti.

1. BENDRAS SUNKVEŽIMIŲ STOVUMO ĮVERTINIMAS

Sunkvežimių eismo saugumui keliuose užtikrinti jo stovumas ir valdomumas kartu su stabdymo savybėmis turi didelę įtaką. Šios savybės sunkvežimio skersinės dinamikos savybės tiriamos specialiuose poligonuose pagal aprobuotas bandymo metodikas[8].

Krovininio automobilio judėjimo savybėms nustatyti pirmiausia yra taikomi objektyvūs kriterijai, nustatyti pagal kinematinius bei dinaminis judėjimo rodiklius. Kartu su jais lyginama ir vairuotojų bandytojų nuomonė, kuri dažnai būna pagrindinis argumentas parenkant konstrukcinius parametrus[8].

Galima pripažinti, kad nėra dar konkrečių kriterijų, kuriais būtų galima vienareikšmiškai apibūdinti keliamus reikalavimus sunkiajam autotransporto skersiniai dinamikai, nors per daugelį metų buvo atlikta nemažai teorinių ir eksperimentinių tyrimų. Apžvelkime taikomus automobilio stovumo ir valdymo tyrimo metodus (1 pav.), kad problemą būtų aiškesnė[8].

Bandymo metodai vairuotojo atliekamų veiksmų atžvilgiu skirstomi į atvirąjį ir uždarąjį testus. Naudojant atvirąjį testą nagrinėjamas sunkvežimio judėjimas, kai vairuotojo atliekami veiksmai yra iš anksto nustatyti. Uždarojo testo atveju vairuotojas gali reguliuoti sunkvežimio judėjimą, stengdamasis išlaikyti nustatytus judėjimo parametrus[8].

Skersinės dinamikos bandymai atliekami automobiliui važiuojant pastoviuoju arba kintamuoju režimu. Eksperimentų rezultatai yra nagrinėjami laiko arba svyravimų dažnio atžvilgiu.

Šiandien naudojama apie 30 kelių transporto priemonių skersinės dinamikos bandymo metodų. Priklausomai kaip automobilis juda, bei kokia trajektorija, gali būti suskirstyti į :

- važiavimo tiesiai,
- važiavimo apskritimu,
- manevravimo ir skersinių svyravimų testus.

Atliekant tiesiaieigio judėjimo testą, pagrindinis uždavinys išsiaiškinti tiriamojo sunkvežimio stabilumą, veikiant išoriniams veiksniams, kai yra keičiamas judėjimo greitis, važiuojant tiesiai. Bandymo metu važiuojant tiesiai lygiu keliu, nustatomas suminis vairo pasukimų kampas, kai sunkvežimis nustatytu greičiu juda tiesaus horizontalaus kelio su lygia danga atkarpa[8].

Kitu testu siekiama nustatyti kaip vairuotojas geba išlaikyti sunkvežimį reglamentuotame judėjimo koridoriuje, važiuojant keliu su nelygia danga nustatytu greičiu. Šis testas parodo statistinius vairaračio pasukimo parametrus[8].

Vairaračio sukiojimo bandymas atliekamas norint išsiaiškinti sunkvežimio reakciją (jautrumą) į nedidelius vairo pasukimus[8].

Bandymo metu važiuojant šlapiu keliu, tikrinamas sunkvežimio stabilumas. Šio bandymo metu siekiama nustatyti didžiausia greiti, kuriam esant vairuojamieji ratai praranda kontaktą su keliu, bet siekiama nustatyti kaip pasikeičia stovumas stabdant[8].

Sunkvežimis efektyviai stabdomas, jis neturi pernelyg nukrypti į šoną arba pasisukti. Stabdymo metu įvertinamas ir kampinis sukimosi greitis bei šoninis nukrypimas nuo nustatytos krypties. Šie parametrai fiksuojami po 1s pradėjus stabdyti. Stabdoma važiuojant horizontaliu keliu su nelygia kelio danga[8].

Pastaraisiais metais plačiai taikomas skirtingo ratų sukibimo bandymas, dar vadinamas *u-split* testu, kurį atliekant skirtingų šonų ratai nevienodai sukimba su keliu. Pavyzdžiui: kairieji automobilio ratai stabdomi sausu asfaltu, o dešinieji slidžia kelio danga. Metodas tapo labai populiarus automobiliams su įrengta stabdžių antiblokavimo sistema. Krovinio automobilio skersinės dinamikos kriterijai šio bandymo metu yra dydžiai, apibūdinantys jo sukamąjį judėjimą[8].

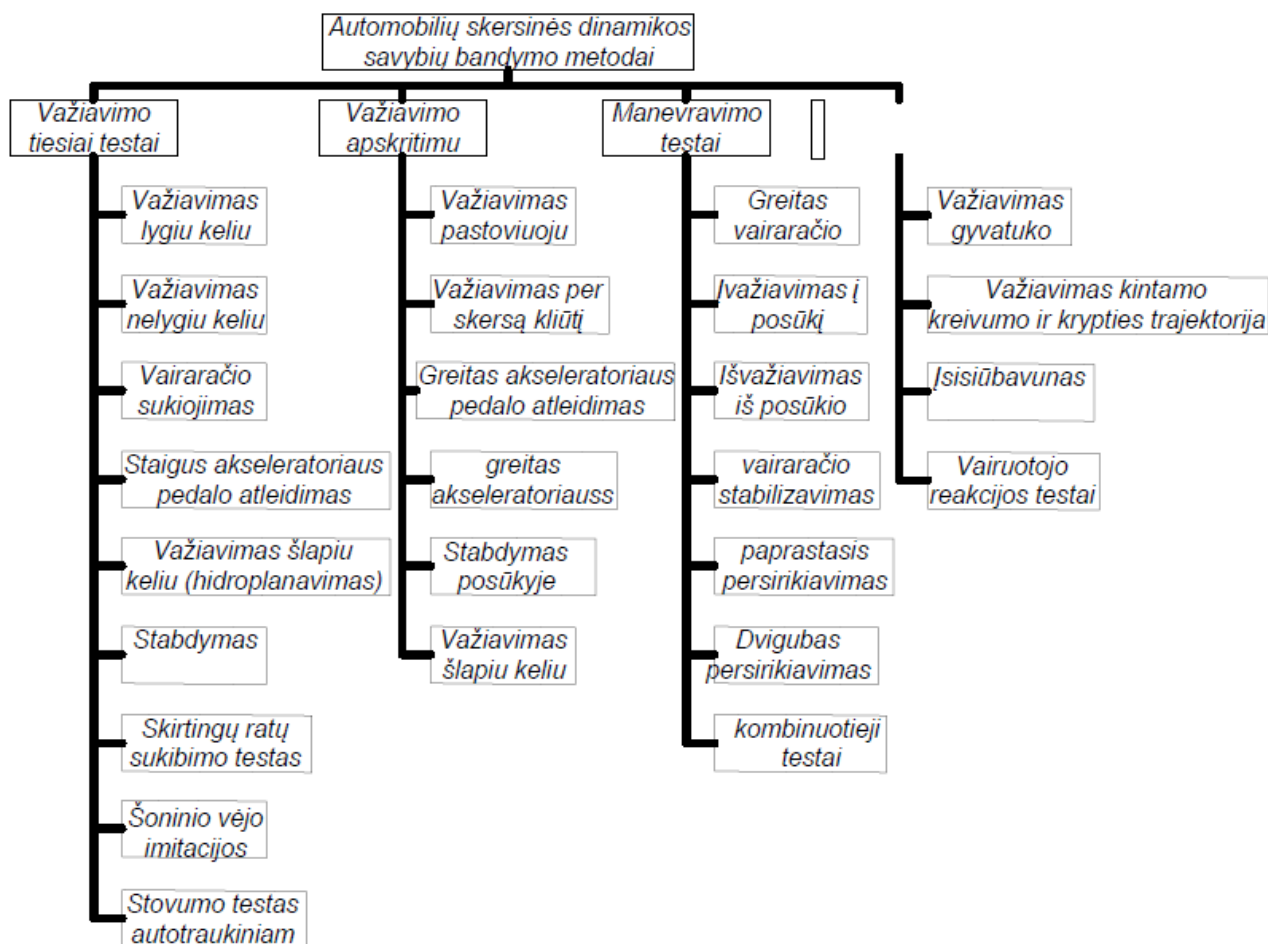
Šoninio vėjo poveikis sunkvežimio junginiui skersinės dinamikos atžvilgiu svarbus standartizuotas bandymo metodas. Šiuo tyrimo metu yra imituojamas šoninio vėjo poveikis.

Sunkvežimių su puspriekabe, su priekaba, važiuojančio apskritimu tyrimas yra pagrindinis bandymo metodas nustatantis stovumą. Kroviniai automobiliai išbandomi važiuojant pastoviu greičiu apskritimo trajektorija. Testu siekiam nustatyti:

- didžiausias šoninis pagreitis (maksimalus važiavimo greitis);
- vairuojamųjų ratų pasukimo kampas;
- automobilio dreifo kampas;
- šoninio pasvyrimo kampas;
- vairaračio pasukimo momento priklausomybė nuo šoninio pagreičio.

Ilgainiui šis testas buvo patobulintas. Minėti kriterijai nustatomi automobiliui važiuojant pastoviu greičiu kintamo kreivumo trajektorija. o taip pat tiriamas judėjimas esant vienodai nuspaustam

akceleratoriaus pedalui, kai skirtingi vairaračio pasukimo kampai. Dabartiniams sunkvežimiams ir keliamas nebeaktualus testas, kai automobilis, judėdamas pastoviu režimu apskritimu, pervažiuoja per skersą jo trajektorijai kliūtį. Pagal automobilio kampinio sukimosi greičio pokytį pirmiausia sprendžiama apie amortizatorių ir kitų automobilio parametų suderinamumą[8].

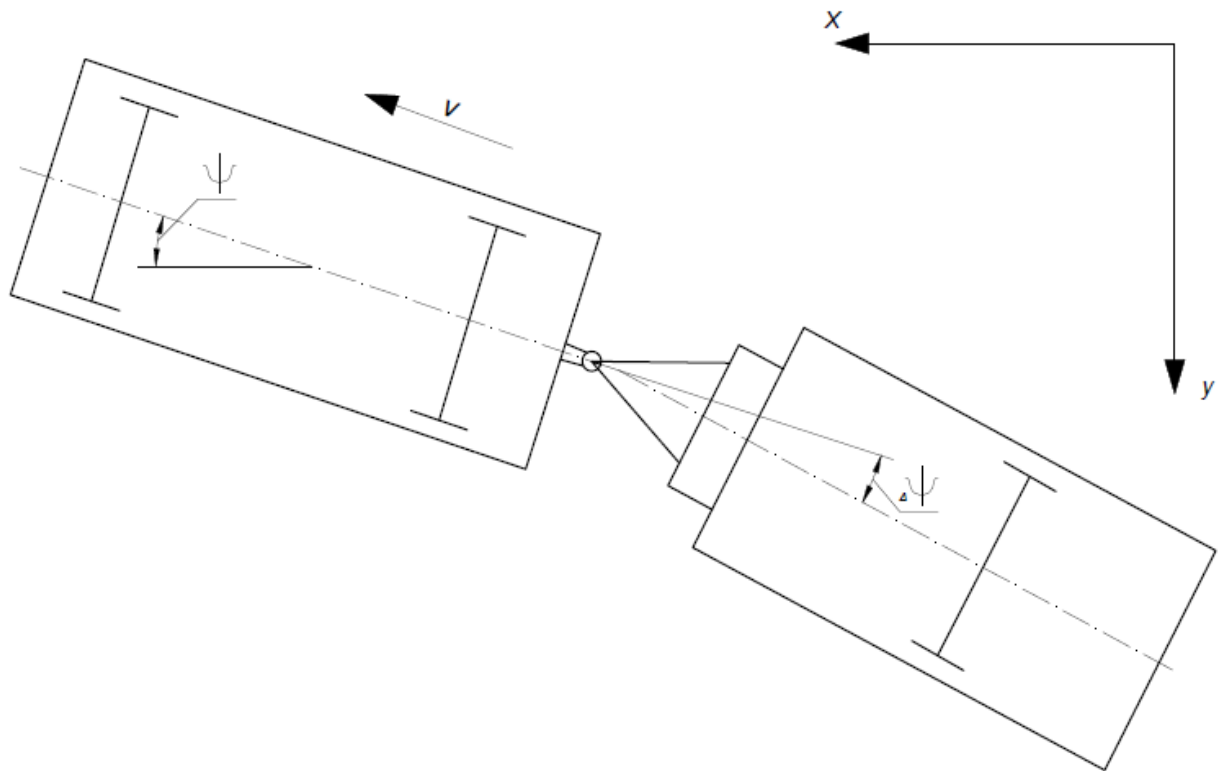


1 pav. Skersinės automobilių dinamikos bandymo metodų pasiskirstymas [8]

2006 m. buvo priimtas standartas ISO 9816:2006. Juo nustato krovininio automobilio reakcijos į greitą akceleratoriaus pedalo atleidimą jam važiuojant pastoviuoju režimu apskritimu tyrimo metodika bei vertinimo kriterijai, kurie nustatomi pagal krovininio automobilio trajektorijos spindulio bei kampinio sukimosi greičio pokyčius[8].

Tokie pat kriterijai yra nustatomi bandant sunkvežimį pagal nestandartizuotą bandymo metodiką, kai jam važiuojant apskritimu staiga paspaudžiamas akceleratoriaus pedalas.

Automobilio reakcija atliekant tokį bandymą daug priklauso nuo kelio ir ratų sukibimo charakteristikų.



2 pav. Skersinių priekabos svyravimų schema [8]

čia: XY – nejudanti koordinačių sistema, ψ – automobilio krypties kampas, $\Delta\psi$ - santykinis priekabos nukrypimo kampas.

Atliekant posūkio manevrą, tenka staigiai stabdyti. Sunkvežimio šoninės dinamikos savybės lemia jo judėjimą tokio manevro metu. Bandymo metu svarbiausios atsiradusios sunkvežimio reakcijos yra jo kampinio sukimosi greičio, dreifo kampo ir šoninio pagreičio reikšmės, nustatytos po 1 s pradėjus stabdyti, didžiausios reikšmės. Taipogi įvertinama sunkvežimio nuokrypis nuo reglamentuotos trajektorijos, stabdymo lėtėjimo pagreitis, kuriam esant automobilio šoninis pagreitis sumažėja iki nulio[8].

Važiuojant apskritimu, šlapia kelio danga taip pat vertinamos potencinės sunkvežimio savybės stabiliai važiuoti.

Vienas iš pagrindinių tyrimo metodų yra sunkvežimio reakcijos į greitą vairaračio pasukimą nustatymas. Šiuo bandymu nustatoma pastoviojo judėjimo ir dinaminio pereinamojo

proceso kriterijai. Bandymų poligone sunkvežimiui su priekaba važiuojant pastoviu 60 km/h greičiu vairaratis iš vidurinės padėties greitai pasukamas tam tikru kampu ir užfiksuojamas[8].

Nusistovėjusio po manevro judėjimo charakteristikos yra analogiškos nustatomoms tuo atveju, kai automobilis yra išbandomas važiuojant apskritimu. Dinaminį pereinamąjį procesą apibūdina parametrai, nustatomi pagal skirtumą tarp didžiausio, mažiausio ir nusistovėjusio kampinio sukimosi greičių. Svarbiausia yra TB koeficientas (laiko, iki krovinio automobilio kampinis sukimosi greitis pasiekia didžiausią reikšmę, ir dreifo kampo pastoviojo judėjimo sąlygomis sandauga), kuris būna panašus ir į vairuotojų bandytojų įvertinimus[8].

Įvažiavimo posūkį bandymo metodą dažnai taiko Rusijos mokslininkai. Uždarąjo testo metu nustatomas maksimalus manevro greitis ir apskaičiuojamas atitinkamas šoninis pagreitis.

Europos Sąjungos direktyva 70/311/EEB reglamentuoja vairaračio stabilizavimo ir išvažiavimo iš posūkio bandymus. Pirmuoju testu nustatoma, ar automobilis, važiuojantis apytikriai pusiau pasuktais ratais, ne mažesniu kaip 10 km/h greičiu, paleidus vairaratį, keičia trajektorijos spindulį (reikalaujama, kad trajektorijos spindulys nesumažėtų). Antrasis testas aktualesnis autotraukiniams - jiems išvažiuojant iš apskritimo neturi būti didesnių priekabos svyravimų[8].

Standartas ISO 7401:2011 nustato persirikiavimo manevro atlikimo technologiją. Vairaračio pasukimo dėsnis turi atitikti visą sinusoidę. Tiriant šiuo metodu nesunkiai gali būti sumodeliuotos artimos kritinėms važiavimo sąlygos[8].

Siekiant nustatyti sunkvežimio šoninės dinamikos savybes atliekamas dvigubas persirikiavimo manevras. Vertinama didžiausia kampinio pagreičio reikšmė.

Naudojant kitus persirikiavimo manevers, jo metu autotransporto priemonė staigiai stabdoma arba greitai pasukamas vairas, staigiai atleidžiamas akceleratorius. Dėl bandymų sudėtingumo, ir mažo informatyvumo, palyginti su kitais testais, pastarieji plačiai netaikomi.

Tokie važiavimai kaip gyvatuko trajektorija, judėjimas kintama trajektorija, taip pat puikiai atliekami testai norint įvertinti autotransporto priemonių stovumą.

Manevravimas gyvatuko trajektorija. Dar kitaip vadinamas „ briedžio testu“. Automobilių industrijoje šis testas yra puikiai žinomas – jis vienas iš svarbiausių automobilių saugumo testų ir buvo viena iš pagrindinių priežasčių naudoti elektronines stabilumo kontrolės sistemas. Atlikus bandymą nustatomas didžiausias važiavimo greitis, kuriuo sugebama apvažiuoti

visus bandomojo ruožo pylonus. Šio testo pagalba nustatomi, vairaračio pasukimo kampai ir momentai, kampinis sukimosi greitis, šoninis pagreitis[8].

Kintama trajektorija – testas, jo metu nustatoma sunkvežimio svyravimų savybės jam važiuojant nuolat besikeičiančios kreivumo bei krypties trajektorija.

Vairuotojo reakcijos testai taikomi tiriant sistemos vairuotojas - automobilis - kelias savybes. Tam sudaromos įvairios pavojingos situacijos (pvz., sprogsa padanga, sukeliama automobilio skersiniai svyravimai, važiavimo kryptimi staiga atsiranda kliūtis ir pan.). Pagal vairuotojo pasirinktus valdomuosius veiksmus bei automobilio judėjimo kriterijus manevro metu įvertinamas sistemos vairuotojas - automobilis - kelias potencinės savybės[8].

Šoninio vėjo poveikis, skersinės dinamikos atžvilgiu labai svarbus faktorius. Šio bandymo metu yra įvertinama santykio nukrypimo kampo tarp vilkiko ir priekabos išilginių ašių kitimas laiko atžvilgiu. Šis kitimas vadinamas skersiniu priekabos svyravimu horizontalioje plokštumoje[8].

Puspriekabė, priekaba gali imti svyruoti nuo staigaus vilkiko manevro, stipraus oro gūσιο, smūgio į šoną ir pan. Šių svyravimų rūšių gali būti gęstantys, pastovūs ir stiprėjantys. Jų pobūdis priklauso nuo puspriekabės, priekabos masių bei geometrinių parametrų. Svyravimų dažnumas priklauso ir nuo važiavimo greičio. Greitis, kuriam esant svyravimo dažnis išlieka pastovus, vadinamas kritiniu[8].

2. SUNKVEŽIMIO SKERSINIO STABILUMO PARAMETRŲ SKAIČIAVIMO METODIKA

Apžvelkime skaičiavimo metodiką, naudojamą projektavimo bei techninės ekspertizės metu siekiant įvertinti didesnio gabaritinio aukščio transporto priemonių skersinio stovumo rodiklius. Ši metodika parengta pagal Jungtinių Tautų Europos ekonominės Komisijos (JT EEK) taisyklės Nr. 111 4 priedo reikalavimus.

Skaičiavime naudojami dydžiai ir jų dimensijos:

i – ašies / pakabos indeksas ($i = 1 \dots n$, 1- pirmoji ašis / pakaba; / pakaba;

$i = T$ – visos ašys / pakabos; $i = M$ - standžiausia ašis / pakaba; $i = K$ - balnas);

m_i – pakabos momentinio sukimosi centro atstumas nuo atraminio (kelio) paviršiaus, m;

A_i – ašies / pakabos apkrova, kN;

C_{DGi} –kampinis pakabos standumas momentinio sukimosi centro atžvilgiu, kN/rad;

C_{DFi} – papildomas kampinis pakabos standumas (pvz. dėl stabilizatoriaus poveikio), kN/rad;

C_{DGMi} – kampinis pakabos standumas atraminio (kelio) paviršiaus atžvilgiu, kN/rad;

C_{DRi} – kampinis ašies standumas (dėl padangų deformacijos vertikalia kryptimi), kN/rad;

C_{DRESi} – bendras kampinis pakabos ir ašies standumas atraminio paviršiaus atžvilgiu, kN/rad;

F_{RVi} – vertikalusis ašies ratų standumas, kN/m;

F_{GVi} – vertikalusis ašies pakabos standumas, kN/m;

U_i – neparemta ašies masė, kN;

T_{Ni} – ašies tarpvėžio plotis, m;

T_i – teorinis ašies su suporintais ratais tarpvėžio plotis, m;

t_i – atstumas tarp vienos ašies pakabos tampriųjų elementų, m;

F_E – standžiausios ašies efektyvaus standumo koeficientas;

H_G – transporto priemonės svorio centro aukštis, m;

H_N – paremtų masių svorio centro aukštis, m;

M_A – atstumas tarp rato suporintų padangų, m;

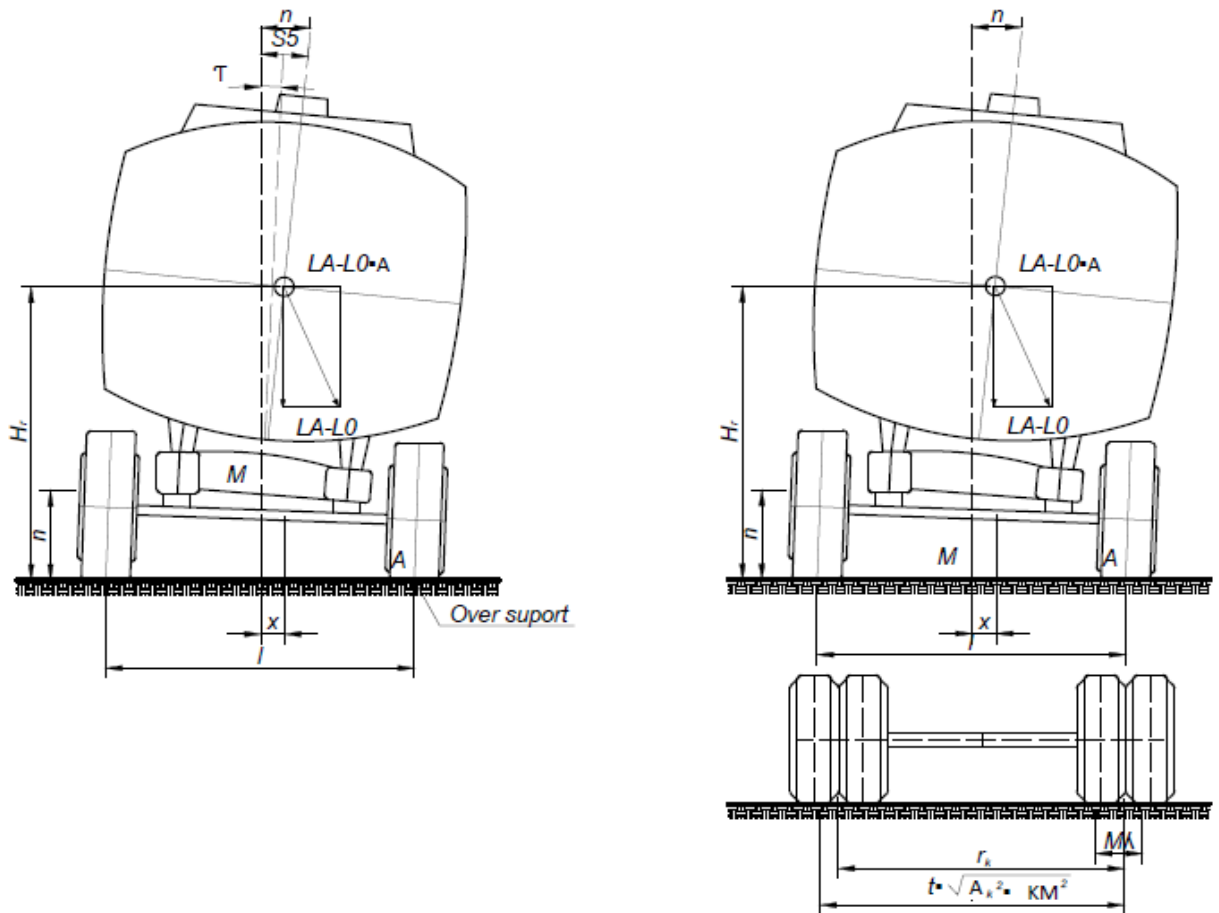
H_G – transporto priemonės svorio centro aukštis, m;

q_M – santykinis skersinis pagreitis pirmajam ratui praradus kontaktą su atraminiu paviršiumi;

q_c – santykinis skersinis pagreitis vartimo metu;

g – laisvojo kūno kritimo pagreitis;

θ_i – transporto priemonės skersinio posvyrio kampas, i -osios ašies ratui praradus kontaktą su atraminiu paviršiumi, rad.



3 pav. Krovininio automobilio skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema [8]

Skersinio stovumo rodiklių apskaičiavimas ašims be suporintų ratų:

Kampinis ašies standumas dėl padangų deformacijos vertikalia kryptimi apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DRi} = \frac{F_{RVi} \cdot T_{Ni}^2}{2}. \quad (1)$$

Kampinis pakabos standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DGi} = \frac{F_{GVi} \cdot t_i^2}{2}. \quad (2)$$

Ekvivalentinis kampinis pakabos standumas atraminio paviršiaus atžvilgiu yra lygus:

$$C_{DGMi} = C_{DGi} \left[\frac{H_N}{H_N - m} \right]^2. \quad (3)$$

Ekvivalentinis kampinis pakabos ir ašies standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DRESi} = \frac{C_{DGMi} \cdot C_{DRi}}{C_{DGMi} + C_{DRi}}. \quad (4)$$

Jeigu pakaboje įrengtas kampinį standumą didinantis elementas (stabilizatorius), tai skaičiuojama pagal šią formulę:

$$C_{DRESi} = \frac{(C_{DGMi} + C_{DFi}) \cdot C_{DRi}}{C_{DGMi} + C_{DFi} + C_{DRi}}. \quad (5)$$

Transporto priemonės skersinio posvyrio kampas i -os ašies ratams praradus kontaktą su atraminiu paviršiumi, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\theta_i = \frac{A_i \cdot T_{Ni}}{2 \cdot C_{DRESi}}. \quad (6)$$

Skersinio stovumo rodiklių apskaičiavimas ašims su suporintais ratais:

Teorinis tarpvėžis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_i = \sqrt{T_{Ni}^2 + MA^2}. \quad (7)$$

Kampinis ašies standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DRi} = \frac{F_{RVi} \cdot T_i^2}{2}. \quad (8)$$

Kampinis pakabos standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DGi} = \frac{F_{GVi} \cdot t_i^2}{2}. \quad (9)$$

Ekvivalentinis kampinis pakabos standumas atraminio paviršiaus atžvilgiu yra lygus:

$$C_{DGMi} = C_{DGi} \cdot \left[\frac{H_N}{H_N - m} \right]^2. \quad (10)$$

Ekvivalentinis kampinis pakabos ir ašies standumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$C_{DRESi} = \frac{C_{DGMi} \cdot C_{DRi}}{C_{DGMi} + C_{DRi}}. \quad (11)$$

Jeigu pakaboje įrengtas kampinį standumą didinantis elementas (stabilizatorius), tai skaičiuojama pagal šią formulę:

$$C_{DRESi} = \frac{(C_{DGMi} + C_{DFi}) \cdot C_{DRi}}{C_{DGMi} + C_{DFi} + C_{DRi}}. \quad (12)$$

Transporto priemonės skersinio posvyrio kampas i -os ašies ratams praradus kontaktą su atraminiu paviršiumi, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\theta_i = \frac{A_i \cdot T_i}{2 \cdot C_{DRESi}}. \quad (13)$$

Puspriekabėms atliekami papildomi apskaičiavimai, susiję su balninio sukabintuvo charakteristikų įvertinimu:

Tarpvėžis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_K = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}. \quad (14)$$

Kampinis sukabintuvo standumas priimamas lygus:

$$C_{DRESK} = A_K \cdot 4. \quad (15)$$

Atlikus skaičiavimus kiekvienai ašiai bei sukabintuvui, įvertinami šie transporto priemonės parametrai:

Bendras svoris:

$$A_T = \sum_{i=1}^n A_i + A_K. \quad (16)$$

Bendras neparemtų masių svoris:

$$U_T = \sum_{i=1}^n U_i . \quad (17)$$

Skaičiuojamasis tarpvėžis:

$$T_T = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i \cdot A_i)}{A_T} + \frac{T_K \cdot A_K}{A_T} . \quad (18)$$

Skaičiuojamasis kampinis standumas:

$$C_{DREST} = \sum_{i=1}^n C_{DRESi} + C_{DRESK} . \quad (19)$$

Ašiai, kuriai yra apskaičiuotas mažiausias skersinio posvyrio kampas θ_i , įvedami žymėjimai:

A_M – ašies / pakabos apkrovimas, kN;

U_M – neparemta masė, kN;

T_M – ašies tarpvėžis, m

C_{DRESM} – bendras pakabos ir ašies standumas atraminio paviršiaus atžvilgiu.

Skaičiuojamasis skersinis transporto priemonės pagreitis apskaičiuojamas įvertinant standžiausios ašies parametrus.

Standžiausios ašies efektyvaus standumo koeficientas skaičiuojamas pagal formulę:

$$F_E = \frac{C_{DRESM}}{C_{DREST}} . \quad (20)$$

Skersinis santykinis pagreitis pirmajam ratui praradus kontaktą su kelio paviršiumi nustatomas skaičiuojamas formulę:

$$q_M = \frac{A_M \cdot T_M}{2 \cdot \left[(F_E \cdot A_T \cdot H_G) + \frac{((A_T - U_T) \cdot F_E \cdot H_N)^2}{C_{DRESM} - (A_T \cdot F_E \cdot H_N)} \right]} . \quad (21)$$

Maksimalus skersinis santykinis pagreitis transporto priemonės šoninio virtimo metu yra lygus:

$$q_T = \frac{A_T \cdot T_T}{2 \cdot \left[(A_T \cdot H_G) + \frac{((A_T - U_T) \cdot H_N)^2}{C_{DREST} - (A_T \cdot H_N)} \right]} . \quad (22)$$

Skaičiuojamasis santykinis skersinis transporto priemonės pagreitis skaičiuojamas pagal formulę:

$$q_c = q_T - (q_T - q_M) \cdot \frac{A_M}{A_T}. \quad (23)$$

Padauginę q_c reikšmę iš laisvo kūno kritimo pagreičio ($9,81 \text{ m/s}^2$) gauname jo absoliučią reikšmę:

$$a_k = q_c \cdot g. \quad (24)$$

Supaprastintas skersinio stovumo įvertinimas yra atliekamas tada kai nežinomi transporto priemonės pakabos parametrai ir šiems parametrams įvertinti nėra atitinkamos įrangos.

Šiuo atveju skaičiuojamasis kritinis pagreitis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$a_k = k_\varphi \cdot g \cdot \frac{T_{\min}}{2 \cdot H_G}. \quad (25)$$

Čia T_{\min} – mažiausias transporto priemonės ašių tarpavėžis (m);

k_φ - korekcijos koeficientas, įvertinantis pakabos ir ratų standumo įtaką transporto priemonės skersinio stovumo rodikliams.

Šio koeficiento reikšmė nustatoma pagal analogiškų transporto priemonių kritinio pagreičio reikšmių, nustatytų pagal šios metodikos tvarką, statistinį vidurkį.

Kritinio skersinio pagreičio normatyvai. Laikoma, kad transporto priemonės skersinio stovumo savybės yra pakankamos, jei skaičiuojamasis kritinis pagreitis yra ne mažesnis kaip:

$$a_k = 5 \text{ m/s}^2$$

$$a_k = 4 \text{ m/s}^2$$

$$a_k = 3 \text{ m/s}^2$$

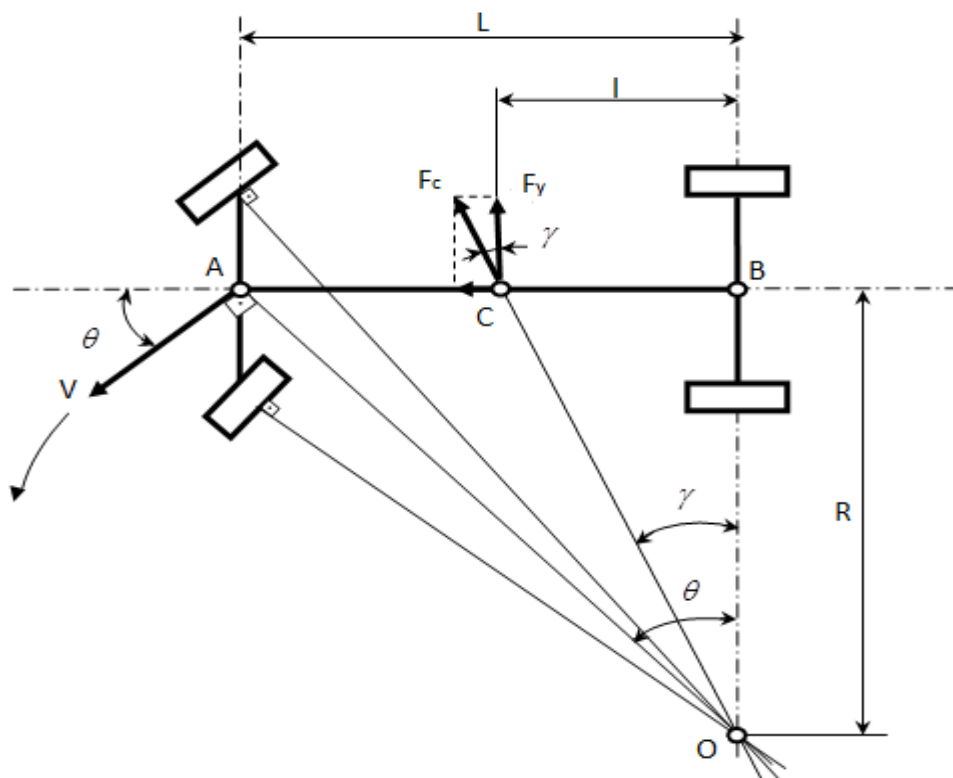
3. SUNKVEŽIMIO STABILUMO KELIO POSŪKYJE SKAIČIAVIMO METODIKA

Statinis krovininio automobilio stabilumas – tai jo savybė neprarasti statinės pusiausvyros, kai kelias pasviręs skersine ar išilgine kryptimi. Pagal tai statinis stabilumas skirstomas į išilginį ir skersinį [1].

Skersinis stabilumas – atsparumas virtimui apie liniją, esančią išilgai automobilio, išilginis – apie liniją, esančią skersai automobilio. Stabilumas yra vienas iš krovininio automobilio tinkamumo darbui rodiklių. Kelio posūkyje praradęs skersinį stabilumą automobilis pradeda slysti keliu arba apvirsta. Krovininio automobilio stabilumui užtikrinti yra nustatomos nevirtimo ir neslydimo sąlygos. Apžvelkime krovininio automobilio judėjimo posūkyje skaičiavimo metodiką esant horizontaliam kelio paviršiui, bei keliui su skersiniu nuolydžiu [1].

3.1 Krovininio automobilio judėjimo kelio posūkyje horizontaliu kelio paviršiumi skaičiavimo metodika

Šoninės jėgos, iššaukiančios automobilio slydimą posūkyje, nustatymui peržiūrėkim 5 pav.



4 pav. Krovininio automobilio judėjimo posūkyje schema [8]

Čia C_m – automobilio masės centras;

O – posūkio centras;

OC – atstumas nuo posūkio centro iki krovininio automobilio masės centro;

$OB = R$ – galinės automobilio ašies centro judėjimo spindulys;

θ – kampas tarp išilginės automobilio ašies ir priekinio tilto centro judėjimo krypties;

L – automobilio bazės ilgis, γ – kampas tarp OC ir R .

Vienodu greičiu pastovaus spindulio ratu judančio automobilio išcentrinė jėga lygi:

$$F_{isc} = m_a \cdot \omega^2 \cdot OC . \quad (26)$$

Čia m_a - krovininio automobilio masė, kg;

ω – automobilio kampinis greitis apie tašką O , rad/s.

$$\omega = \frac{V}{R} . \quad (27)$$

Čia V – momentinis linijinis automobilio greitis, m/s^2 .

$$OC = \frac{R}{\cos \gamma} . \quad (28)$$

Į (26) formulę įstatome (27) ir (28) formulės reikšmes:

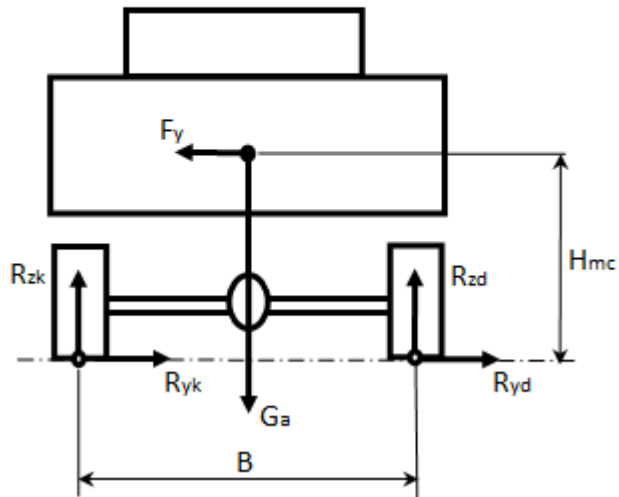
$$F_{isc} = \frac{m_a \cdot V^2}{R \cdot \cos \gamma} . \quad (29)$$

Išcentrinės jėgos skersinis komponentas:

$$F_y = F_{isc} \cdot \cos \gamma = \frac{m_a \cdot V^2}{R} . \quad (30)$$

Krovininio automobilio skersinio stabilumo rodikliai yra didžiausi (kritiniai) galimi judėjimo greičiai.

Krovininis automobilis judėdamas kelio posūkyje (horizontaliu kelio paviršiumi) veikiamas šoninės jėgos gali apvirsti ašies einančios per padangų esančių posūkio išorinėje dalyje kontakto su keliu centrą, arba pradėti slysti (6 pav.).



5 pav. Krovininio automobilio judėjimo posūkyje skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema [8]

Čia R_{zk} ir R_{zd} – statmenos kelio reakcijos;

R_{yk} ir R_{yd} – trinties jėgos.

Virtimo atveju momentų lygtis atrodys taip:

$$R_{zd} \cdot B - G_a \cdot B / 2 + F_p \cdot H_{mc} = 0. \quad (31)$$

Čia R_{zd} – automobilio ratų reakcijų suma posūkio centro atžvilgiu;

B - krovininio automobilio provėža, m;

G_a – automobilio svorio jėga;

H_{mc} – automobilio svorio centro aukštis.

Virtimo pradžioje vidiniai (posūkio centro atžvilgiu) krovininio automobilio ratai atsiplėšia nuo kelio dangos, tada $R_{zd} = 0$.

$$F_y \cdot H_{mc} = G_a \cdot B / 2. \quad (32)$$

Vietoje jėgos F_y įstatome jos išraišką iš (30) formulės ir gauname automobilio kritinio greičio virtimui skaičiavimo formulę:

$$V_{vst}^{kr} = \sqrt{\frac{B \cdot R \cdot g}{2H_{mc}}}. \quad (33)$$

Čia g - gravitacijos pagreitis ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Automobiliai yra konstruojami taip kad jo virtimo jėga būtų didesnė už jo slydimo jėgą. Šiuo atveju šoninė jėga didėja tol kol yra šoninės kelio reakcijos didėjimo galimybė sukibimo su kelio danga atžvilgiu. Šoninei jėgai pasiekus reikšmę lygią maksimaliai pagal su sukibimo su kelio danga sąlygą prasideda automobilio slydimas, kuris dažniausiai apsaugo jį nuo virtimo, t. y. kritinis slydimo pradžios greitis yra mažesnis už kritinį virtimo pradžios greitį.

Esant automobilio slydimui veikiančių jėgų balansas bus lygus:

$$F_y = R_{yk} + R_{yd} = G_a \cdot \varphi. \quad (34)$$

Čia φ - sukibimo koeficientas tarp kelio dangos ir padangų (sausas asfaltas $\varphi = 0,7$, šlapias asfaltas $\varphi = 0,5$, plikledis $\varphi = 0,1$).

Sukibimo koeficientas φ nustatomas kaip santykis tarp maksimaliai galimos sukibimo jėgos (mano atveju šoninės) su normaline jėga (lygiame kelyje normalinė jėga lygi automobilio svoriui, nuokalnėje tik normalinei automobilio svorio dedamajai).

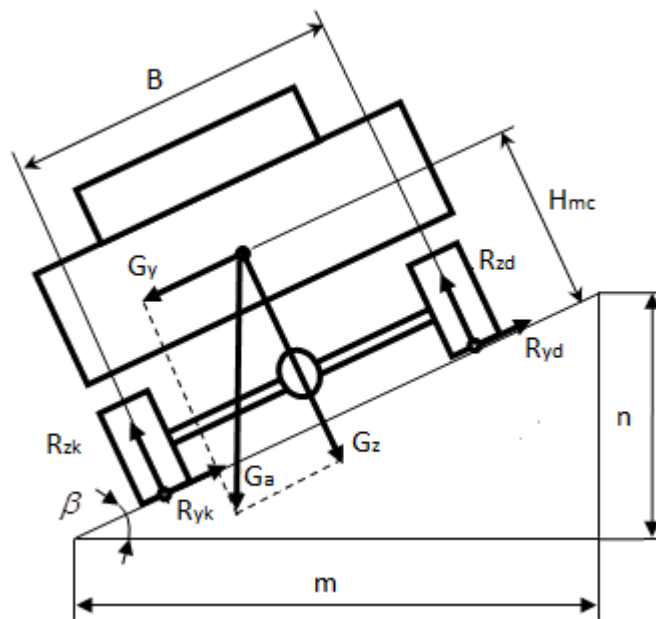
$$\varphi = R_y / (G_a \cdot \cos \beta). \quad (35)$$

Kritinis greitis esant krovinio automobilio slydimui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_s^{kr} = \sqrt{R \cdot g \cdot \varphi}. \quad (36)$$

3.2 Krovinio automobilio judėjimo kelio posūkyje su skersiniu nuolydžiu skaičiavimo metodika

Važiuojant kroviniu automobiliu keliu su skersiniu nuolydžiu stabilumo praradimas galimas veikiant skersinei dedamajai jėgai lygiai $G_a \cdot \sin \beta$ (7 pav.).



6 pav. Krovinio automobilio judėjimo posūkyje su skersiniu kelio nuolydžiu skersinio stabilumo principinė skaičiavimo schema [8]

Iš paveikslėlio matome, kad svorio jėgos dedamosios yra:

$$G_z = G \cdot \cos \beta ; \quad (37)$$

$$G_y = G \cdot \sin \beta . \quad (38)$$

Virtimo atveju momentų lygtis taško A atžvilgiu atrodys taip:

$$R_{zd} \cdot B + G_a \cdot \sin \beta \cdot H_{mc} - G_a \cdot \cos \beta \cdot B / 2 = 0 . \quad (39)$$

Virtimo momento pradžioje krovinio automobilio ratai esantys posūkio vidinėje pusėje atsiplėšia nuo kelio dangos, tada $R_{zd} = 0$.

$$G_a \cdot \sin \beta \cdot H_{mc} = G_a \cdot \cos \beta \cdot B / 2. \quad (40)$$

Skersinis kelio nuolydis virtimui:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B}{2 \cdot H_{mc}}. \quad (41)$$

Iš (14) formulės išreiškiu didžiausią kelio pasvyrimo kapo reikšmę, kad krovininis automobilis nevirštų:

$$\beta_v = \operatorname{arctg} \left(\frac{B}{2 \cdot H_{mc}} \right). \quad (42)$$

Slydimas posūkyje prasideda kai krovininį automobilį veikiančios šoninės jėgos viršija jo ratų sukibimo su kelio danga jėgas.

$$G_a \cdot \sin \beta = |R_{yk} + R_{yd}| = G_a \cdot \cos \beta \cdot \varphi. \quad (43)$$

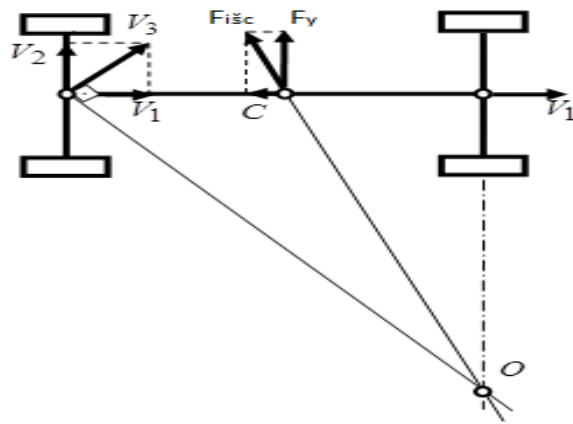
Skersinis kelio nuolydis slydimui:

$$\operatorname{tg} \beta = \varphi. \quad (44)$$

Iš (17) formulės išreiškiu didžiausią kelio pasvyrimo kapo reikšmę, kad krovininis automobilis neslystų:

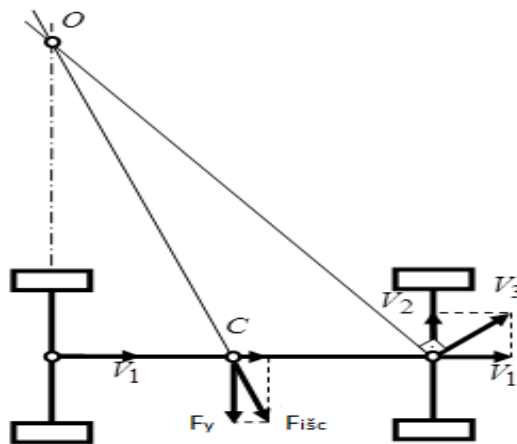
$$\beta_s = \operatorname{arctg} \varphi. \quad (45)$$

Atliekant skaičiavimus aukščiau pateiktais metodais yra priimama, kad posūkyje slysta visas automobilis, bet tikrovėje pradeda slysti tik vieno iš automobilio tiltų ratai.



7 pav. Galinio krovinio automobilio tilto slydimo kelio posūkyje schema [8]

7 paveikslėlyje pavaizduotas važiuojantis posūkyje automobilis kurio priekiniai ir galiniai ratai juda greičiu V_1 , bet jo galinius ratus dar veikia šoninio slydimo greitis V_2 . Todėl galinis automobilio tiltas juda greičiu V_3 ir pradeda sukstis apie posūkių centrą O , nors tuo metu priekiniai automobilio ratai yra neutralioje padėtyje (nepasukti) [8].



8 pav. Priekinio krovinio automobilio tilto slydimo kelio posūkyje schema [8]

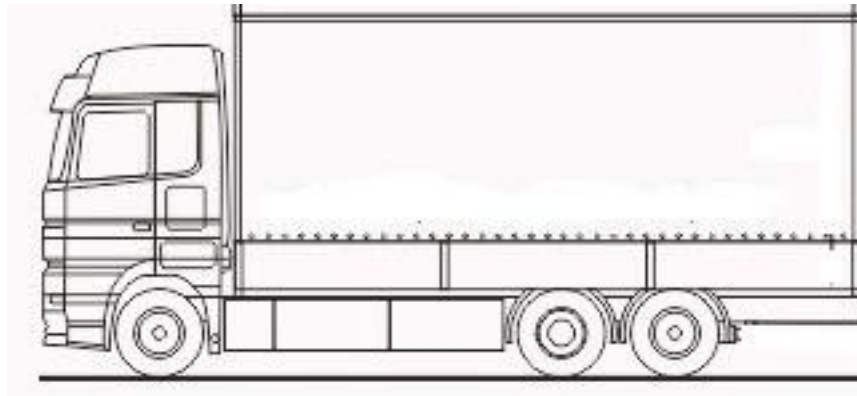
Jėgos F_y ir F_{isc} veikdamos galinio automobilio tilto slydimo kryptimi didina slydimo greitį V_2 , o tai iššaukia išcentrinio pagreičio didėjimą ir slydimas vis didėja. Todėl galinio automobilio tilto slydimas yra pavojingesnis už priekinio automobilio tilto slydimą, kuriam vykstant (8 pav.) jėgos F_y ir F_{isc} nukreiptos į priešingą pusę negu veikia šoninio slydimo greitis V_2 , ko pasekoje priekinių ratų slydimas savaime pasibaigia ir automobilis nepraranda stabilumo [1].

4. SUNKVEŽIMIŲ TIPAI

Sunkvežimis – motorinė transporto priemonė ar jos junginys, sukonstruota, pritaikyta ir naudojama kroviniams vežti keliais. Prie krovininių kelių transporto priemonių yra priskiriami :

- kroviniai automobiliai;
- priekabos;
- puspriekabės.

Krovininis automobilis – motorinė transporto priemonė, skirta vežti krovinis, vilkti priekabas ar puspriekabas (9 pav.). Traktoriai ir savaeigės mašinos nelaikomi kroviniais automobiliais[3].



9 pav. Sunkvežimis

Krovininės kelių transporto priemonės skiriamos į standžios konstrukcijos (kuomet traukos įtaisas ir krovininė talpa sujungti į vieną) ir lanksčios, kuomet vilkikas yra atskirtas nuo riedmens (krovininės talpos). Šių dviejų klasių ribose yra keletas poklasių, skiriamų pagal paskirtį (kėbulo tipą):

- bortinis automobilis – tai standartinis kėbulas su bortais, tačiau be stogo;
- autoplatforma – jos neturi bortų;
- savivarčiai (savaime išsikraunantys) skirti biriems kroviniams vežti bei mechanizuotai iškrauti. Autocisternos naudojamos pilstomiems ir biriems dulkantiems kroviniams vežtis (talpa iki 3-27 tūkst. litrų.)
- furgonas – tai uždaras kėbulas, kurio viduje gali būti įrengimai įvairiems kroviniams vežti [11].

Pagal įkrovumą krovininiai automobiliai skirstomi į:

- ypač mažo įkrovumo – iki 0,5 t;
- mažo įkrovumo – 0,5 iki 2 t;
- vidutinio įkrovumo – nuo 2 iki 8 t;
- didelio įkrovumo – nuo 8 iki 16t;
- ypač didelio įkrovumo – nuo 8 iki 16 t [11].

Dar krovininės transporto priemonės gali būti klasifikuojamos pagal variklio galingumą, ašių skaičių, tipinę panaudojimo sritį. Pagal pastarąją požymį galima skirti 4 transporto priemonių kategorijas:

- magistraliniai vilkikai
- universalai
- statybiniai
- paskirstymo

Priekaba – transporto priemonė, kurią velka motorinė transporto priemonė. Jų kėbulai dažniausiai neskiria nuo automobilio ar vilkiko. Universalios paskirties platforma yra su atsidarančiais bortais, o specializuotos priekabos – tai savivartės, cisternos, furgonai. Priekabos būna vienašės, diviašės, daugiašės [11].

Puspriekabė – su motorine transporto priemone sukabinta priekaba, kurios masės ir krovinio masė dalis tenka motorinei transporto priemonei.

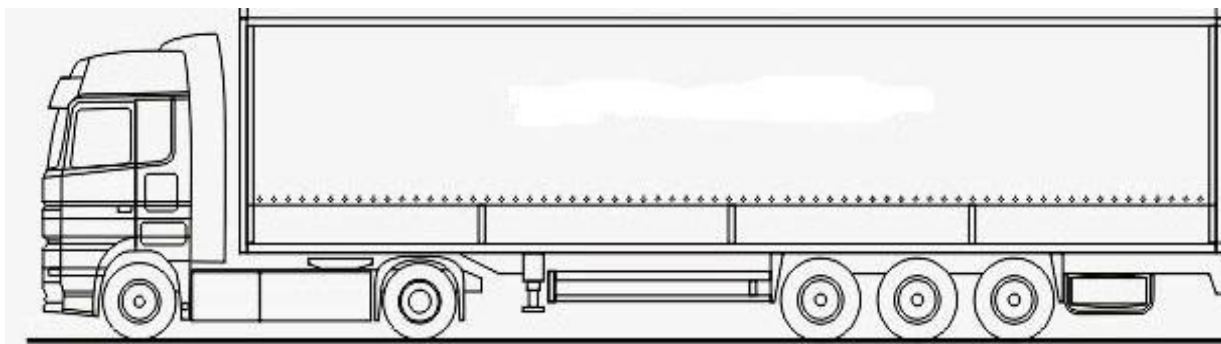
Priklausomai nuo įkrovumo puspriekabės būna :

- iki 0,75 t – lengvojo automobilio priekaba;
- nuo 0,75 iki 3,5 t – krovininio automobilio;
- nuo 3.5 iki 10 t – krovininio automobilio;
- daugiau nei 10 t – krovininio automobilio.

Taip pat jos gali būti vienašės, diviašės ir triašės.

Priekabų ir puspriekabių naudojimas gerokai padidina automobilių našumą, taip pat sumažina vežimų savikaina. Tai – didelės keliamosios galios (nuo 20 iki 25 tonų) automobilis, tačiau yra ir mažesnių transportavimui skirti automobiliai. Dideliame sunkvežimyje su tentu ar puspriekabe telpa maždaug 22 – 33 euro paletės, tūris – 60 – 96 m³. Tokie sunkvežimiai naudojami

krovinių pervežimui tiek šalies viduje, tiek ir gabenant krovinius iš/į užsienį. Pagrindinis tokio tipo transporto privalumas tame, kad krovinius galima krauti iš visų pusių [11]. (10 pav.)



9 pav. Sunkvežimis su puspriekabe

Puspriekabės sandara. Pagrindinis puspriekabės elementas yra jo rėmas. Jis gali būti suvirintas arba susuktas varžtais. Specialistai rekomenduoja rinktis suvirintus rėmus, nes varžtai ar kniedės ir varžtai yra silpnoji metalinės konstrukcijos vieta, kuriai tenka didelės dinaminės apkrovos. Sunkiomis darbo sąlygomis kniedės ir varžtai tarnauja trumpiau. Net ir šiek tiek atsipalaidavus tokiam junginiui į tą vietą pradeda skverbtis vanduo ir druskos, prasideda medžiagų yrimas ir galiausiai kniedės „išėda lizdą“ [11] [9].



11 pav. Puspriekabės rėmas

Renkantis puspriekabės rėmą, reikia įvertinti ir tai ar jis lengvai pasiduos suvirinimui. Šis rodiklis parodo kiek konkretus metalas linkęs skeldėti vėsdamas po suvirinimo. Pavojingiausia vieta suvirintame junginyje yra prie siūlės esanti sritis, kurioje darbų metu metalas įkaista iki + 1 400 C. Šioje vietoje metalas perkaista ir gali lengvai suirti. Kita pavojinga vieta yra plotas, kuris įkaista (iki + 850 C) temperatūrinių struktūrinių pasikeitimu metu [9].

Pagal tinkamumą suvirinimui išskiriami keturi plieno tipai: gerai suvirinamas, patenkinimai, ribotai ir blogai.

Plieno tinkamumas suvirinimui prastėja tada, kai jame daugėja anglies ir legiruotų elementų, nes jie skatina trapių struktūrų susidarymą kaitimo metu. Suvirinimui tinkamiausias yra tas plienas, kuriame anglis neviršija 0,25 proc., ribojamas ir legiruotų elementų kiekis. Kitaip sakant, plieno tinkamumą lemia jo cheminė sudėtis [9].

Dar viena svarbi rėmo charakteristika - elastingumas. Kalbant apie tai, koks variantas geresnis, reiktų atsiminti, kad elastingumas ir rėmo storis - du skirtingi dalykai. Kitaip sakant, storas rėmas ne visada yra privalumas. Daug kas priklauso nuo to, iš kokios medžiagos jis pagamintas. Iš brangaus metalo pagaminti rėmai plonesni už kitus, o pigus plienas kiek minkštesnis. Renkantis puspriekabę reikia įvertinti ir kelius. Standus rėmas visiškai netinka prastiems keliams, nes taip ganėtinai greitai klibėti pradeda visas puspriekabės karkasas [9].

Renkantis puspriekabę reikia žinoti ir apie rėmo skersinius. Vieni gamintojai jų montuoja daugiau, kiti - mažiau. Prie skersinių tvirtinamos grindys. Tarpai tarp skersinių lemia puspriekabės ašims tenkančias apkrovas ir rėmo tarnavimo laiką. Rėmo elastingumui įtakos turi ir grindų konstrukcija. Grindys būna vieno sluoksnio (medinės) arba dviejų (medinės su aliuminio intarpais). Pastaroji konstrukcija lengvesnė ir sugeria dalį vibracijų. Tokias grindis gauna brangesnės puspriekabės [9].

Dėmesį reikia atkreipti ir į tai iš kokios medžiagos pagaminti stovai, kiek jie tvirti ir patogūs, kaip tvirtai laikosi savo vietose. Tai lems, per kiek laiko puspriekabė bus parengta darbui.

Puspriekabės tipai. Atsižvelgiant į žinant kas bus vežiojama, jos tipą išsirinkti tampa paprasčiau. Izoterminės puspriekabės ir refrižeratoriai tiks maisto produktų gabenimui [9] (12 pav.).



12 pav. Izoterminė puspriekabė

Izoterminės puspriekabės skirtos krovinių, kuriems reikia ypatingos temperatūros, tačiau nėra būtinas šaldytuvas, pervežimui. Privalumai - palyginti paprastas aptarnavimas ir, palyginti su refrižeratoriumi, mažesnė kaina. Trūkumai - palyginti mažas pervežamų krovinių pasirinkimas. Refrižeratoriuje, skirtingai nuo izoterminės puspriekabės, galima temperatūrą ne tik išlaikyti, bet ir nustatyti - nuo +30 iki -30C (13 pav.). Privalumai - galimybė palaikyti nustatytą temperatūrą ir patikimumas. Trūkumai - ši sistema yra sudėtingai, papildomų lėšų reikalauja ne tik šaldymo įrangos sumontavimas, bet ir techninis aptarnavimas[9].



13 pav. Refrižeratorius

Pavadinimai „autovežis“ ir „konteineriams skirta puspriekabė“ pasako, kam jos skirtos. Autovežiai skirti automobilių gabenimui. Gali būti dviejų tipų - skirti lengviesiems automobiliams ir sunkvežimiams. Privalumai - paprastumas ir patogi konstrukcija. Trūkumai - palyginti siaura naudojimo sritis. Konteineriams skirtomis puspriekabėmis pervežami įvairaus tipo konteineriai. Privalumai - patikimumas ir patogi eksploatacija. Trūkumai - galima pervežti tik konteinerius. Savivarčius renkami darbui žemės ūkyje arba statybose, kai reikia pervežti birų krovinių. Privalumai - paprasta eksploatacija ir patikimumas. Trūkumai - siaura naudojimo sritis. Populiariausios mūsų regione yra bortinės, tentinės ir užuolaidinės puspriekabės. Būtent tokio tipo puspriekabėmis pervežama 60 proc. krovinių visame pasaulyje. Tentinės puspriekabės privalumai - paprasta konstrukcija, greitas ir patogus iškrovimas/pakrovimas, sąlyginai nedidelė kaina [9] (14 pav.)



14 pav. Puspriekabės

„Jumbo“ tipo puspriekabės naudojamos patiems įvairiausiems kroviniams, jos pasižymi dideliu talpumu. Tai - vienas iš plusų. Trūkumai - konstrukcijos ypatumai, tokie kaip mažo skersmens ratai [9] (15 pav.)



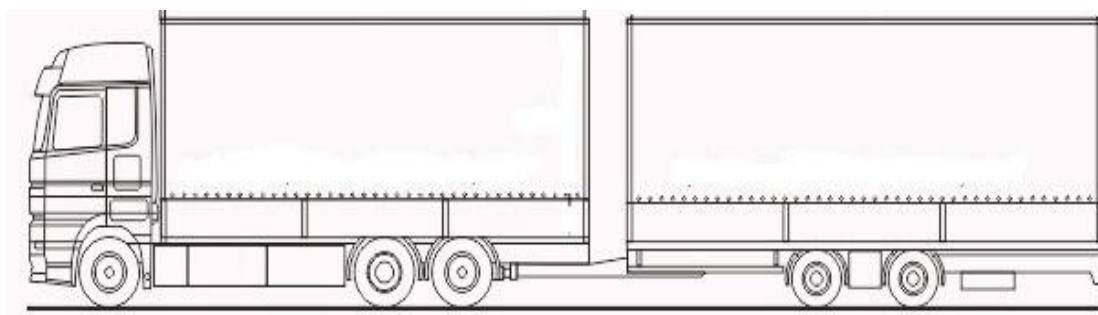
15 pav. Puspriekabė „Jumbo“

Cisternos skirtos pačių įvairiausių skysčių gabenimui. Šiai kategorijai dar priskiriamos kelios papildomos kategorijos, kaip, tarkim puspriekabė benzinui. Kai kurios šios grupės puspriekabės naudojamos ir birių krovinių gabenimui. Privalumai - paprasta eksploatacija ir patikimumas. Trūkumai - ribotas pervežamų krovinių pasirinkimas [9].(16 pav.)



16 pav. Cisterna

Autotraukiniai sudaromi iš automobilio su viena arba keliomis priekabomis arba vilkiko (balninio) su puspriekabe. Tai sunkvežimis su papildoma priekaba. Jis gali pervežti 16 - 25 tonas krovinių. Automobilio ir priekabos tūris siekia būna nuo 60 iki 120 m³, talpumas - 22 - 33 euro paletės. Toks transportas naudojamas didelės apimties krovinių gabenimui. Šio transporto pliusas tame, kad galima greitai pakrauti ir iškrauti krovinius, minusas – auto junginys netiks ypač ilgų daiktų pervežimui [5](17 pav.).



17 pav. Sunkvežimis su priekaba

Statinis automobilio stovumas – tai jo savybė neprarasti statinės pusiausvyros, kai kelias pasviręs skersine ar išilgine kryptimi. Pagal tai statinis stovumas skirstomas į išilginį ir skersinį. Stovumas yra vienas iš savivarčio automobilio, dažnai dirbančio nelygaus reljefo vietovėje, tinkamumo darbui rodiklių. [6].

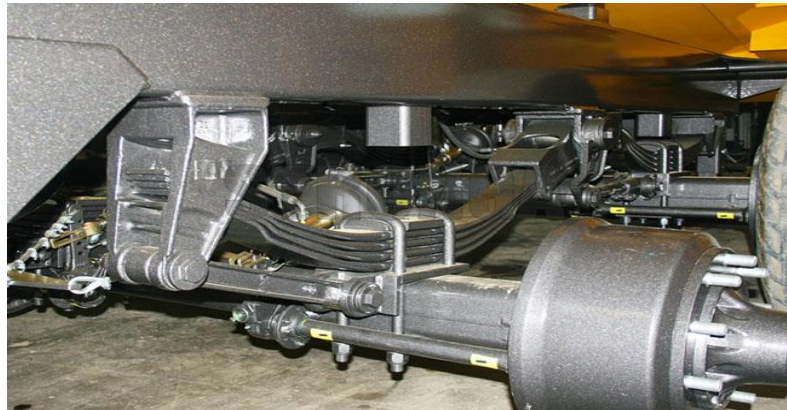
Judėjimo charakteristikos priklauso nuo įvairių sunkvežimio bei priekabos parametru tai gali būti: sunkvežimio kablų konstrukcija, kablų standumas, sunkvežimio masė, priekabos pakabos konstrukcija, priekabos masė, priekabos su kroviniu svorio centras, krovinio stabilumas. Dažnai sunkvežimis su priekaba, puspriekabe eksploatuojamas pažeidžiant saugaus eismo taisykles, tai pavyzdžiui, neteisingas krovinio išdėstymas, nepritvirtintas kroviny, per didelis greitis.(18 pav.)[6]



18 pav. Nelaimingi įvykių, su prikabinamomis puspriekabėmis, situacijos

5. PRIEKABŲ IR PUSPRIEKABIŲ PAKABA

Puspriekabių pakabos būna linginės (19 pav.) arba pneumatinės. Lingės dažniausiai naudojamos specialiajai technikai, nes jos geriausiai "dirba" kai yra apkrautos ir nelabai tinka krovinių pervežimui magistraliniais keliais. Tolimiems reisams reiktų rinktis pneumatinę pakabą, kuri vienodai gerai kelyje "laiko" tiek pilną, tiek ir tuščią puspriekabę [9].

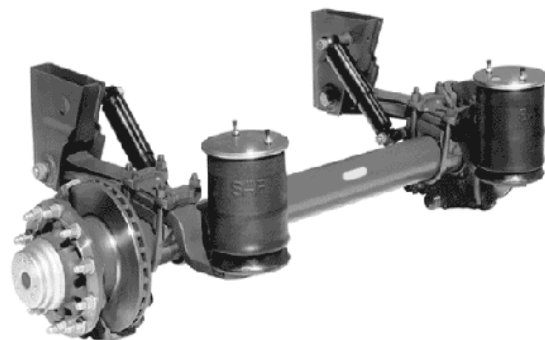


19 pav. Linginė pakaba

Nuo to, kaip veiks pakaba, priklauso krovinio ir puspriekabės saugumas. Ypač kai tenka važinėti prastais keliais. Populiariausios ir patikimos ašys yra „BPW“ (20 pav.) ir „SAF“ (21 pav.). Jos skiriasi tuo, kad „SAF“ turi apvalią siją [9].



20 pav. BPW pakaba



21 pav. SAF pakaba

Puspriekabės pakabos savybes galima patikrinti ir vietoje. Pasitaiko, kad puspriekabė turi vienodo ilgio ašis, tačiau skiriasi jų eiga. Renkantis puspriekabę reiktų pasitikslinti, kur sumontuota pagalvė - prie ašies ar virš jos. Kai kurie gamintojai ją montuoja ant rėmo. Rinktis

vertėtų variantą „ant ašies“, nes tokia konstrukcija yra patikima - pagalvė patikimai pritvirtinta ir tinkamai atlieką savo funkciją [9].

Kronšteinų ir amortizatorių aukštis taip pat daug pasako apie pakabos kokybę: kuo jų daugiau, tuo geriau. Amortizatoriai gali būti sumontuoti vertikaliai arba kampu. Dideliu kampu stovintys amortizatoriai patogūs ir tinkamai dirba tik geruose keliuose, ir gerokai prasčiau - duobėtuose, tad rinktis vertėtų statmenus arba palinkusius mažu kampu [9].

Kuo mažiau vibracijų teks sugerti puspriekabės kėbului, tuo ilgiau tarnaus visa puspriekabė. Puspriekabės pakabą reiktų rinktis pagal vilkiko pakabos tipą - linginę su balansyrais, linginę ar pneumatinę. Tokiu atveju visa technika dirbs daugmaž vienodai. Dviašiams vilkikams reiktų rinktis trijų ašių puspriekabes [9].

Kiekviena puspriekabė turi stabdžių sistema, kurios tinkamas veikimas taip pat labai daug lemia. Įtakos tinkamam darbui turi ir ABS bei nuo ratų prasisukimo saugančios sistemos. Puspriekabės tali turėti tiek diskinius, tiek ir būgninius stabdžius su elektronine sistema, tačiau prieš renkantis stabdžių sistemą, reiktų žinoti, kokius stabdžius turi naudojami vilkikai. Sunkvežimių stabdžiai gali būti būgniniai, diskiniai, būgniniai su retarderiu, diskiniai su retarderiu, diskiniai su elektronine sistema ir elektroniniai stabdžiai [9] (22 pav.).



22 pav. Stabdžių sistema

Retarderis - stabdžių sistema, montuojama prie pavarų dėžės, užpakalinio tilto arba tarp kardano velenų. Veikimo principas - indukuojamos elektromagnetinės srovės, kai stabdomas automobilis, stabdo ir kardano veleną. Ši sistema leidžia stabdyti automobilį nenaudojant įprastų stabdžių, taip taupomos stabdžių trinkelės ir diskai [9].

Idealiu laikomas variantas, kai galima suderinti puspriekabės ir automobilio elektronines sistemas. Neblogai, kai sunkvežimis ir puspriekabė turi vienodo tipo stabdžius - būgninius arba diskinius. Jeigu prie sunkvežimio su būgniniais stabdžiais bus prikabinta diskinius stabdžius turinti puspriekabė, jie nuolat kais, o stabdant puspriekabei teks didelės apkrovos [9].

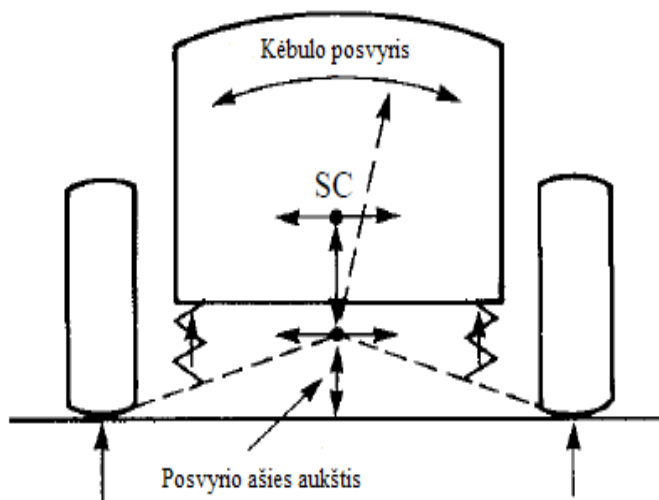
Puspriekabę su diskiniiais stabdžiais jungti prie Būgninius stabdžius su retarderiu turinčio vilkiko galima tik tada, kai stabdoma retarderiu.

Pakabos įtaka sunkvežimiui. Sunkvežimiai turi du posvyrio centrus, priklausančius nuo konkrečių pakabos svirčių geometrijos bruožų. Per šiuos taškus pravedus tiesę yra gaunama automobilio posvyrio ašis, ši linija yra įsivaizduojamas centras tarp automobilio amortizuotos masės ir jos pakabos bei ratų neamortizuotos masės [6].

Posvyrio ašies reikšmė yra dvejopa.

- sunkvežimio posvyris posūkyje priklauso nuo vertikalios atstumo tarp posvyrio ašies ir jo svorio centro arba nuo vertimo momento peties. Kuo žemiau yra posvyrio ašis ir aukščiau svorio centras, tuo didesnis yra posvyrio kampas, kurį priima automobilio amortizuota masė, veikiami išcentrinės arba šoninės jėgos.
- Sunkvežimio amortizuotai masei pasvyrant ant spyruoklių posūkyje ar paveikus stipriam šoninio vėjo gūsiui, automobilio stabilumas priklauso nuo posvyrio ašies aukščio virš kelio lygio [6].

Kuo aukščiau posvyrio ašis, tuo didesnis yra apkrovos persiskirstymas esant duotai išcentrinei arba šoninei jėgai. Projektuodamas sunkvežimio važiuoklę konstruktorius gali parinkti optimalią pusiausvyrą tarp priekinių ir užpakalinių padangų posvyrio kampų posūkyje ar nuo šoninių vėjo jėgų, keisdamas posvyrio centrų tarpusavio aukščius, nors tai patogiau gali būti pasiekta keičiant skersinių stabilizatorių storį – jų torsioninį standumą [6].



23 pav. Pakabos geometrijos schema [6]

Geometriškai kiekvieno posvyrio centro aukštis yra nustatomas sujungiant momentinius ratų pozicionavimo svirčių centrus su padangų lietimosi su kelio danga dėmės centrais ir po to pratęsiant šias linijas iki jų susikirtimo. Toks susikirtimo taškas yra vadinamas momentiniu svirčių posvyrio centru (žiūr. 23 pav.). Jis vadinamas momentiniu, nes pasireiškia kintant pakabos įlinkiui, jis juda kelio dangos ir automobilio amortizuotos masės atžvilgiu [6].

Priklausomos pakabos trūkumai

- ratų tarpusavio ryšys tiltui kryptant;
- tilto posūčiai vertikalioje plokštumoje, kai ratų eiga vertikalia kryptimi nevienoda;
- ratų apkrovų persiskirstymas dėl momento, veikiančio pagrindinę pavarą.

Nepriklausomoje ratų pakaboje abu vienos ašies ratai gali judėti vertikalioje plokštumoje, nedarydami vienas kitam įtakos, todėl ratų sukibimo su keliu sąlygos geresnės. Teoriškai automobilis kelyje turėtų būti gerokai stabilesnis. Tačiau nepriklausomų pakabų kinematika sudėtinga, atskiri parametrai susiję tarpusavyje, ir suprojektuoti gerą pakabą gana sunku [6].

Aktyviosios pakabos, kurias sudaro aktyvūs elementai palyginus su pasyviosiomis pakabomis yra žymiai pranašesnės. Esant šio tipo pakaboms, pakrovus į automobilį didesnę svorį jis išsilygina, važiuojant posūkyje ar pasvirus elektronikos pagalba jis būna stabilesnis, greičiau yra sumažinamas posvyrio kampas, palyginus su pasyviosiomis pakabomis [6].

6. TYRIMO REZULTATAI

Tyrimui buvo pasirinkta keturios žinomos sunkvežimių markės: Daf, Renault, Iveco, Scania. Žinant šias markės, pagal gamintojo pateiktas technines charakteristikas pasirinkta kiekvieno sunkvežimio tipo modeliai.

1 lentelė.

Sunkvežimių modeliai

Markė	IVECO	DAF	SCANIA	RENAULT
Modelis	Euro Trakker MP 720 E 42 HT	FT CF 85 430	P 380 CA 6x4 HNZ	Kerax 370.18
	Eurostar LD 240 E 43	DAF CF 85.380	P340 LA 4x2 HNA	Magnum 460. 18
	Eurostar LD 340 E 43	DAF FT CF85 430	P340 LA 4x2 HNA	Magnum 480.19

Naudojantis gamintojo pateiktomis techninėmis charakteristikomis buvo pasirinkti duomenys, kurie buvo naudojami atlikti sunkvežimio stovumui įvertinti ir sulyginti su skirtingai gamintojais. (2 lentelė)

2 lentelė.

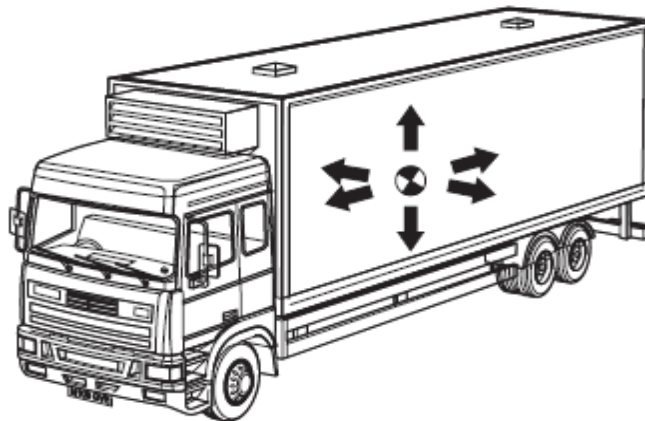
Tiriamų sunkvežimių techniniai duomenys

Sunkvežimio tipas	Markė	Modelis	Masė, kg	Masės centro aukštis, m	Provėžos plotis, m
Sunkvežimis	IVECO	Euro Trakker MP 720 E 42 HT	20500	1,705	2,040
	DAF	FT CF 85 430	20500	1,624	2,174
	SCANIA	P 380 CA 6x4 HNZ	23540	1,741	2,040
	RENAULT	Kerax 370.18	22500	1,700	2,200
Sunkvežimis su puspriekabe (tentinė)	IVECO	Eurostar LD 240 E 43	27400	1,790	2,150
	DAF	DAF CF 85.380	27400	1,700	2,223
	SCANIA	P340 LA 4x2 HNA	30440	1,805	2,246
	RENAULT	Magnum 460. 18	29400	1,7800	2,235
Sunkvežimis su priekaba (tentinė)	IVECO	Eurostar LD 340 E 43	26100	1,775	2,190
	DAF	DAF FT CF85 430	26100	1,662	2,205
	SCANIA	P340 LA 4x2 HNA	29140	1,795	2,259
	RENAULT	Magnum 480.19	28100	1,764	2,242

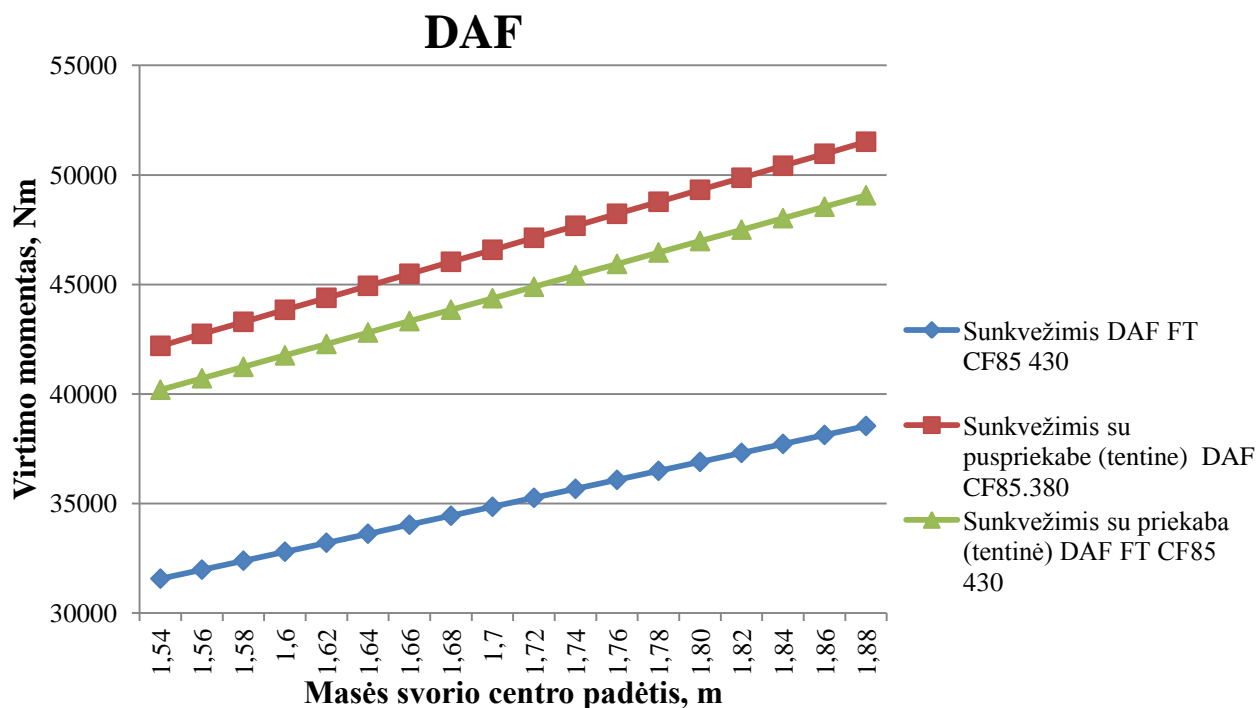
6.1. Virtimosi momento priklausomybė nuo vertikaliosios svorio centro padėties kitimo.

Norint ištirti krovininio automobilio stabilumą reikalingas kitas labai svarbus parametras – automobilio masės centro aukštis H_{mc} . Tuščio krovininio automobilio masės centro padėtį gamintojas pateikia automobilio techniniuose duomenyse, juose taip pat pateikia ir maksimaliai pakrauto krovininio automobilio masės centro padėtį. Tuščio krovininio automobilio masės centras visada būna pasislinkęs į automobilio priekį. Pakrovus automobilį jo masės centras, tuščio automobilio masės centro atžvilgiu, pakeičia savo padėtį ir gali kisti įvairiomis kryptimis [13] (24 pav.)

Pasinaudojus sunkvežimių masėmis bei svorio centro padėties centrais buvo atlikta analizė vertimosi momento priklausomybė nuo vertikaliosios svorio centro padėties kitimo. Vertikalią svorio centro padėtį buvo keičiama 1,54- 1.88 m ribose, kas 0,2m, pavaizduota 25 pav. Daf, 26 pav. Scania, 27 pav. Iveco, 28 pav. Renault markės sunkvežimiai.



24 pav. Krovininio automobilio masės centro kitimo kryptys



25 pav. Daf virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties

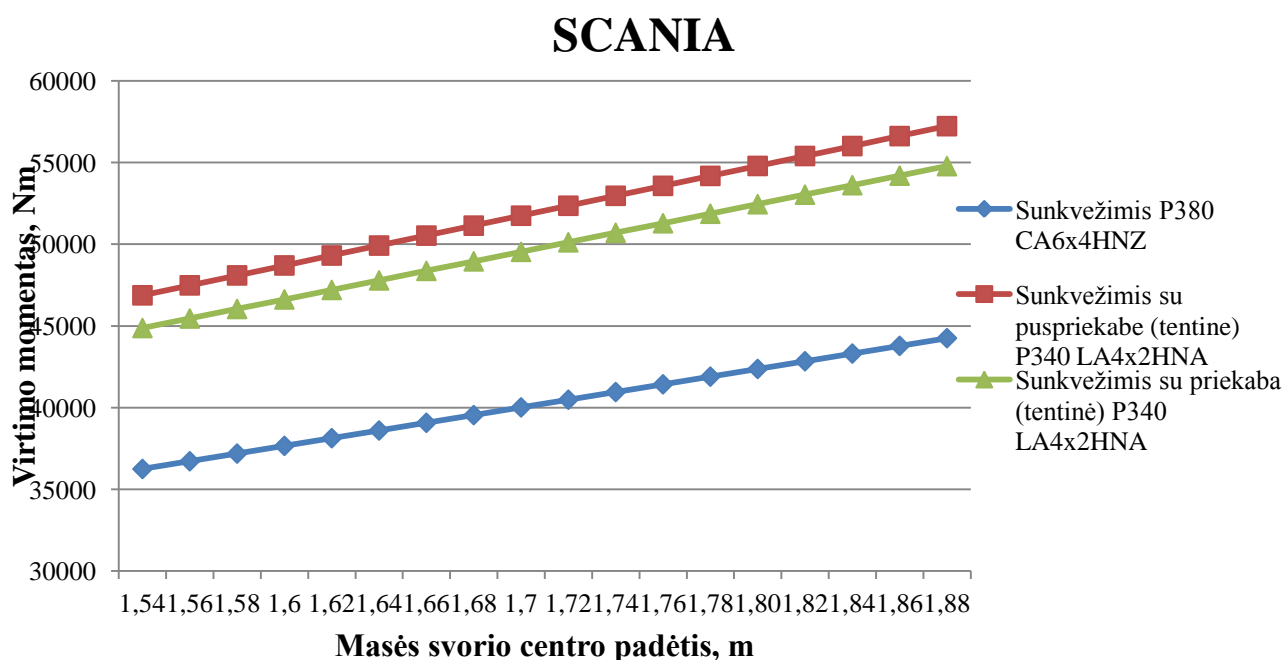
Nagrinėjamas CF modelis yra DAF markės yra efektyvus ir universalus sunkvežimis, eksploatuojant bet kokiomis eksploatacinėmis sąlygomis pradedant statybomis baigiant specialiąją techniką. CF – universalus modelis. Jis gali būti kaip sunkvežimis ir kaip vilkikas su dviem, trimis arba keturiomis ašimis. Su viengubu arba dvigubu pavaros mechanizmu. Tinkamas prekėms išvežioti ir kroviniams ar cisternoms gabenti, taip pat sunkiems darbams statybos pramonėje [15].

Važiuklės universalumas, jos svoris mažas, todėl galimas didelis krovumas. Didelis standumas užtikrina puikias valdymo galimybes. Valdymo stabilumas kurį užtikrina didelis važiuoklės standumas ir „Stablink“ galinė pneumatine pakaba. Priekinės pakaba puikiai suderinti amortizavimą, šoninį stabilumą, komfortą ir standumą. 8 t priekinė ašis su dviejų lakštų parabolinėmis lingėmis montuojama kaip standartinė įranga. Sunkesniems darbams yra 9 t priekinė ašis su 3 lakštų parabolinėmis lingėmis [15].

DAF gamintojas savo naudoja automobilio kontrolės sistemą (VSC) – elektroninis aktyvaus saugumo sistemą, kuri padeda vairuotojui išlikti stabiliam kritinėse situacijose. VSC stipriai sumažina virtimo riziką ypač sunkvežimių su aukštais svorio centrais, staigiuose posukiuose, ar staigių eismo juostų keitimu. Ši sistema nuolat stebi vairuotojo veiksmus. Ištikus kritinei situacijai, VSC automatiškai su mažina variklio sūkius, paskirsto stabdžių slėgius sistemoje [15].

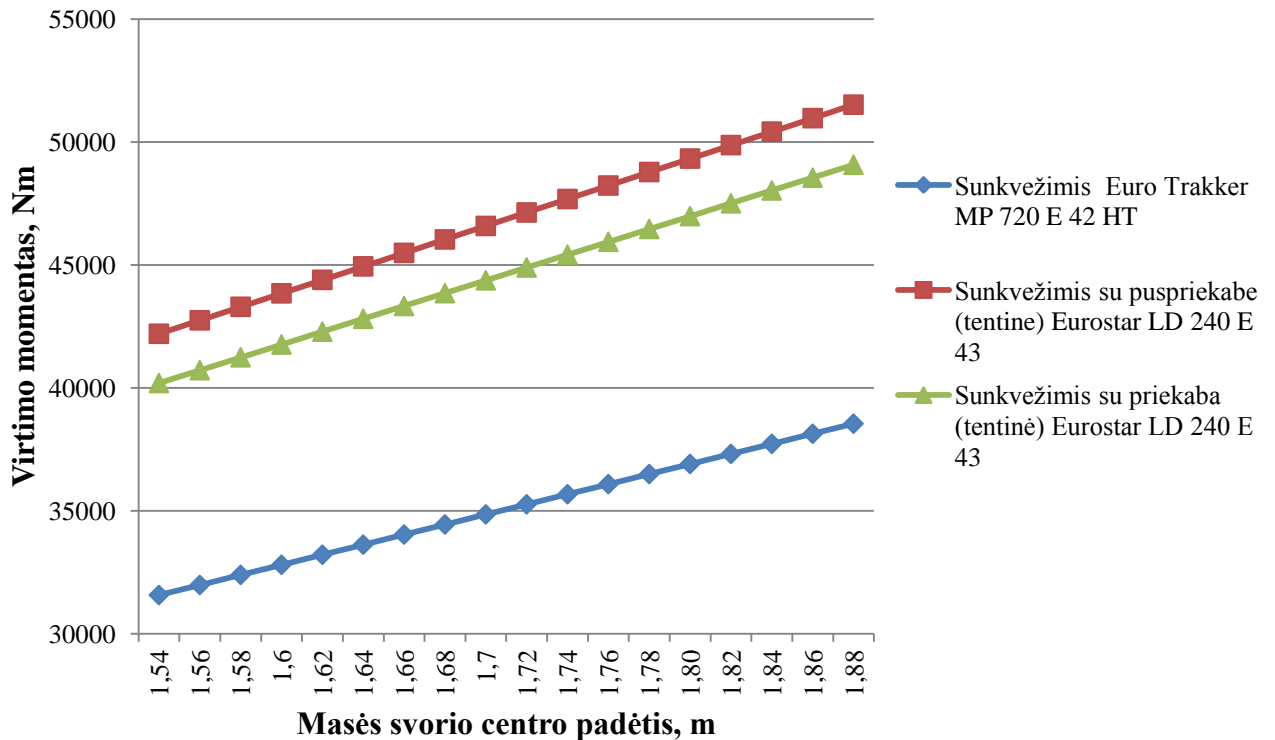
Lengvieji SCANIA P serijos sunkvežimiai yra manevringi, ekonomiški ir greiti. Jie puikiai tinka kroviniams pervežti mieste ir regione, sunkiems statybos darbams bei kitiems bekelės darbams atlikti. Dėl didelio sukimo momento varikliu galima lengvai važiuoti dažnai stabdant ir staigiai didinti greitį. P modelis siūlo 2,3,4 ir 5 ašių transporto priemonių su skirtingo aukščio važiuoklėmis pasirinkimą [16].

Vairuotojų sauga yra svarbiausias dalykas – miško keliukuose, greitkeliuose. Siekiant padidinti vairuotojų saugumą ir apsaugoti nuo nelaimingų atsitikimų, SCANIA sunkvežimiuose yra saugos sistemų ir priemonių, kurios suteikia vairuotojams daugiau informacijos, pagerina matomumą ir valdymą. Elektroninė stabilumo programa (ESP). Pagalba vairuotojui kebluose situacijose. Avarinės situacijos arba netinkamas greitis kartais gali lemti transporto priemonės nestabilumą. Tai ypač pavojinga viliko ir puspriekabės deriniui, kai net trumpam praradus vairavimo kontrolę sunku išvengti pražūtingų ir labai brangių padarinių. SCANIA ESP (elektroninė stabilumo programa) labai padidina važiavimo saugą stebėdama svarbiausius stabilumo parametrus ir automatiškai įjungdama reikiamus valdiklius. Ši sistema įrengiama visuose 4 x 2 vilkikuose su elektroniniu būdu valdomais diskiniiais stabdžiais. Ji sukurta darbui šlapiuose ar slidžiuose keliuose, kur dažnai susiduriama su nepakankamu ar per dideliu pasukamumu, taip pat sausuose keliuose, kur didžiausias pavojus yra apvisrti dėl per didelio greičio arba atvirkštinio ratų išvirtimo kampo posūkyje [16].



26 pav. Scania virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties

IVECO



27 pav. Iveco virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties

Trakker yra IVECO sunkiosios gamos atstovas, skirtas atlikti darbo misijas, kurios pasižymi itin sudėtingomis kelio, aplinkos ir krovinio vežimo sąlygomis. Suprojektuotas taip, kad galėtų dirbti bet kokiomis sąlygomis – bendro naudojimo keliuose ar bekelėje. Trakker užtikrina itin aukšto komforto, saugumo ir našumo lygį [17].

Trakker rėmas gaminamas iš aukštos kokybės plieninės sijos, kurios viršutinė dalis idealiai pritaikyta kėbulo montavimui, nes yra visiškai plokščia. Rėmas gali būti pagamintas iš 7,7 mm storio metalo arba iš 10 mm metalo lakšto [17].

Maksimalias apkrovas atlaiko mechaninė pakaba su parabolinėmis arba pusiau elipsinėmis lingėmis.

Komfortišką važiavimą bei stabilumą užtikrina pneumatinė pakaba. 3 arba 4 ašių automobilių pakaba gali būti komplektuojama su 4 pneumatinėmis pagalvėmis kurių darbą reguliuoja ECAS sistema [17].

Nuo pristatymo iki statybų, nuo užšaldytų medžiagų gabenimo iki išvežiojimų po miestą, Eurostar sunkvežimis yra pats universaliausias savo kategorijoje – ir turi lengviausiai montuojamą kėbulą. Ant iš aukštos takumo ribos plieno pagaminto važiuoklės karkaso galima montuoti nuo 4265 iki 10,175 mm ilgio kėbulus; šoninės detalės eina lygiagrečiai per visą ilgį ir iš anksto sukonstruotos siekiant supaprastinti antstato surinkimą [17].

Eurostar serijos sunkvežimis saugo ir vairuotoją ir krovinį. Eurostar sunkvežimio saugumo funkcijos. Naujasis Eurostar sunkvežimis saugo ir vairuotoją, ir krovinį: apart savo stiprumo, ši transporto priemonė dabar taip pat turi ir vairo oro pagalvę – visiškai naują saugumo funkciją. Taip pat patobulintos ir aktyvaus saugumo funkcijos, dėka įdiegtų naujų elektroninių prietaisų (standartinis variantas), kurie yra pagalbinės vairuotojo sistemos dalis [17].

Įspėjimo apie nukrypimą nuo kelio juostos sistema (LDWS) perspės vairuotoją, jei sunkvežimis netyčia nukryps nuo kelio juostos. Prie priekinio stiklo montuojama kamera reiškia, jog ši sistema gali atpažinti kelio žymėjimą ir perspėja garsiniu signalu, jei sunkvežimis nukrypsta nuo kelio juostos vairuotojui neparodžius posūkio ženklo [17].

Apart Elektroninės transporto priemonės stabilumo kontrolės (EVSC) sistemos, Pažangi avarinė stabdymo sistema (AEBS) padeda išvengti nelaimingų atsitikimų dėl vairuotojo išsiblaškyimo. Sistema nustato atstumą iki priekyje esančios transporto priemonės bei apskaičiuoja potencialaus susidūrimo laiką; tokiu atveju, prieš įjungiant stabdymą, paleidžiama dvigubo perspėjimo sistema [17].

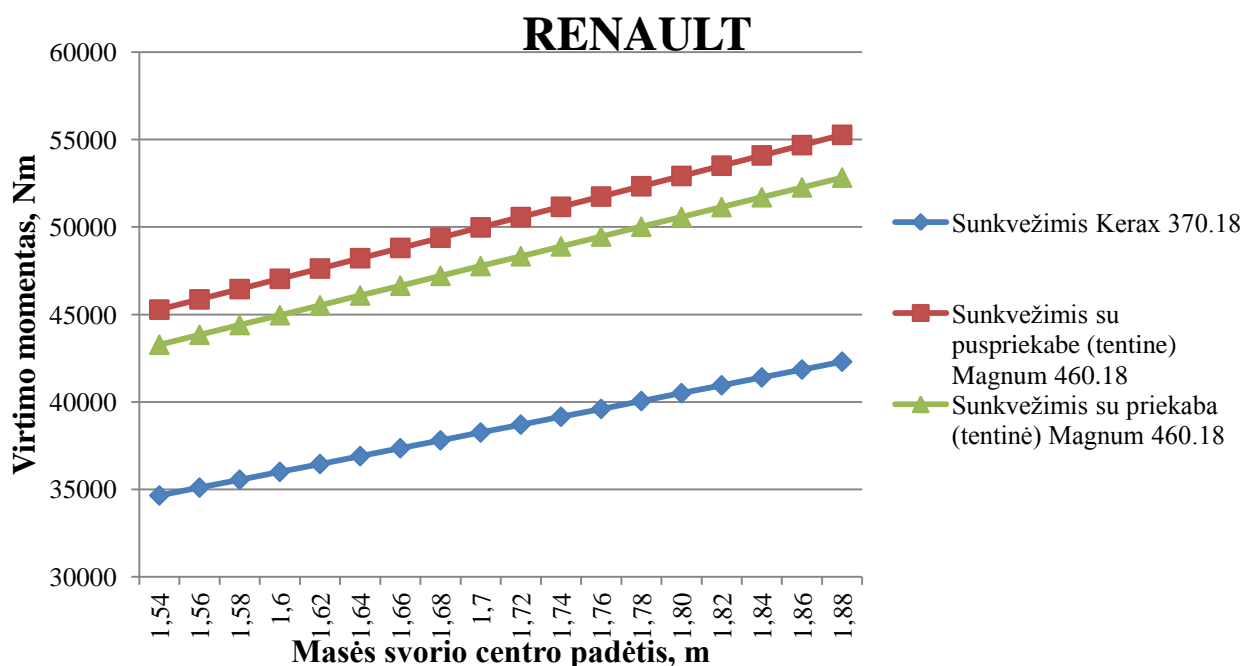
Judančios kliūtis atveju ši sistema suveikia automatiškai, sumažindama sunkvežimio greitį iki 32 km/h, kad būtų išvengta susidūrimo. Nejudančios kliūtis atveju sistema gali užkirsti kelią ir sušvelninti poveikį sumažindama greitį 10-čia km/h. Dėmesio: AEBS sistema negarantuoja, jog jūs išvengsite susidūrimų ir ji negali panaikinti rizikos, jei vairuojama tinkamai nesisaugant bei nepakankamai atidžiai [17].

Šie naujieji prietaisai reiškia, jog naujasis Eurostar sunkvežimis atitinka naujus 2015 m. lapkričio mėnesį įsigaliosiančius įstatymų nuostatus (Komisijos reglamentas ES 347/2012).

Tuo naujosios saugumo funkcijos nesibaigia. Prisitaikanti pastovaus greičio palaikymo sistema (ACC) reguliuoja greitį išlaikydama atstumą iki priekyje esančios transporto priemonės. Dėl to, sistema naudoja minėtą AEBS radiolokatorių (veikiantį 120 metrų spinduliu) ir

suveikia automatiškai, visų pirma sumažindama sukimo momentą, tuomet paleisdama variklio stabdį ir, galiausiai, darbinį stabdį [17].

Siekiant pagerinti vairavimo saugumą bei matomumą, standartiniame sunkvežimio variante įmontuoti LED dieniniai žibintai (DRL). Esant poreikiui taip pat galima gauti Xenon priekinius žibintus. Vaire esantys garso bei Bluetooth™ prietaisų valdikliai didina saugumą kelyje ir leidžia vairuotojui sutelkti dėmesį į kelią [17].

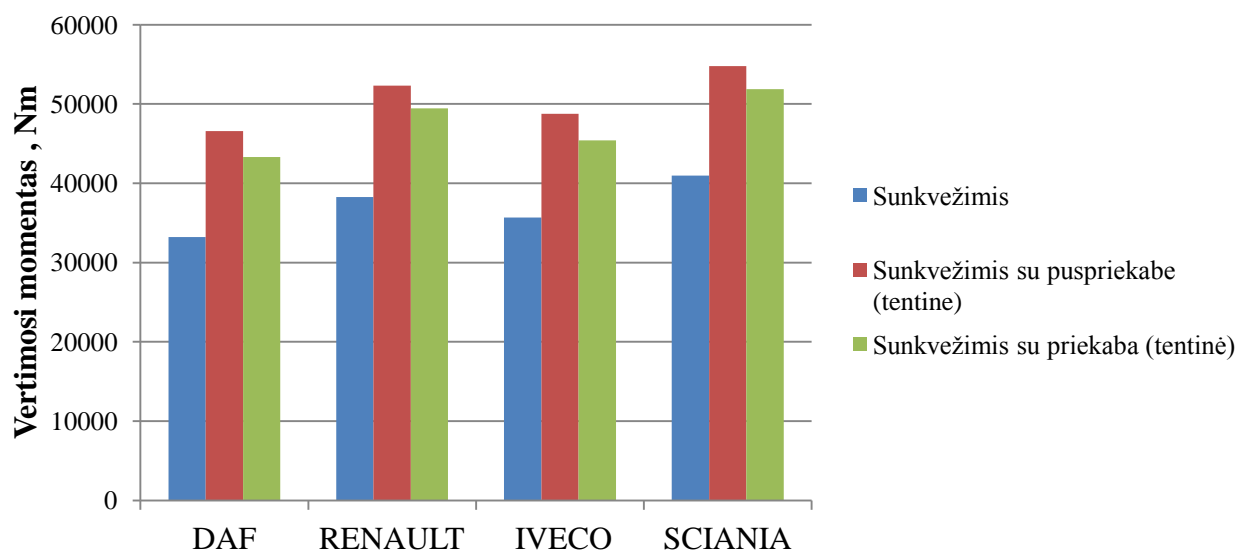


28 pav. Renault virtimo momento priklausomybė nuo svorio centro padėties

„Renault Trucks“ tolimiesiems pervežimams skirti sunkvežimiai sukurti panaudojant kruoščiai patikrintus komponentus, dalis ir sprendimus. Važiuklė ir kabina buvo sustiprintos, siekiant užtikrinti didžiausią patikimumą ir tvirtumą. Galinė orinė pakaba [18].

Saugumas. Įvairios stabdymo sistemos ir intelektualios pagalbinės vairavimo sistemos padeda efektyviai apsaugoti žmones ir krovinius. Įvairi kita įranga ir priedai vairuotojui suteikia dar daugiau saugumo. Eismo juostos sekimo programa, skleidžia garsinius signalus ir perspėja vairuotoją, jei išvažiuojama iš eismo juostos nerodant posūkio signalo. Pristaitanti pastovaus greičio kontrolė, išlaiko saugu atstumą priešais važiuojančios transporto priemonės. Elektroninė traukos sistema, leidžia vairuotojui laikytis numatyto važiavimo krypties [18].

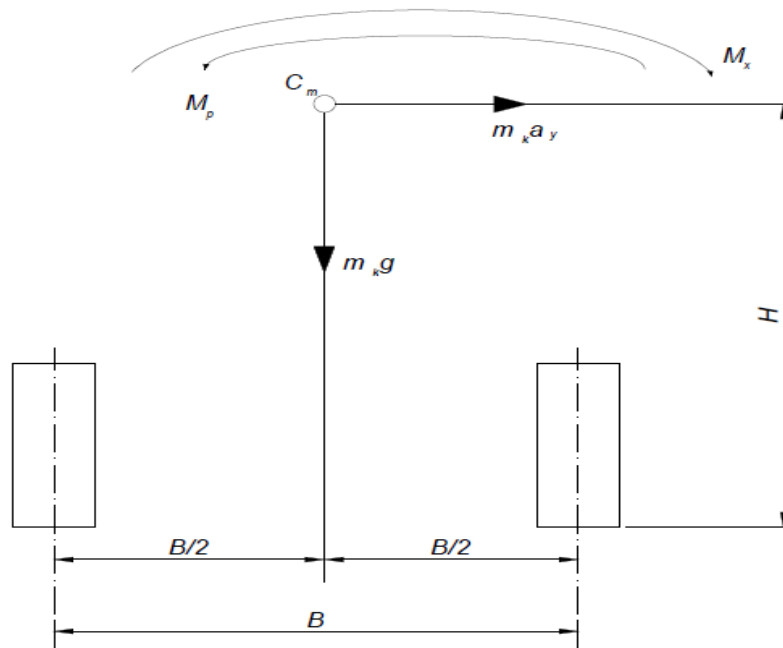
Iš grafikų galima teigti kad kuo didesnės sunkvežimio masė tuo veikia didesnė vartimo jėga. Visų keturių tiriamųjų markių sunkvežimiai su puspriekabe vartimo momentas esant svorio masės centrui mažiausioje padėtyje yra didžiausias lyginant su sunkvežimiu ar sunkvežimiu su priekaba.



29 pav. Visų markių ir modelių sunkvežimių vartimo momentai

Gautoje grafiškai pavaizduotoje suvestinėje (žr. 29 pav.) matyti, kad DAF markės gamintojo sunkvežimiai turi mažiausią tikimybę vartimui. Didžiausias galimybes vartimui turi SCANIA markės sunkvežimiai.

6.2. Posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė



26 pav. sunkvežimio jėgų ir momentų virtimo schema [8]

Sunkvežimio stovumo vrtimui sąlyga – $M_x \leq M_p$,

$$m \cdot a_y \cdot H \leq m \cdot g \cdot \frac{B}{2}, \quad (4.1)$$

$$\text{arba } a_y \leq g \cdot \frac{B}{2H}, \quad (4.2)$$

$$\text{antra vertus } a_y \leq \frac{v^2}{R}, \quad (4.3)$$

čia R – sunkvežimio masės centro trajektorijos kelio posūkyje spindulys,

v – važiavimo greitis.

Iš čia galima rasti sunkvežimio važiavimo greitį:

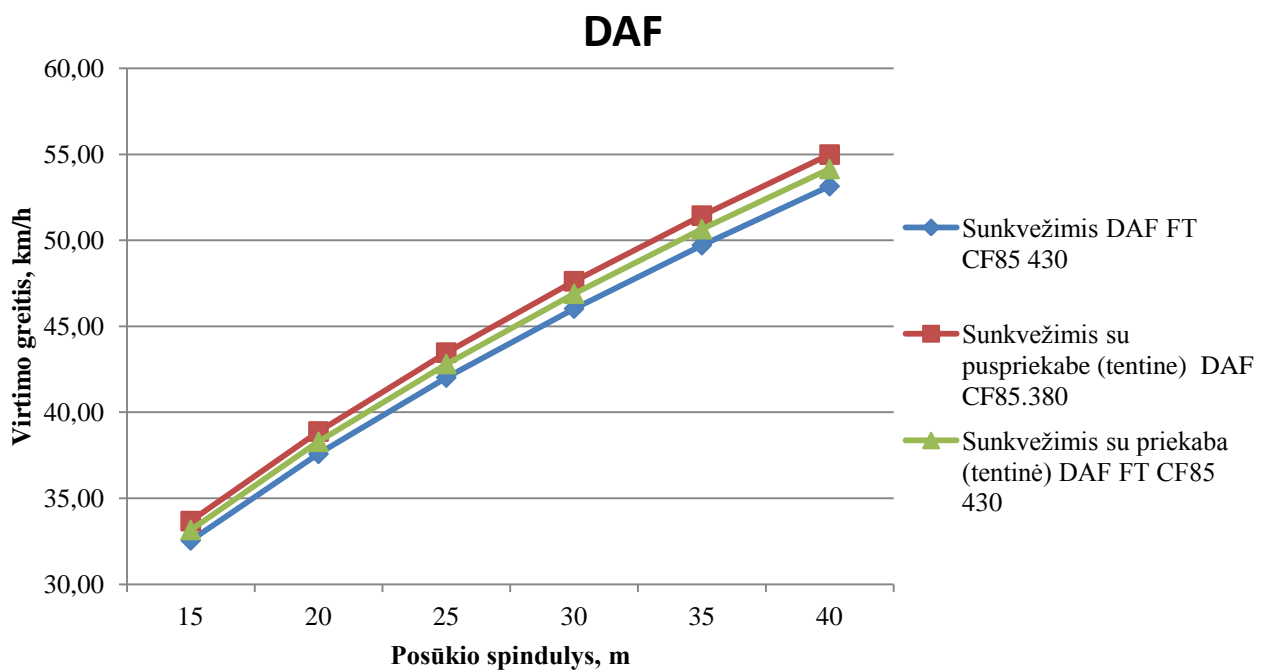
$$v = \sqrt{a_y \cdot R}. \quad (4.4)$$

Sunkvežimio veritimo sąlyga pagal važiavimo greitį:

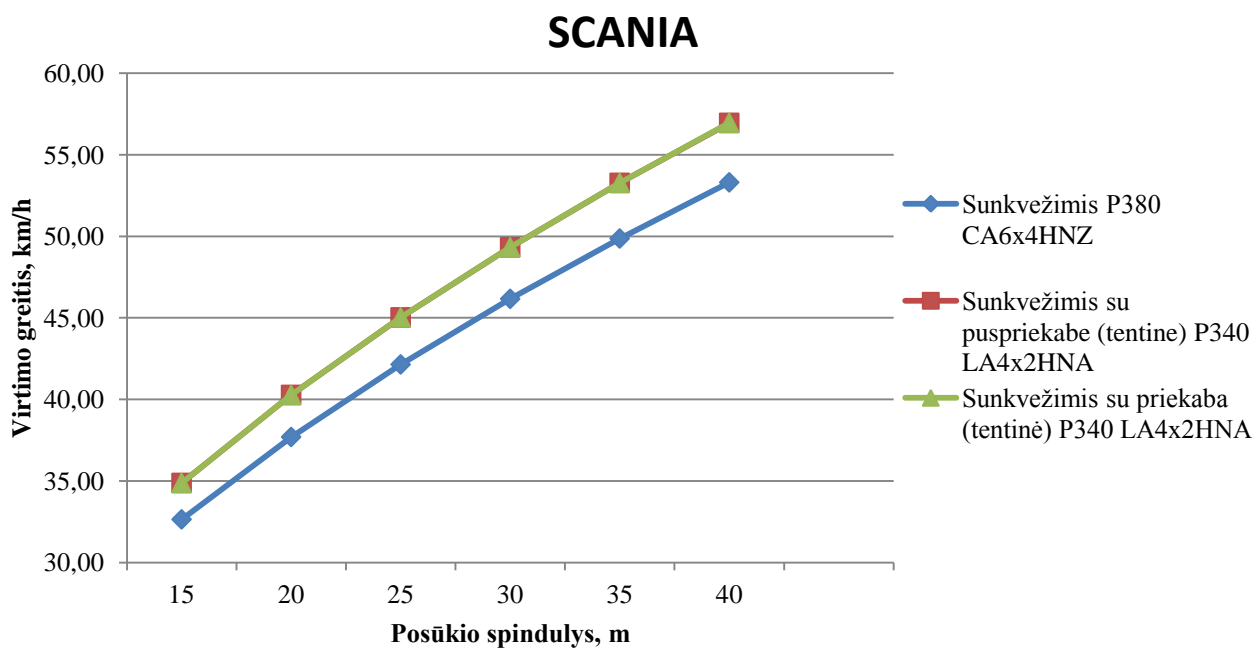
$$v_{st} = \sqrt{\frac{g \cdot B \cdot R}{2H}}. \quad (4.5)$$

Kelio posūkyje sunkvežimis, gali ne tik virsti, bet ir slysti. Sunkvežimio riedantis ratas gali slysti lygiagrečia ir statmena rato sukimosi polokštumai [8].

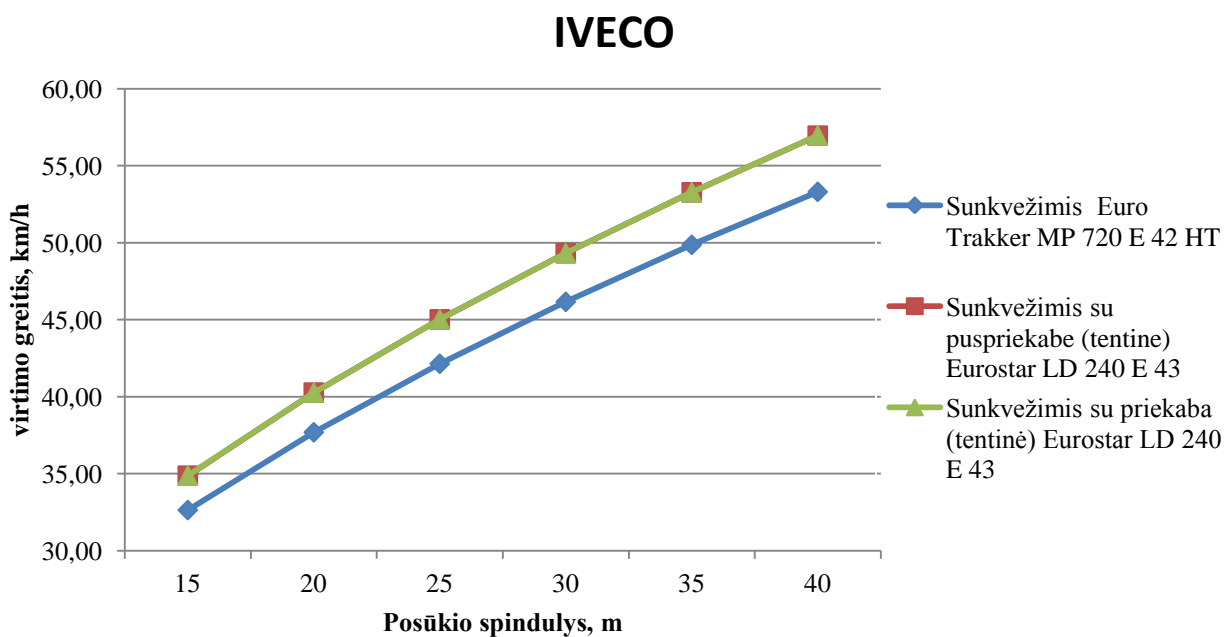
Atlikti dinaminio stovumo skaičiavimai, kuriais buvo siekiama nustatyti greitį, kurio važiuodamas sunkvežimis nevirš ir neslys. 31 pav. grafiškai pavaizduota sunkvežimio nevirtimo sąlyga pagal važiavimo greitį.



31 pav. DAF posūkio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė

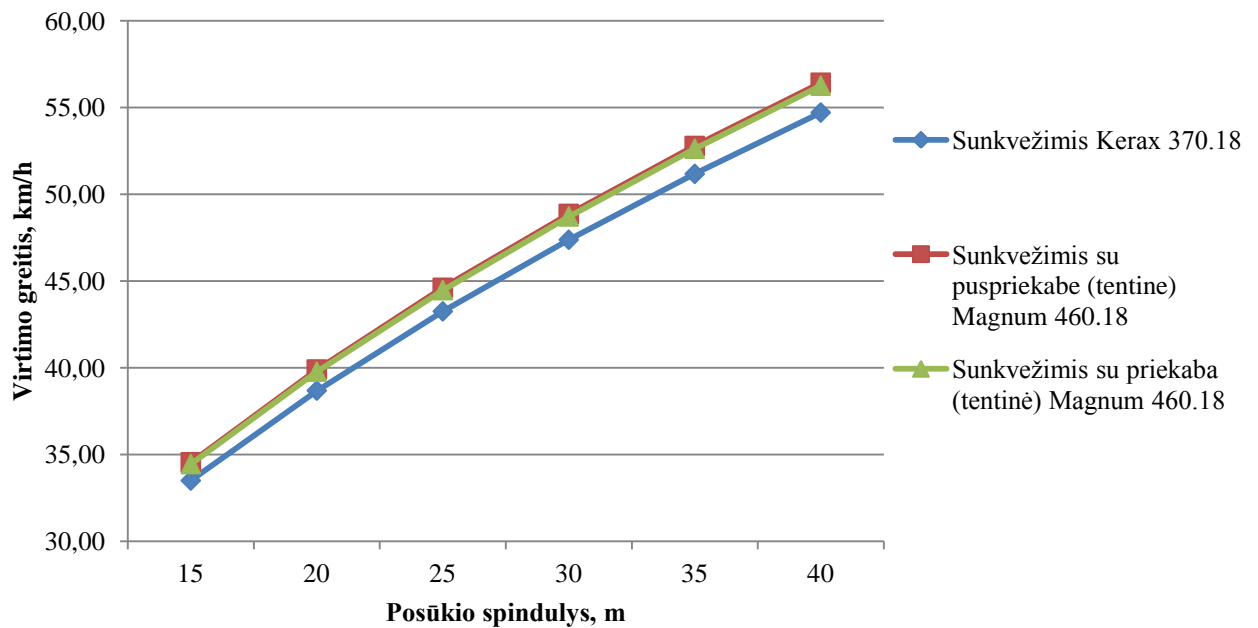


32 pav. SCANIA posūkių spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė

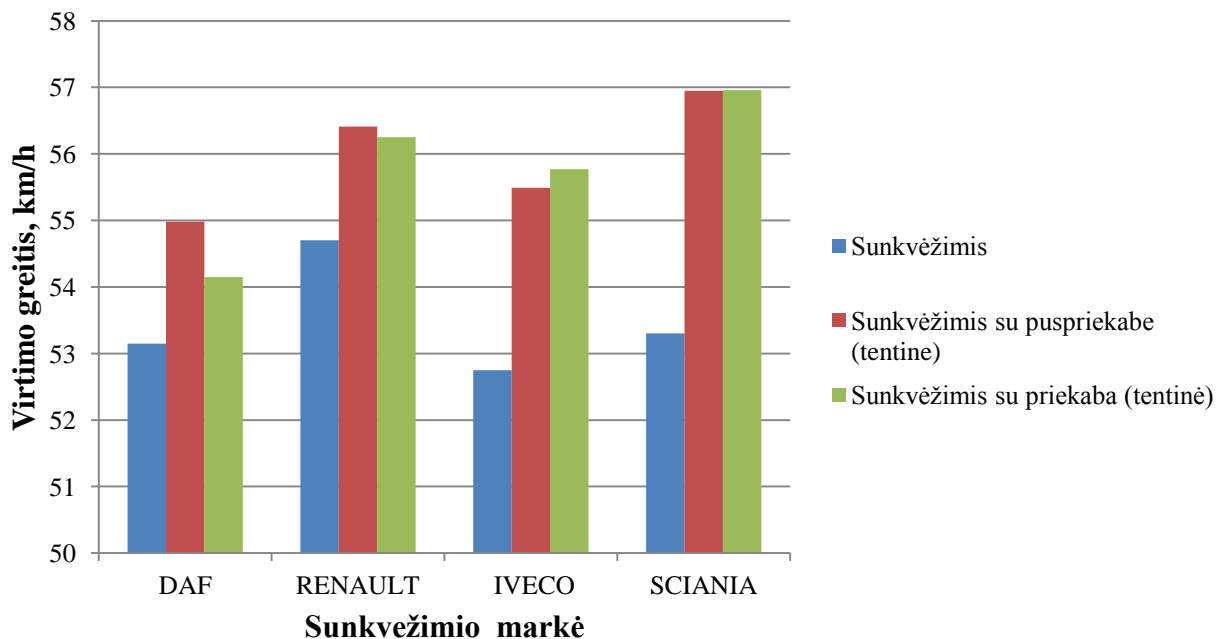


33 pav. IVECO posūkių spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė

RENAULT



34 pav. RENAULT posūčio spindulio ir važiavimo greičio priklausomybė

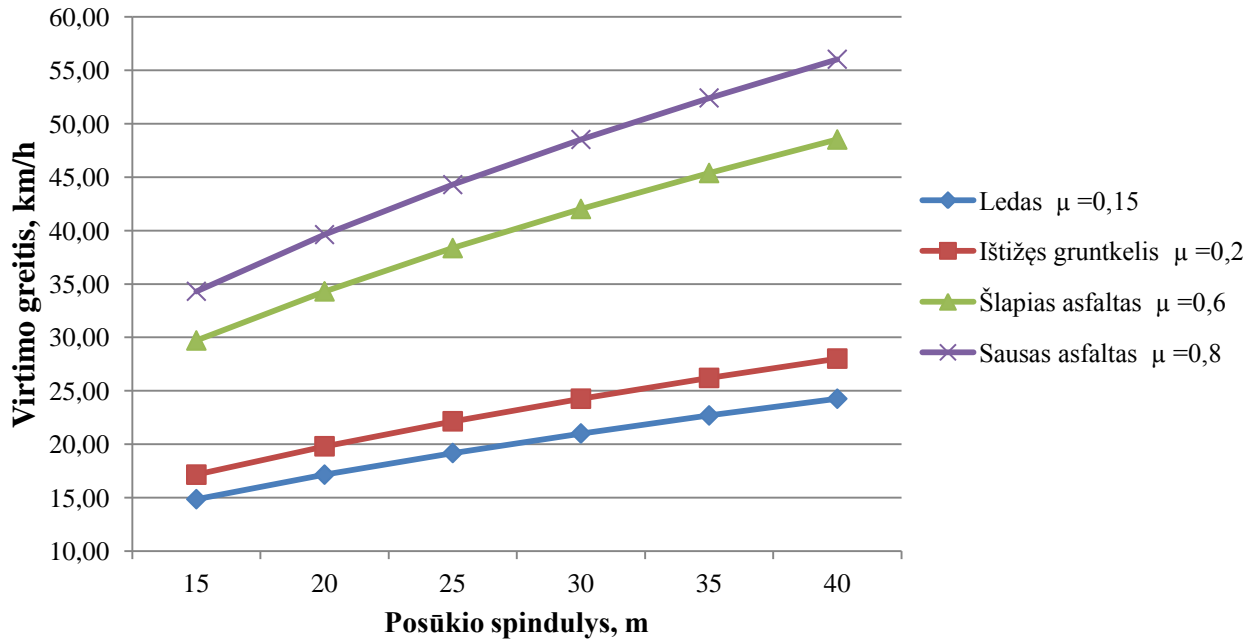


35 pav. Visų markių sunkvežimių maksimalus virtimo greitis

Nustatyta, kad važiuojant posūkyje, kurio $R=40$ m, didžiausias važiavimo greitį gali išvystyti SCANIA markės sunkvežimis su puspriekabe, kuriam esant bus tenkinama automobilio nevirtimo sąlyga – 56 km/h. Sunkvežimis su priekaba lyderis taip pat SCANIA markės – 56 km/h. Tuo tarpu sunkvežimių lyderis RENAULT gamintojų - 54 km/h.

6.3 Kritinio slydimo greičio priklausomybė nuo posūkio spindulio.

Atliekant posūkio manevrą atsiranda galimybė ne tik virsti bet ir slysti. Atlikti teoriniai projektiniai skaičiavimai esant skirtingoms kelio dangoms. Gauti duomenys pavaizduoti grafiškai 36 pav.



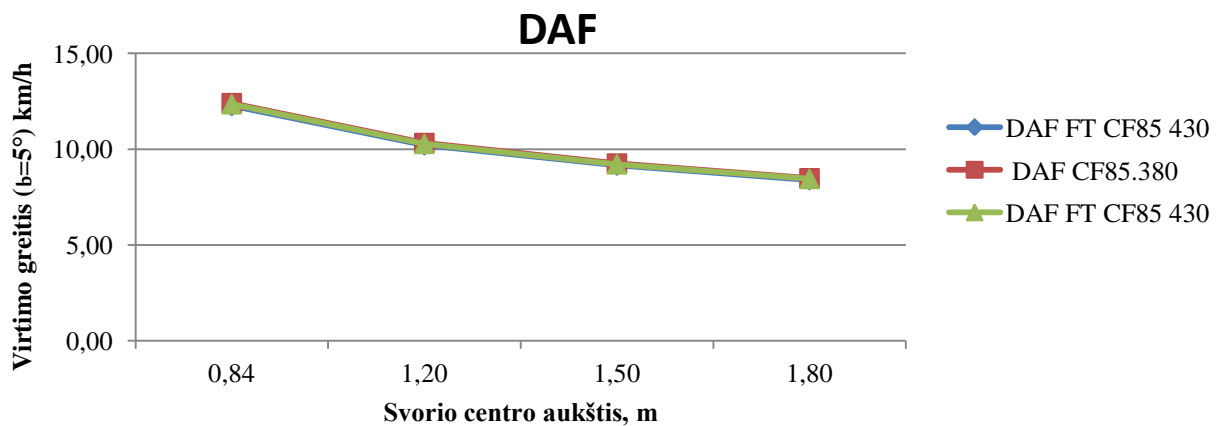
36 pav. Kritinio virtimo greičio, esant skirtingiems sukibimo koeficientams, ir posūkio spindulio priklausomybė

Važiuojant ledu, posūkyje ($R = 40$ m) greitis prie kurio sunkvežimis važiuos neslysdamas yra 15 km/h, o važiuojant ištižusiu gruntkeliu tame pačiame posūkyje greitis – 28 km/h – tai beveik dvigubai daugiau nei važiuojant ledu. Šlapiu asfaltu važiuojant greitis atliekant posūkį ($R = 40$ m) maksimalus greitis – 48 km/h, sausu asfaltu – 56 km/h.

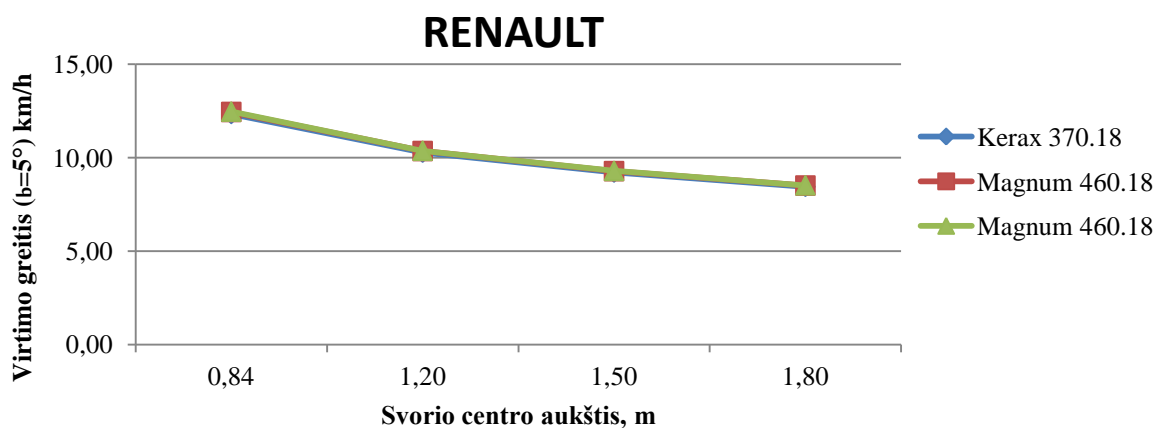
6.4 Kritinis vartimo greitis nuo kelio posvyrio kampo.

Kai krovinys pasiskirstęs netolygiai ir keičia svorio centrai, iškykla rizika greičiau prarasti stabilumą. Kai svorio centras žemas, puspriekabė greičiau gali pradėti slysti nei visrti, o kuo svorio centras aukščiau, tuo greičiau puspriekabė gali virsti. Vartimą įtakoja ne tik svorio centro padėtis, bet ir krovinio pasiskirstymas. Netolygiai pasiskirstęs krovinys gali sumažinti arba padidinti vartimo tikimybę priklausomai kurioje kėbulo dalyje didesnė krovinio masė ir kokia kryptimi bus važiuojama. Kartais netolygus krovinys gali apsaugoti nuo vartimo, o kartais tik pagreitinti.[6]

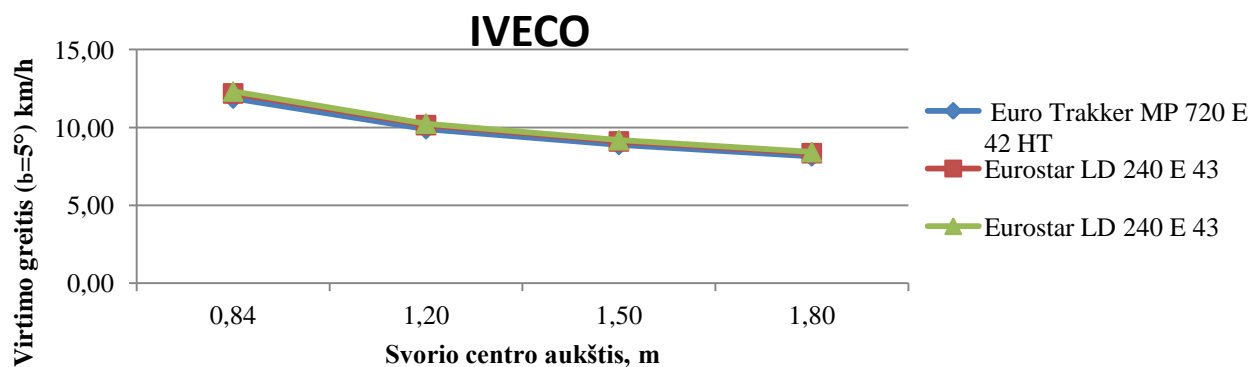
Važiuojant apskritimu, pasvirusiu pagrindu link apskritimo centro, puspriekabei netekti stabilumo sunkiau, nei važiuojant pagrindu pasvirusiu nuo spindulio centro. Jei kelyje pasitaiko kliūtis, ji labai greitai gali pakeisti situaciją, nes gali sukelti papildomų jėgų poveikį, papildomą pasvyrimą, papildomą lingių ir padangų deformaciją. Nors ir važiuojama lygiu, nepasvirusiu pagrindu, negalime teigti, kad puspriekabė šiuo atveju nėra pasvirusi, nes judant apskritimu veikia išcentrinės jėgos, o išorine spindulio puse riedantys ratai ir pakaba yra labiau apkraunamos, todėl puspriekabė pasvyra atitinkamu kampu, kad padidina vartimo riziką važiuojant net it lygiu pagrindu.[6]



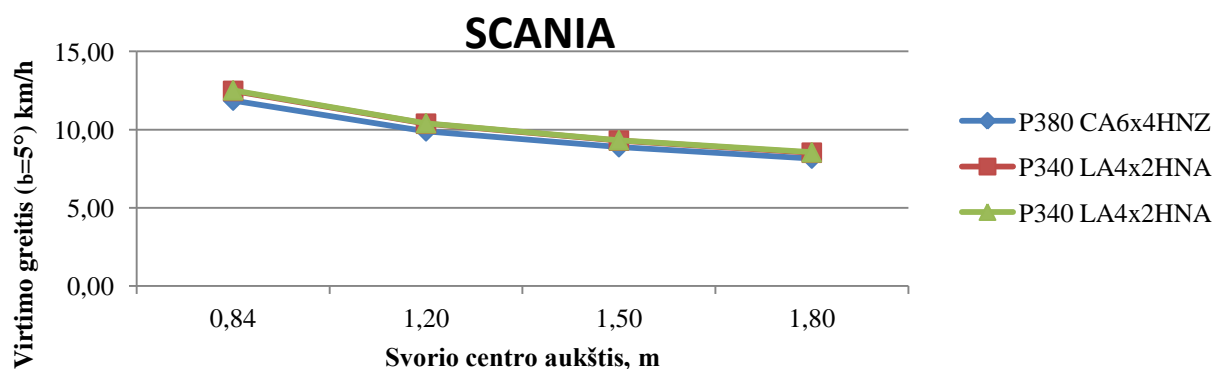
37 pav. DAF vartimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs kampu $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, o kelio posūkio spindulys 10 m.



38 pav. RENAULT virtimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs kampu $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, o kelio posūkio spindulys 10 m.

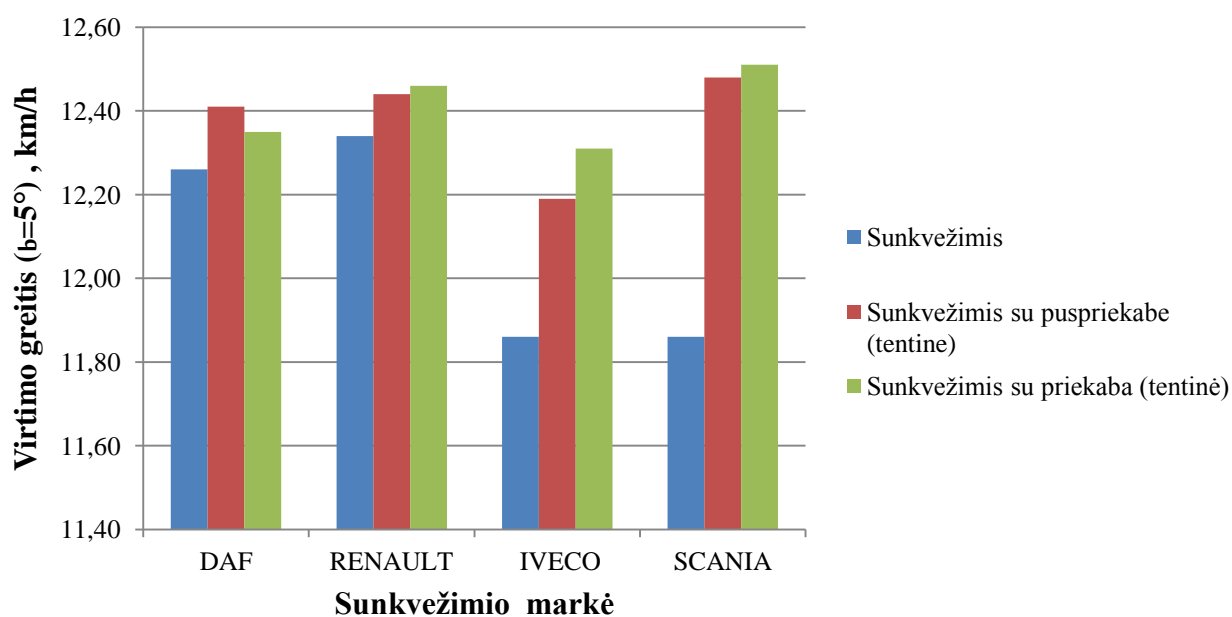


39 pav. IVECO virtimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs kampu $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, o kelio posūkio spindulys 10 m.



40 pav. SCANIA virtimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs kampu $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, o kelio posūkio spindulys 10 m.

Priekabos, puspriekabės stabilumo praradimą dar gali įtakoti ir netolygi tempimo jėga, nestandus sukibimo įtaisas, netolygus greitis ir stagus menkvavimas, į ką neatkreipiamę dėmesio galime neteisingai įvertinti saugų greitį, posūkio kampą ar kelio posvyrį. Stabilumui prarasti galima išskirti labai daug priežasčių, tačiau visas jas sunku apžvelgti. Iš rezultatų pateiktuose grafikuose galime bentn numatyti kokios pasėkmės būtų patekus į tokią manevravimo situaciją, arba padėtų greičiau apsispręsti ir pasirinkti tinkamesnę veiksmų seką stengdamiesi išvengti stabilumo praradimo [6].



41 pav. Visų markių sunkvežimių maksimalus vartimo greitis, kai kelio pagrindas pasviręs kampu $b=5^\circ$ posūkio apskritimo centro kryptimi, kelio posūkio spindulys 10 m, svorio centro padėtis 0,84 m.

IŠVADOS

Remdamasis automobilio stabilumo skaičiavimo metodika ir naudodamasis Daf, Renault, Iveco, Scania markės gamintojų, pateiktomis techninėmis charakteristikomis, atlikau tyrimą apie šių sunkvežimių stovumą.

Tyrimo kryptis yra „Sunkvežimio su puspriekbe stabilumo tyrimas“ buvo nuspręsta apžvelgti sunkvežimį, sukvežimį su priekaba ir sukvežimį su puspriekabe, stovumo rodiklius, ko pasekoje gautus, analizės metu, rezultatus, sulyginau, pavaizdavau grafiškai.

Tyrimo metu buvo nustatyta krovinių automobilių virtimo momento priklausomybė nuo keičiamos svorio centro padėties. Analizė parodė, kad kuo didesnė sunkvežimio masė tuo jį veikia didesnė virtimo jėga. Sunkvežimių klasėje DAF(33210 Nm) ir IVECO (35670 Nm) markės automobiliai mažiausia tikimybe virtimui didžiausia RENAULT (38250 Nm) ir SCANIA (40959 Nm). Sunkvežimis su puspriekabe, mažiausia virtimą parodė turys DAF (46580 Nm) markės gamintojas, antras po jo IVECO(48772 Nm). Didžiausia masė bei virtimo tikimybe turi RENAULT (52332 Nm) ir SCANIA (54792 Nm). Vilkikų su priekaba klasėje DAF (43326 Nm) ir IVECO (45414 Nm) mažiausia tikimybe, didžiausia RANAULT (49456 Nm) ir SCANIA (51869 Nm).

Nagrinėjant stabilumo teorija, nusprendžiau įvertinti sunkvežimių stabilumą kelio posūkyje. Atliekant posūkio manevra paaiškėjo, kad krovininio transporto stabilumas labai priklauso nuo jo tarpuvėžio pločio. Atlikti dinamnio stovumo skaičiavimai parodė maksimalius krovininio transporto greičius kelio posūkyje. Didžiausia važiavimo greitį gali išvystyti SCANIA P340 LA4x2HNA (56km/h) sunkvežimis su puspriekabe, kelio posūkyje, kurio $R=40m$. Sunkvežimių su priekaba klasėje lyderis taip pat SCANIA P340 LA 4x2 HNL (56 km/h). Sunkvežimis RENAULT Magnum 460.18 - 54 km/h. Mažiausia greitį pasiekia iš visų gamintojų IVECO sunkvežimiai.

Tyriant sukvežimio stovumą kelio posūkyje, kyla kita problema, kad automobilis posūkyje gali ne tik virsti bet ir slysti. Atlikti teoriniai projektiniai skaičiavimai esant skirtingoms kelio dangoms. Važiuojant ledu, posūkyje ($R = 40 m$) greitis prie kurio sunkvežimis važiuos neslysdamas yra 15 km/h, o važiuojant ištižusiu gruntkeliu tame pačiame posūkyje greitis – 28 km/h – tai beveik dvigubai daugiau nei važiuojant ledu. Šlapiu asfaltu važiuojant greitis atliekant posūkį ($R = 40m$) maksimalus greitis – 48 km/h, sausu asfaltu – 56 km/h.

Kadangi krovinis automobilis posūkyje labiausiai būna nestabilus, nutarta įvertinti posūkio menvrą su pasvirusiu pagrindu ($b=5^\circ$) maksimalų virtimo greitį. Kelio pagrindas pasviręs posūkio centro kryptimi, $R=10m$. Atlikta analizė rodo kad visų gamintojų maksimalus greitį išvysto kai svorio centro padėtis būna žemiausioje pozicijoje ($h = 0,84m$) t.y. 12 km/h. Didėjant svorio centrui tolygiai mažėja maksimalus virtimo greitis ($h = 1,80m$) – 8 km/h.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Pečeliūnas R., Sokolovskij E. Automobilių dinamika – Vilnius: Technika, 2012.
2. Levulytė L., Grikštaitė D., Sokolovskij E. Modifikuoto sunkiasvorio automobilio stovumo parametrų analizė. Mokslas – Lietuvos Ateitis, 2012.
3. Šerkšnas A., Autovežio stovumas kelio posūkyje skaičiavimo metodika – Vilnius, Transportas 2, 1999.
4. Petrovas D., Bartulis V., Savivarčių automobilių statinio stovumo palyginimas – Mokslas – Lietuvos Ateitis, 2007.
5. Komercinis transportas – sunkvežimiai [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 03 26]. Prieiga per internetą: <http://truck-data.com/lt/truck/>
6. Sabas D., Prikabinamų žemės ūkio mašinų naudojimo saugos tyrimas – Akademija, 2013.
7. Miškinis A., Šoninio vėjo įtaka automobilio stabilumui – Panevėžys, 2013.
8. Ragelis D., Devynviečio autovežio stovumo tyrimas – Vilnius, 2007.
9. Automobilininko gidas [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 04 25]. Prieiga per internetą : <http://www.autoreviu.lt/>
10. Giedraitis M., Visureigio automobilio dinaminė charakteristikų tyrimas – Vilnius, 2009.
11. Vasilis Vasiliauskas A., Krovinių vežimo technologijos – Klaipėda, 2013.
12. Kontautaitė D., Zinkevičiūtė V., Ekspedicinių įmonių veiklos kokybės gerinimo poreikis ir galimybės – VGTU, 2013.
13. Bogdevičius M., Transporto priemonių dinamika – Vilnius 2012.
14. Pečeliūnas R., Automobilio svyravimai ekstremalaus stabdymo metu – VGTU, Vilnius, 2004.
15. DAF oficialus gamintojo puslapis [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 05 02]. Prieiga per internetą: <http://www.daf.global/en-en/trucks/comfort-and-safety-systems-euro-6/vehicle-stability-control> [
16. SCANIA oficialus gamintojo puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 05 02]. Prieiga per internetą : <https://www.scania.com/lt/lt/home/products>
17. IVECO oficialus gamintojo puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 05 02]. Prieiga per internetą. <http://www.iveco.com/lithuania/gaminiai>
18. RENAULT oficialus gamintojo puslapis. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 05 02]. Prieiga per internetą: <http://www.renault-trucks.lt/>