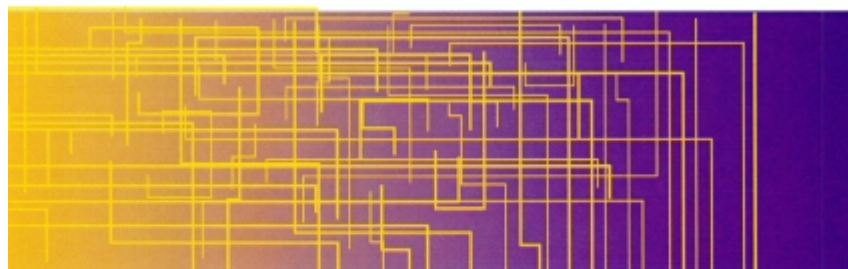




90 metų KTU



TECHNOLOGIJOS MOKSLAI ŠIANDIEN IR RYTOJ – 2012

Studentų mokslinių darbų konferencijos
PRANEŠIMŲ MEDŽIAGA

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS



TECHNOLOGIJOS MOKSLAI ŠIANDIEN IR RYTOJ – 2012

Studentų mokslinių darbų konferencijos

PRANEŠIMŲ MEDŽIAGA

Kauno technologijos universitetas, Lietuva
2012 gruodžio 7 d.



Konferenciją organizuoja Kauno technologijos universiteto Panevėžio
instituto Technologijų fakultetas.

ORGANIZACINIS KOMITETAS

Pirmininkas prof. habil. dr. Jonas Bareišis

Mokslinis sekretorius doc. dr. Dainius Vaičiulis

Nariai: prof. dr. Vytautas Kleiza
prof. dr. Vytenis Sinkevičius
doc. dr. Aurimas Česnulevičius
doc. dr. Jonas Valickas
dr. Saulius Sušinskas

TURINYS

Ižanga.....	7
I. Šimoliūnas, J. Bareišis Vienodo atsparumo dvikomponentės sijos dydžio nustatymas	8
L. Norvilaitė, D. Vaičiulis Klupdomų mechaniškai nevienalyčių suvirintųjų sujungimų su plokščia kieta siūle tyrimas	13
D. Rumčikas, D. Vaičiulis Temptų detalių proceso modeliavimas.....	18
D. Tratulytė, D. Garuckas Apvalaus skerspjuvio skylių apdirbimo technologijos įtakos tyrimas apdirbimo savikainai	22
R. Laurinavičius, A. Česnulevičius Mobilaus roboto dviejų laisvės laipsnių manipulatoriaus sukimo momentų tyrimas.....	29
K. Remeika, Ž. Bazaras Automobilių kuro sąnaudų tyrimas bei metodikos gerinimas	35
T. Narbutas, M. Mikolajūnas MVE darbo režimų tyrimas.....	40
T. Narbutas Elektomobilio variklio aušinimo tyrimas	46
M. Verbiejus, A. Tautkus Krovininio automobilio stabilumo posūkyje tyrimas	51
D. Budginienė, Ž. Bazaras Kelių transporto krovinų tvirtinimo būdų tyrimas	57
R. Maskevičius, Ž. Bazaras Automobilio kuro sąnaudų skaičiavimo metodikų tyrimas.....	63

S. Gedrimas, Ž. Bazaras Transporto priemonių keliamo triukšmo tyrimas namuose-ekranuose Panevėžio mieste	69
V. Augustinas, J. Bareišis Vidurinio sluoksnio įtakos gelžbetoninių sijų stiprumui tyrimo metodika	76
A. Kazlauskis, A. Tautkus Stabdžių efektyvumo priklausomai nuo sunkvežimių svorio tyrimas	81
E. Valiukas, Ž. Bazaras Traukinių aerodinamikos gerinimo tyrimas	87
N. Užusenis, D. Viržonis Mikromontuojamų ultragarso keitiklių tyrimas	92
T. Petrauskas, J. Valickas Integruotos mechatroninės valdymo sistemos konfigūravimas ir tyrimas.....	97
R. Viltrakis, Ž. Bazaras Smulkių krovinių sandėlio technologinio aprūpinimo tyrimas	106
A. Garuckas, J. Bareišis Molinio grunto gniužumo ir kirpimo savybių tyrimo metodikų analizė	110
M. Tuominis, A. Tautkus Krovinių vežimo kelių transportu optimizavimas	115
K. Čiūras, A. Tautkus Automobilių išmetamųjų dujų sistemos sukeliama triukšmo tyrimas.....	123
E. Vasiliūnas, V. Sinkevičius Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos valdomo judesio tyrimas.....	128
K. Valentinavičius, V. Sinkevičius Brūkšninių kodų panaudojimo mobilių robotų orientacijai tyrimas	137
L. Papreckis, V. Sinkevičius Dvipusio radijo ryšio sistemos mobiliam robotui valdyti tyrimas	143

M. Gaurilka, V. Sinkevičius Mobilaus roboto posūkio pavaros valdymo tyrimas	149
A. Lukoševičius, V. Sinkevičius Dviejų ašių roboto rankos modeliavimas	157
T. Šilinskas, L. Pelenytė-Vyšniauskienė Ekovairavimo ir įprasto vairavimo palyginimas ekonominiu požiūriu	164
A. Sasnauskas, M. Mikolajūnas Tolygiai kintančios temperatūrinės kreivės formavimas valdikliu.....	170
A. Žymantas, T. Jukna Biopotencialų panaudojimas robotų valdyme	178
I. Čereška Neardoma ultragarsinė detekcija. Apžvalga.....	183
S. Kadūnaitė, A. Tautkus Krovininių automobilių aerodinaminių savybių tyrimas.....	188
A. Misiūnas, D. Vaičiulis T formos suvirintojo sujungimo su plokščia minkšta siūle įtempimų būvio tyrimas	193
V. Trybytė, Ž. Bazaras Kelių transporto priemonių keliamo triukšmo Panevėžyje tyrimas	199
J. Sriubas, A. Česnulevičius Keturkojo žingsniuojančio roboto gravitacinio stabilumo tyrimas	205
M. Ivaška Daugiasluoksnių sijų konstrukcijos ir jų skaičiavimo metodika	211
M. Padriežas, J. Valickas Pastato vėdinimo sistemos tyrimas	217
E. Sližauskas, T. Jukna Paviršinės varžos matavimo automatizavimas	223
J. Šeibokienė, A. Tautkus Eismo įvykių tyrimo metodai ir jų tobulinimo būdai	229

A. Gasiūnas, V. Sinkevičius	
Mobilaus roboto judesio trajektorijos matematinio modelio tyrimas.....	236
D. Baltramiejūnas, D. Garuckas	
Kontūrų apdirbimo technologijos įtakos apdirbimo savikainai nustatymo planavimas.....	243
E. Valentinavičius	
Mikroelektromechaninių sistemų periodinių virpesių dažnio kitimo tyrimas.....	247
A. Mugulis, V. Sinkevičius	
Detalių padėties indentifikavimo sistemos tyrimas	254
V. Danilevičius	
Fasado šiltinimo sistemos	259
 Autorių indeksas	 264

ĮŽANGA

2012 m. gruodžio 7 d. KTU Panevėžio instituto Technologijų fakultete vyko studentų mokslo darbų (SMD) konferencija „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2012“.

Konferencijos tikslai:

- propaguoti ir skatinti studentų mokslinę veiklą;
- išmokyti studentus ruošti mokslinius straipsnius bei formuluoti išvadas.

Pranešimuose buvo pristatyti mokslinių tiriamųjų darbų rezultatai šiomis tematikomis: mechanškai nevienalyčių konstrukcijų stiprumas, transporto priemonių tyrimas ir logistika, robotikos elementų ir elektrinių įrenginių tyrimas ir valdymas, alternatyvi energetika, naujos statybinės konstrukcijos ir jų analizė.

Tikimės, kad studentų mokslo konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2012“ pranešimų medžiaga Jums bus įdomi ir naudinga.

prof. habil. dr. Jonas Bareišis
doc. dr. Dainius Vaičiulis



VIENODO ATSPARUMO DVIKOMPONENTĖS SIJOS DYDŽIO NUSTATYMAS

I. Šimoliūnas, J. Bareišis

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: sija, standumas, medis, plienas.

1. Įvadas

Bet kokia konstrukcija susideda iš medžiagų. Medžiagos ir jų deriniai apsprendžia konstrukcijos masę, patvarumą, tvirtumą, estetinę išvaizdą ir gaminio ekonomiškumą. Siekiant gauti tobulą šių parametrų suderinamumą yra naudojami daugiasluoksniai konstrukciniai elementai. Taip pat ekonominę naudą padidina ir vienodo atsparumo konstrukcijos, kurios leidžia pridėti medžiagos ten kur jos labiausiai reikia ir sutaupyti kur mažiau.

Dauguma konstrukcinių medžiagų yra pagaminama iš vienos medžiagos. Tačiau vis labiau išpopuliarėja daugiakomponentės konstrukcijos. Jų naudojimą vis labiau skatina ekonomiškumas, tačiau taikant šias konstrukcijas, taip pat pasiekiamas bendrasis aplinkos resursų tausojimas. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozicijoje yra tolygus naujos medžiagos sukūrimui, kurios savybės kokybiškai ir kiekybiškai skiriasi nuo ją sudarančių komponentų savybių.

Tyrimo tikslas – ištirti išskirstytos apkrovos įtaką metalinių juostų, kuriomis stiprinama medinė sija, aukščiams ir jų pridėjimo vietai.

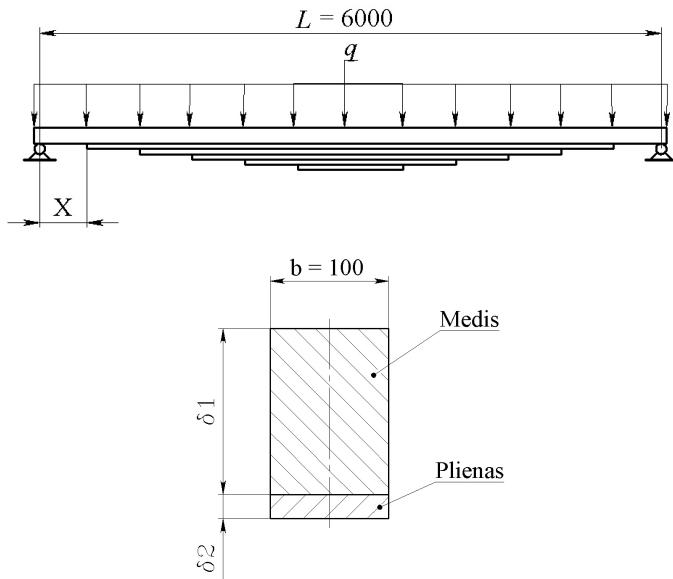
2. Tyrimo metodika

Nagrinėjama dvikomponentė stačiakampio skerspjūvio sija sudaryta, panaudojant medį (eglę) ir plieną. Sijos matmenys ir medžiagų charakteristikos pateiktos darbe [1]. Dvikomponentės sijos standumo centro, per kurį eina neutralusis lenkiamos sijos sluoksnis, koordinačių, standumo lenkimui D , leistinųjų lenkimo momentų $M_{adm.egl}$ ir $M_{adm.pl}$ skaičiavimo formulės pateiktos darbuose [1, 2].

Norint gauti siją, kurios visuose skerspjūviuose įtempiai būtų artimi silpniausios medžiagos leistiniams, būtina žinoti stiprinamos medžiagos (plieno juostos) pridėjimo vietos koordinatę X_i (1 pav.), t. y. atstumą nuo vienos iš atramų:

$$X_i = \frac{0,5 q L - \sqrt{(0,5 q L)^2 - 2 q M_{adm.egl}}}{q}; \quad (1)$$

čia: q – išskirstytas krūvis, N/m; L – sijos ilgis tarp atramų, m;
 $M_{adm.egl}$ – leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti medis (eglė) nagrinėjamame pjūvyje, Nm.



1 pav. Dvikomponentė vienodo atsparumo sija

Dvikomponentės vienodo atsparumo sijos formavimas turi būti atliekamas vykdant iteracinį skaičiavimą, pagal šį algoritmą.

1. Apskaičiuojame, kokią apkrovą gali atlaikyti medinė sija, kai maksimalus lenkimo momentas yra sijos viduryje. Tai minimalus sloginio intensyvumas. Norint formuoti vienodo atsparumo siją, sloginio dydį padidiname tiek kartų, kad norimame atstume nuo atramos įtempiai sijos skerspjuvyje būtų lygūs leistiniams.
2. Laisvai pasirenkame sustiprinamo sluoksnio storį (pirmojo sluoksnio storis rekomenduoja imti minimalių matmenų).
3. Apskaičiuojame neutralinio sluoksnio koordinatę (Y_E), antrame punkte priimtam plieninės juostos storiui.
4. Turint neutraliojo sluoksnio padėtį, skaičiuojame inercijos momentus kiekvienai sijos komponentei ir visos sijos standumą D .

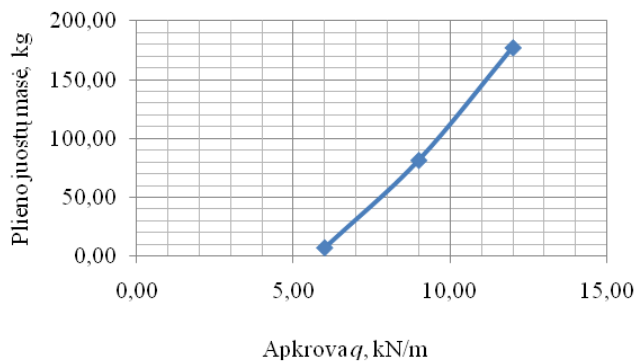
5. Apskaičiuojame kokias leistinas momento vertes $M_{adm,egl}$ ir $M_{adm,pl}$ gali atlaikyti sija, esant ketvirtame punkte apskaičiuotai standumo D reikšmei.
6. Kadangi duotu atveju medinei sijai leistinasis lenkimo momentas $M_{adm,egl}$ yra mažiausias, kurį gali atlaikyti, kad įtempimai neviršytų leistinųjų, tai šiai momento reikšmei skaičiuojame atstumą X_i (1).
7. Tolimesniems pjūviams priimamos nauji plieninės juostos storai ir kiekvienam iš jų kartojama procedūra nuo trečio punkto.

3. Tyrimo rezultatai

Tyrimo rezultatai pateikti 1-3 lentelėse. Pateiktos plieno storio δ_2 , sijos standumo lenkimui D , konstrukcijos leistinasis lenkimo momentas eglėje $M_{adm,egl}$ ir plieno juostos pridėjimo taško atstumas nuo atramos X reikšmės, kai q kinta nuo 3,66 kN/m iki 12 kN/m reikšmės. Nesustiprinta eglinė sija sveria 48 kg ir gali atlaikyti 3,66 kN/m apkrovą. Iš 1 lentelės duomenų matyti, kad norint eglinę siją sustiprinti 1,64 karto (kad atlaikytų 6,0 kN/m apkrovą), reikia viduryje pridėti dvi metalines juostas – 2 mm storio ir 2,8 m ilgio bei 4 mm storio ir 1 m ilgio. Tai būtų 7 kg papildomos masės metalo. Konstrukcijos standumas lenkimui viduriniame sluoksnyje yra lygus $1,49 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2$, o leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė 26,1 kNm.

2,5 karto didesnę apkrovą (9,0 kN/m) gali atlaikyti konstrukcija, kai pridėta 81,5 kg metalo. Storiausias metalo sluoksnis šioje konstrukcijoje yra 42 mm. Esant šiam storiui konstrukcijos standumas lenkimui $3,24 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2$, o leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė 39,4 kNm.

Net 3,3 didesnę apkrovą (12 kN/m) gali atlaikyti konstrukcija, kuri sustiprinta 177,5 kg metalo. Čia konstrukcijos stambiausioje vietoje pridėta 74 mm metalo ir gaunamas standumas lenkimui $4,8 \cdot 10^6 \text{ Nm}^2$, bei leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė 52,3 kNm.



2 pav. Apkrovos priklausomybė, nuo plieno juostų masės

1 lentelė

Plieno storio, konstrukcijos standumo lenkimui, leistinojo lenkimo momento ir metalinės juostos pridėjimo vietos koordinatės reikšmės, kai $q = 6,0 \text{ kN/m}$

Bendras plieno storis δ_2 , mm	Konstrukcijos standumas lenkimui $D \times 10^6$, Nm^2	Leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė $M_{adm.egl}$, kNm	Plieninės juostos pridėjimo vietos koordinatė X , m
2	1,01	21,3	1,6
6	1,49	26,1	2,5

2 lentelė

Plieno storio, konstrukcijos standumo lenkimui, leistinojo lenkimo momento ir metalinės juostos pridėjimo vietos koordinatės reikšmės, kai $q = 9,0 \text{ kN/m}$

Bendras plieno storis δ_2 , mm	Konstrukcijos standumas lenkimui $D \times 10^6$, Nm^2	Leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė $M_{adm.egl}$, kNm	Plieninės juostos pridėjimo vietos koordinatė X , m
2	1,01	21,3	0,9
6	1,49	26,1	1,2
10	1,80	28,6	1,4
14	2,04	30,4	1,5
18	2,24	31,8	1,6
22	2,43	33,1	1,7
26	2,60	34,4	1,8
30	2,76	35,6	2,0
34	2,91	36,8	2,1
38	3,03	37,5	2,2
42	3,24	39,4	2,5

3 lentelė

Plieno storio, konstrukcijos standumo lenkimui, leistinojo lenkimo momento ir metalinės juostos pridėjimo vietos koordinatės reikšmės, kai $q = 12,0 \text{ kN/m}$

Bendras plieno storis δ_2 , mm	Konstrukcijos standumas lenkimui $D \times 10^6$, Nm^2	Leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė $M_{adm.egl}$, kNm	Plieninės juostos pridėjimo vietos koordinatė X , m
2	1,01	21,3	0,7
6	1,49	26,1	0,8
10	1,80	28,6	0,9
14	2,04	30,4	1,0
18	2,24	31,8	1,1
22	2,43	33,1	1,15
26	2,60	34,4	1,2
30	2,76	35,6	1,25

3 lentelės tęsinys

Bendras plieno storis δ_2 , mm	Konstrukcijos standumas lenkimui $D \times 10^6$, Nm ²	Leistinasis lenkimo momentas, kurį gali atlaikyti eglė $M_{adm.egl}$, kNm	Plieninės juostos pridėjimo vietos koordinatė X , m
34	2,91	36,8	1,3
38	3,03	37,5	1,35
42	3,24	39,4	1,45
46	3,40	40,6	1,5
50	3,57	40,6	1,6
54	3,77	42,0	1,7
58	3,96	43,7	1,8
62	4,14	46,8	1,9
66	4,36	48,6	2,0
70	4,59	50,5	2,2
74	4,80	52,3	2,5

Tyrimo rezultatai apibendrinami grafike, pateiktame 2 pav. Čia atvaizduojama, kaip apkrovos q pokytis įtakoja eglinei sijai stiprinti sunaudojamų plieninių juostų masę.

4. Išvados

1. Pateiktas dvikomponentės dvisluoksnės vienodo atsparumo sijos projektavimo algoritmas.
2. Nustatyta, kad nėra tiesialinijinio ryšio tarp apkrovos (išskirstyto krūvio) intensyvumo ir sijai stiprinti naudojamo metalo svorio.
3. Nustatyta, kad sustiprinus eglinę siją, kurios pradinė masė 48 kg, vos 7 kg metalo, konstrukcija gali atlaikyti 1,64 karto didesnę apkrovą, nei tik eglinė siją.

Literatūra

1. **Bareišis J., Šimoliūnas I.** Vienodo atsparumo dvikomponentės sijos standumo tyrimas // Studentų mokslo darbų konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2011“ pranešimų medžiaga. – Kaunas: Technologija, 2011, p. 151 – 157.
2. **Bareišis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcinių elementų stiprumas. Monografija. – Kaunas: Technologija, 2006. – 252 p. ISBN 9955-25-150-6.



KLUPDOMŲ MECHANIŠKAI NEVIENALYČIŲ SUVRINTŲJŲ SUJUNGIMŲ SU PLOKŠČIA KIETA SIŪLE TYRIMAS

L. Norvilaitė, D. Vaičiulis

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: klumpymas, suvirintasis sujungimas, mechaninis nevienalytiškumas.

1. Įvadas

Šiuolaikinėje mašinų gamyboje, energetikoje, laivų statyboje, transporte plačiai taikomi suvirintieji sujungimai, kurie esant tam tikroms eksploatacinių sąlygoms gali būti gniuždomi. Tokiu atveju būtina patikrinti ar ne per mažas suvirintojo konstrukcinio elemento liaunumas. Todėl reikia ištirti kokią įtaką suvirintosios konstrukcijos stabilumui turi siūlės geometrija bei mechaninės charakteristikos.

Darbo tikslas – nustatyti kaip mechaniškai nevienalyčio suvirintojo sujungimo kritinė klumpymo jėga priklauso nuo plokščios kietos siūlės santykinio aukščio.

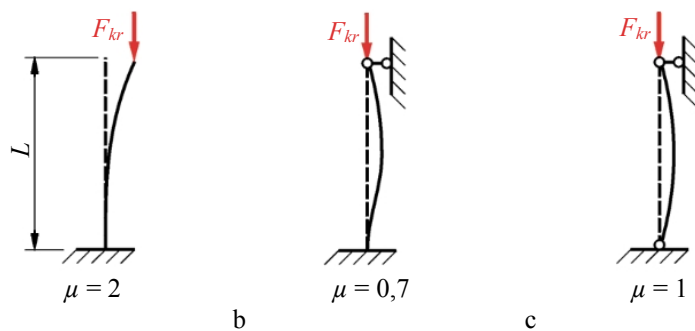
2. Nevienalyčio suvirinto sujungimo kritinės jėgos tyrimas BEM

Matematikas Leonardas Oileris 1757 išvedė formulę (1), skirtą paskaičiuoti maksimalią ašinę apkrovą, kurią gali atlaikyti ilgas, liaunas ir idealios formos vienalytis strypas nesuklumpdamas [1]:

$$F_{krE}^P = \frac{\pi^2 E I_{min}}{(\mu L)^2}; \quad (1)$$

čia: E – strypo medžiagos tamprumo modulis; $I_{min} = \min(b; h)^3 \max(b; h) / 12$ – minimalus strypo, pateikto 2 pav., a, skerspjūvio inercijos momentas ($I_{min} = 833,3(3) \text{ m}^4$); L – strypo aukštis; μ – strypo galų įtvirtinimo sąlygų koeficientas (žr. 1 pav.);

Nevienalytėms konstrukcijoms kritinė jėga dažniausiai nustatoma baigtiniu elementų metodu (BEM).



1 pav. Strypo galų įtvirtinimo sąlygos ir jų koeficientai [2]

Šiame darbe pateikiama kaip santykinė kritinė jėga

$$\bar{F}_{kr} = \frac{F_{kr}^{BEM}}{F_{krE}^P} \quad (2)$$

priklauso nuo pagrindinės ir siūlės tamprumo modulių santykio

$$\gamma = \frac{E_p}{E_s} \quad (3)$$

ir santykinio siūlės aukščio

$$\kappa = \frac{h_s}{b}; \quad (4)$$

čia: F_{kr}^{BEM} – kritinė jėga, apskaičiuota BEM; F_{krE}^P – vienalytės konstrukcijos, kurios geometrija tokia pat kaip ir suvirintojo sujungimo, o medžiaga – suvirintojo sujungimo pagrindinė medžiaga, kritinė jėga, apskaičiuota pagal (1) formulę; E_p – pagrindinės medžiagos tamprumo modulis; E_s – siūlės medžiagos tamprumo modulis; h_s – suvirinto sujungimo siūlės aukštis; b – suvirinto sujungimo plotis.

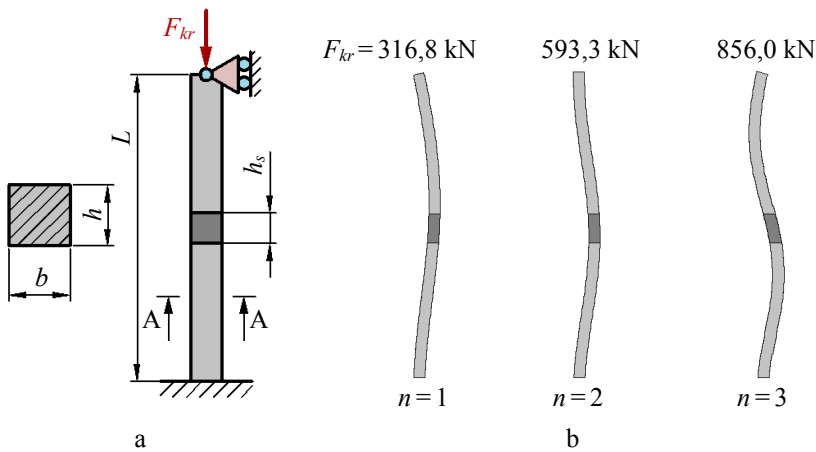
Nevienalyčio suvirinto sujungimo kritinė jėga buvo nustatyta panaudojus BEM programinį paketą ANSYS.

Tyrimo metu buvo analizuojamos trys 1 pav. pateiktos strypo galų įtvirtinimo sąlygos.

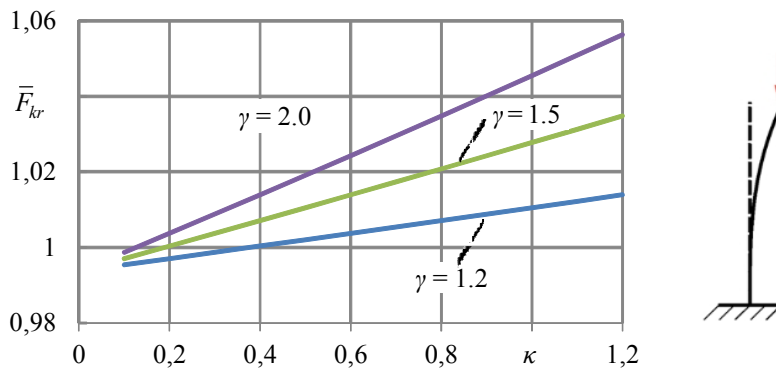
Nagrinėta kritinės jėgos priklausomybė nuo siūlės geometrijos. Pagrindinės ir siūlės medžiagų tamprumo modulių santykis γ buvo priimtas: 1,2; 1,5; 2,0. Plokščios kietos siūlės santykinis aukštis κ buvo keičiamas ribose

nuo 0,1 iki 1,2. Tyrimas atliktas suvirintajam sujungimui, kurio ilgis $L = 100$ mm, plotis $b = 10$ mm ir storis $h = 10$ mm.

Suvirintojo sujungimo geometrija pateikta 2 pav.



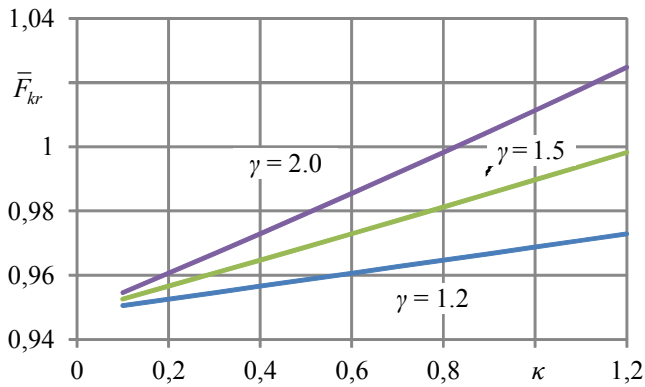
2 pav. Liauno mechanškai nevienalyčio suvirintojo sujungimo skaičiavimo schema (a), ir trys pirmosios nestabilumo formos (b) kai: $b = 10$ mm; $L = 100$ mm; $h = 10$ mm ir $h_s = 7,5$ mm



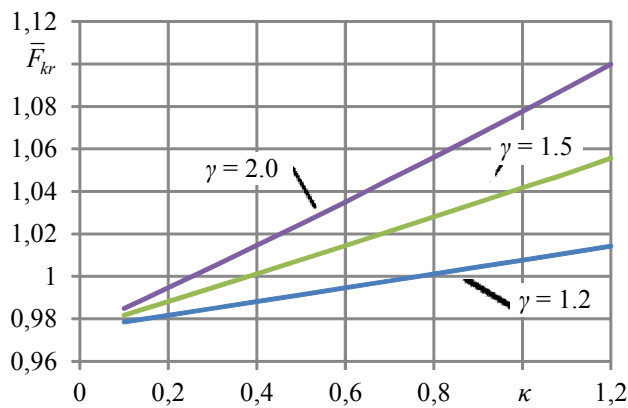
3 pav. Santykinės kritinės jėgos $\bar{F}_{kr}$ priklausomybė nuo santykinio kietos siūlės aukščio κ , pagrindinės ir siūlės medžiagų tamprumo modulių santykio γ , kai $\mu = 2$

Nepriklausomai nuo to, kurį įtvirtinimo būdą pasirenkame, didėjant santykiui γ ir kietos plokščios siūlės santykiniam aukščiui κ santykinė kritinė

jėga $\bar{F}_{kr}$ didėja. Didinant tamprumo modulį santyki, santykinė kritinė jėga taip pat didėja. Gaunama beveik tiesinė priklausomybė tarp siūlės aukščio ir santykinės kritinės jėgos. Priklausomai nuo įtvirtinimo būdo, kintant santykiniam siūlės aukščiui κ , santykinės kritinės jėgos dydis kinta nuo 1,8 iki 3,5%. Kuo didesnis pagrindinės ir siūlės medžiagos santykis, tuo santykinės kritinės jėgos kitimas didesnis.



4 pav. Santykinės kritinės jėgos $\bar{F}_{kr}$ priklausomybė nuo santykinio kietos siūlės aukščio κ ir pagrindinės ir siūlės medžiagų tamprumo modulių santykio γ , kai $\mu = 0,7$



5 pav. Santykinės kritinės jėgos $\bar{F}_{kr}$ priklausomybė nuo santykinio kietos siūlės aukščio κ ir pagrindinės ir siūlės medžiagų tamprumo modulių santykio γ , kai $\mu = 1$

Kai suvirintas sujungimas tik viename gale įtvirtintas gembiskai (žr.1 pav., a), santykinė kritinė jėga gaunama didžiausia (3 pav.). Kai suvirintojo sujungimo vienas galas įtvirtintas gembiskai, o kitas šarnyriškai (žr.1 pav., b), santykinė kritinė jėga gaunama, mažesnė, nei įtvirtinta gembiskai, bet ne didesnė, nei tada kai abu galai įtvirtinti šarnyriškai (1 pav., c ir 4 ... 5 pav.).

3. Išvados

1. Didėjant santykiniam kietos plokščios siūlės aukščiui κ kritinė jėga F_{kr} didėja. Siūlės aukštį κ padidinus 7 kartus, F_{kr} padidėja: kai $\mu = 2$ – ne daugiau kaip 1,06 karto; kai $\mu = 0,7$ – ne daugiau kaip 1,07 karto ir kai $\mu = 1$ – ne daugiau kaip 1,1 karto.
2. Kai santykinis siūlės aukštis $\kappa = 1,2$ pagrindinės ir siūlės tamprumo modulių santykį γ padidinus 1,67 karto kritinė jėga padidėja: kai $\mu = 2$ – iki 1,04 karto; kai $\mu = 0,7$ – iki 1,05 karto ir kai $\mu = 1$ – iki 1,08 karto.

Literatūra

1. Vienalyčių kūnų klupdymas. Prieiga per internetą. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Buckling>> [žiūrėta 2012-05-15].
2. **Foedosjevas V.** Medžiagų atsparumas. – Vilnius: Mokslo, 1977. 395 – 398 p.



TEMPTŲ DETALIŲ PROCESO MODELIAVIMAS

D. Rumčikas, D. Vaičiulis

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: ištempimo proceso modeliavimas, negilus tempimas, įtempimų būvis.

1. Įvadas

Šiame straipsnyje modeliuojama kaip kinta įtempimai ruošinyje nuo jo storio bei puansono matmenų. Ištirsime, kokio dydžio įtempimai kyla keliuose ruošinio charakteringuose taškuose, pradėjus tempti ruošinį. Nes būtent tada, kai ruošinys pradeda tempti į matricą, įtempimai būna didžiausi. Todėl būtina nustatyti kad įtempimai neviršytu σ_u , priešingu atveju detalė suplys.

Darbo tikslas – sumodeliuoti ir ištirti kaip kinta įtempimai, nuo skardos storio bei puansono formos.

2. Negilus temtų detalių modeliavimas

Norint sumodeliuoti šaltojo tempimo procesą, būtina apsirašyti medžiagos elgsena plastinėje zonoje. Šiame darbe ruošinio medžiagos elgsena plastinėje zonoje yra aproksimuota polilinija. Norint aprašyti medžiagos elgseną plastinėje zonoje, reikia žinoti taško, iki kurio aproksimuojama medžiagos tempimo diagrama, plastinį įtempimą ir jį atitinkančią deformaciją [1]. Kadangi šių duomenų rasti nepavyko, darbe naudota fiktyvi medžiaga, kurios mechaninės charakteristikos yra:

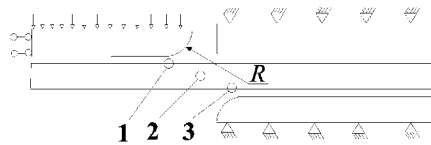
- $E = 180 \text{ GPa}$ – tamprumo modulis;
- $\nu = 0,3$ – Puasono koeficientas;
- $\sigma_{pr} = 320 \text{ MPa}$ – proporcingumo riba;
- plastinėje zonoje tempimo diagramos polilinjios charakteringi taškai nustatyti pasinaudojus parametru $m = 0.05$ – laipsnio rodikliu, kai medžiagos tempimo diagrama plastinėje zonoje aproksimuota laipsnine funkcija. Tokiu atveju ryšys tarp plastinių įtempimų σ ir deformacijų e yra [1-2]:

$$\sigma = \sigma_{pr} \left(e / e_{pr} \right)^m ; \quad (1.1)$$

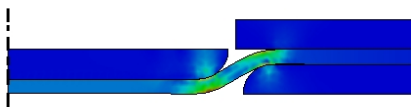
čia e_{pr} – proporcingumo ribos deformacija.

Darbe modeliuojamas sukinio formos kūno negilus ištempimas. Todėl buvo naudotas plokščias, ašiai simetriškas modelis. Modeliuojant laikyta, kad darbinių dalių medžiaga deformuojama tik tampriai. Modelyje trintis tarp ruošinio ir darbinių dalių nebuvo vertinama. Modeliavimas atliktas naudojant SolidWorks Simulation 2012. Modelis ir kraštinės sąlygos pateiktos 1 pav.

Sumodeliuota ištempta detalė ir jos realus analogas pateikti 2 pav.



1 pav. Bandinio modelis su kraštinėmis sąlygomis ir tiriamais taškais

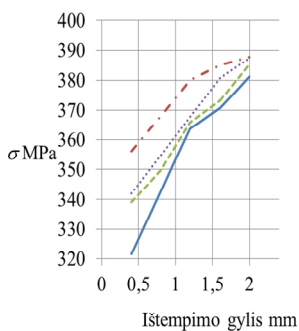


a

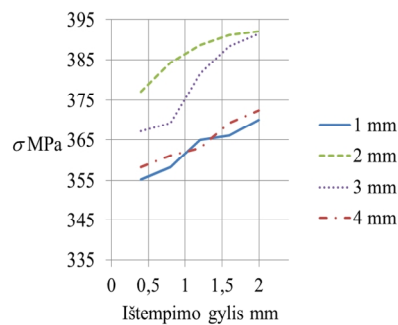


b

2 pav. Modeliavimo metu gauta detalės forma (a) ir realiai ištemptos detalės forma (b)



a



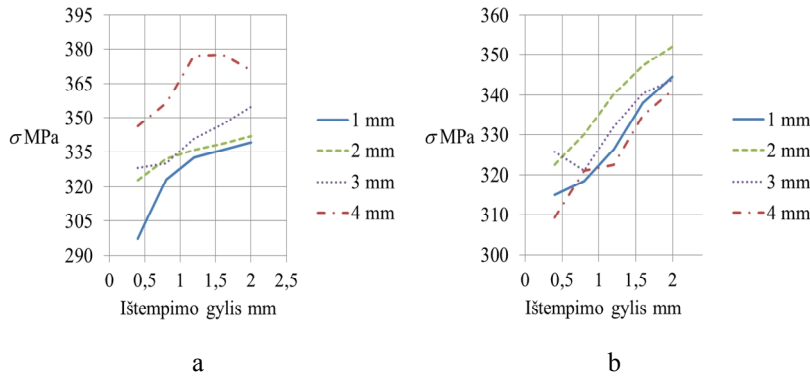
b

3 pav. Įtempimų intensyvumo, kylančio ties puansono spindulio pradžia, priklausomybė nuo skardos storio, kai puansono užapvalinimo spindulys yra: a – $R = 2\text{ mm}$; b – $R = 15\text{ mm}$

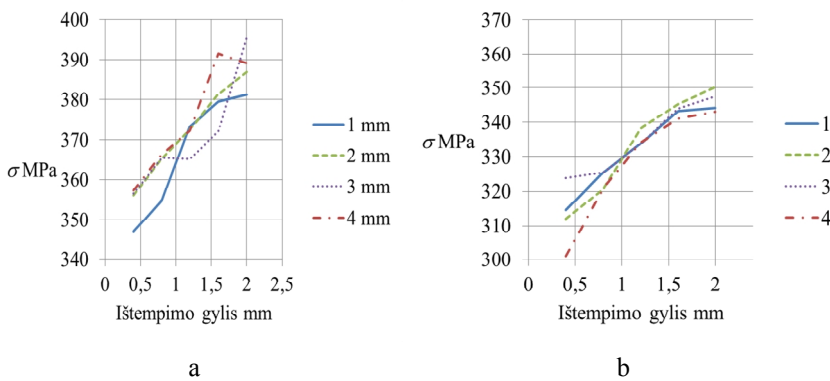
Kaip įtempimai trijuose charakteringuose taškuose (žr. 1 pav.) priklauso nuo ruošinio lakšto storio ir ištempimo gylio pateikta 3 – 5 pav.

3 paveiksle pateikta kokie įtempimai ties puansono spindulio pradžia. Įtempimai didžiausi gaunasi storesnei skardai, kai ištempimo lygis yra didžiausias, o plonesnei yra sumažėję apie 2% nei storesnei skardai.

4 paveiksle, ties labiausiai ištempiama ruošinio vieta, didžiausi įtempimai yra storesnei skardai, kai puansono spindulys yra mažesnis.



4 pav. Įtempimų intensyvumo, kylančio labiausiai ištempiamos dalies viduryje, priklausomybė nuo skardos storio, kai puansono užapvalinimo spindulys yra: a – $R = 2$ mm; b – $R = 15$ mm



5 pav. Įtempimų intensyvumo, kylančio ties matricos spindulio pradžia, priklausomybė nuo skardos storio, kai puansono užapvalinimo spindulys yra: a – $R = 2$ mm; b – $R = 15$ mm

Ties matricos užapvalinimo spinduliu (5 pav.), skardos storis įtempimams neturi didelės įtakos. Kai puansono užapvalinimo spindulys yra mažesnis, įtempimai yra apie 11% didesni lyginant su didesniu puansono spinduliu.

3. Išvados

1. Didėjant ruošinio skardos storiui, įtempimų intensyvumas ties puansono užapvalinimo spindulio pabaiga, ties labiausiai ištempiamą ruošinio vietą ir ties matricos užapvalinimo spinduliu didėja.
2. Negilaus ištempimo atveju didžiausi įtempimai ruošinyje kyla ties puansono užapvalinimo spindulio pabaiga arba ties matricos užapvalinimo spinduliu.

Literatūra

1. **Bražėnas A., Vaičiulis D.** Approximation of static tensile curves // Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems, ITELMS'2009: proceedings of the 4th international conference, June 4-5. 2009, Panevezys, Lithuania / Kaunas University of Technology Panevezys Institute Panevezys Technology and Science Park. Warsaw Motor Transport Institute. Tallin University of Technology. Riga Technical University. Kaunas: Technologija, 2009 ISBN 9789955257059, 39-43 p.
2. **Suchy I.** Handbook of Die Design. McGraw-Hill, 2004. – 729 p. ISBN 0-07-146271-6.



APVALAUS SKERSPJŪVIO SKYLIŲ APDIRBIMO TECHNOLOGIJOS ĮTAKOS TYRIMAS APDIRBIMO SAVIKAINAI

D. Tratulytė, D. Garuckas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: mechaninis apdirbimas, gręžimas, gilinimas, plėtimas, ištekimas, mašininis laikas, skylių apdirbimas, apvalaus skerspjūvio skylės, kaštai.

1. Įvadas

Vykdamas mechaninio apdirbimo darbus, aktualu kuo tiksliau nustatyti preliminarų mechaninio apdirbimo savikainą [1]. Pagrindinį vaidmenį apdirbimo savikainoje vaidina ruošinio medžiagos kaina (rūšinio savikaina). Kitas, labai svarbus parametras, kuris turi įtakos savikainos dydžiui, yra laikas, per kurį yra apdirbama arba pagaminama detalė, kitaip sakant apdirbimo trukmės kaštai bei pjovimo įrankių kaštai [2].

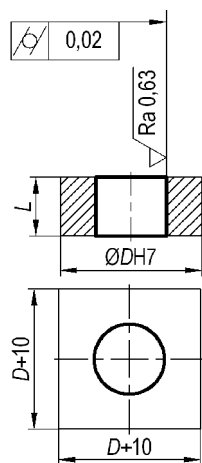
Šiame darbe pateikta glausta apvalaus skerspjūvio skylių apdirbimo pagal du apdirbimo maršrutus pjovimo įrankių ir apdirbimo trukmės kaštų analizės informacija [3].

Darbo tikslas – užsiduotų matmenų ir techninių reikalavimų apvalaus skerspjūvio skylėms sudaryti du alternatyvius mechaninio apdirbimo maršrutus ir ištirti pjovimo įrankių kainų, apdirbimo technologijos ir apdirbimo trukmės kaštų dedamųjų įtaką detalės gamybos savikainai.

2. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas yra apvalaus skerspjūvio skylės, kurių skersmenys buvo keičiami nuo $D = 10$ iki $D = 50$ mm, o ilgiai nuo $L = 15$ mm iki $L = 105$ mm (1 pav.) plieninėje plokštėje, kurios medžiaga – konstrukcinis plienas 40 GOST 1050-88.

Apdirbimo technologijos variantai sudaryti atsižvelgiant į galimus panaudoti šiuolaikinius įrankius, kurių darbinė dalis yra tradicinės įrankinės medžiagos – greitapjovis plienas (HSS) ir kietlydinis (VHM). Šie apdirbimo technologijos variantai – tai ne visi įmanomi sudaryti ir galimi skylės apdirbimo maršrutai, bet du labiausiai tikėtini ir galimai racionali apdirbimo maršrutai, kurie gali būti pritaikyti realioje gamyboje.



Skylės matmenys:

$D = 10 \dots 50 \text{ mm}$,
 $L = 15 \dots 105 \text{ mm}$.

Ruošinio medžiaga:

plienas 40 GOST 1050-88

Įrankių medžiagos:

- Greitapjovis plienas – HSS (Hight Speed Steall):
 - HSS-E, HSS-PM (pagal ISO);
 - P6M5, P18 (pagal GOST);
- Kietlydinis – VHM (Veery Hart Metal):
 - HB7505, HB7705, HU7730 (pagal ISO);
 - T30K4, T15K6, TT20K9 (pagal GOST).

1 pav. Apdirbamos skylės charakteristikos

1 lentelė

Apvalaus skerspjūvio skylių apdirbimo maršrutai

Perėjimai	1 maršrutas	2 maršrutas
1.	Įcentrinimas	Įcentrinimas
2.	Pirmas gręžimas	Gręžimas
3.	Antras gręžimas	Rupus ištekimas
4.	Gilvinimas	Glotnus ištekimas
5.	Plėtimas	Tikslus ištekimas

Nagrinėjami du apvalaus skerspjūvio lygių cilindrinų skylių apdirbimo maršrutai pateikti 1 lentelėje.

3. Tyrimo metodika

Apdirbimo technologijos įtakos tyrimas yra atliktas nustatant pjovimo įrankių kaštų K_{PI} ir apdirbimo trukmės kaštų dydį K_{Tm} , o taip pat suminių kaštų dydį K_{SUM} .

Pjovimo įrankių kaštų dedamoji K_{PI} , kuri pagal pjovimo įrankių pardavėjų rekomendacijas yra skaičiuojama procentais nuo technologinėje operacijoje naudojamų įrankių kainos (5...7 %), šiuose tyrimuose buvo paimtas $P_{PI} = 5 \%$.

Mechaninio apdirbimo kaštai K_{Tm} įvertinti atsižvelgiant į gamybinių įmonių taikomus įkainius ir apskaičiuoti pagal vidutinį valandinį programinio valdymo staklių nusistatytą įkainį, kai valanda yra įvertinta $C_{val.} = 60 \text{ Lt/val.}$ Tokiu būdu, mechaninio apdirbimo kaštai K_{Tm} apskaičiuojami nuo apdirbamos

skylės mašininio laiko T_m , kai apdirbamų skylių skaičius – 1000 vienetų. Apdirbamų skylių skaičius pasirinktas laisvai, tačiau toks, kad apdirbimo trukmės kaštai ir pjovimo įrankių kaštai būtų panašios eilės.

Skylių mechaninio apdirbimo mašininis laikas T_m buvo tirtas ir skaičiuotas pagal tris metodus [3]: 1 – pagal A. G. Kosilovos pjovimo režimų ir mašininio laiko nustatymo metodiką [2], 2 – pagal A. F. Gorbacevičiaus apytiksles mašininio laiko formules [4] ir 3 – pagal pjovimo įrankių katalogų rekomenduojamus pjovimo režimus konkrečiai parinktiems įrankiams ir mašininio laiko matematinės išraiškas [5, 6].

Kaštų nustatymo rezultatai pateikti apdirbimo trukmės kaštus apskaičiuojant trečiuoju metodu, t. y. nuo apdirbimų skylių mašininio laiko T_m nustatyto pagal įrankių katalogo pjovimo režimus.

Suminiai kaštai įeinantys į detalės apdirbimo savikainą apskaičiuojami:

$$K_{SUM} = K_{PI} + K_{Tm}, \quad (1)$$

čia: K_{PI} – pjovimo įrankių kaštų dedamoji apskaičiuojama:

$$K_{PI} = \frac{Kaina_{PI} P_{PI}}{100\%}; \quad (2)$$

K_{Tm} – mechaninio apdirbimo trukmės kaštai, kurie apskaičiuojami:

$$K_{Tm} = \frac{T_m C_{val}}{60}. \quad (3)$$

4. Tyrimo rezultatai

Atlikus analitinius skaičiavimus, nustatyti pjovimo įrankių kaštai visų nagrinėjamų skylių atvejais, apdirbant skyles pagal du apdirbimo maršrutus (1 lentelė), naudojant skirtingas įrankines medžiagas (1 pav.). Antroje ir trečioje lentelėse pateikti pirmo apdirbimo įrankių komplektų kaštai, kai įrankių pjaunančios dalies medžiaga greitapjovis plienas HSS (2 lentelė), ir kietlydinis VHM (3 lentelė). Antro apdirbimo maršruto pjovimo įrankių kaštų suvestinės lentelės šiame darbe nepateikiamos. Šie rezultatai glaustai atsispindi antrame paveiksliuke.

Apdirbimo laiko trukmės kaštų K_{Tm} komponentė apskaičiuota pagal formulę (3) kinta analogiškai mašininiam laikui T_m nustatytam nuo skylės skersmens D ir ilgio L kitimo. Dėl skirtingų skylės matmenų variantų gausos, dviejų apdirbimo maršrutų, bei dviejų įrankinių medžiagų (greitapjovis plienas ir kietlydinis) susidaro didelis kiekis priklausomybių, todėl šiame straipsnyje šie rezultatai išsamiai nepateikiami.

2 lentelė

Pirmo apdirbimo maršruto greitapjovio plieno įrankių komplektų kaštai, Lt.

$\begin{matrix} L \\ D \end{matrix}$	15	30	45	60	75	90	105
10	7,57	7,57	7,61	7,61	7,61	7,61	14,32
20	33,81	33,81	33,81	33,81	28,19	28,19	28,19
30	76,67	76,67	76,67	74,64	74,64	74,64	74,64
40	146,93	146,93	146,93	146,93	146,93	146,93	146,93
50	172,57	172,57	172,57	172,57	172,57	172,57	172,57
čia D – skylės skersmuo ir L – skylės ilgis, mm							

3 lentelė

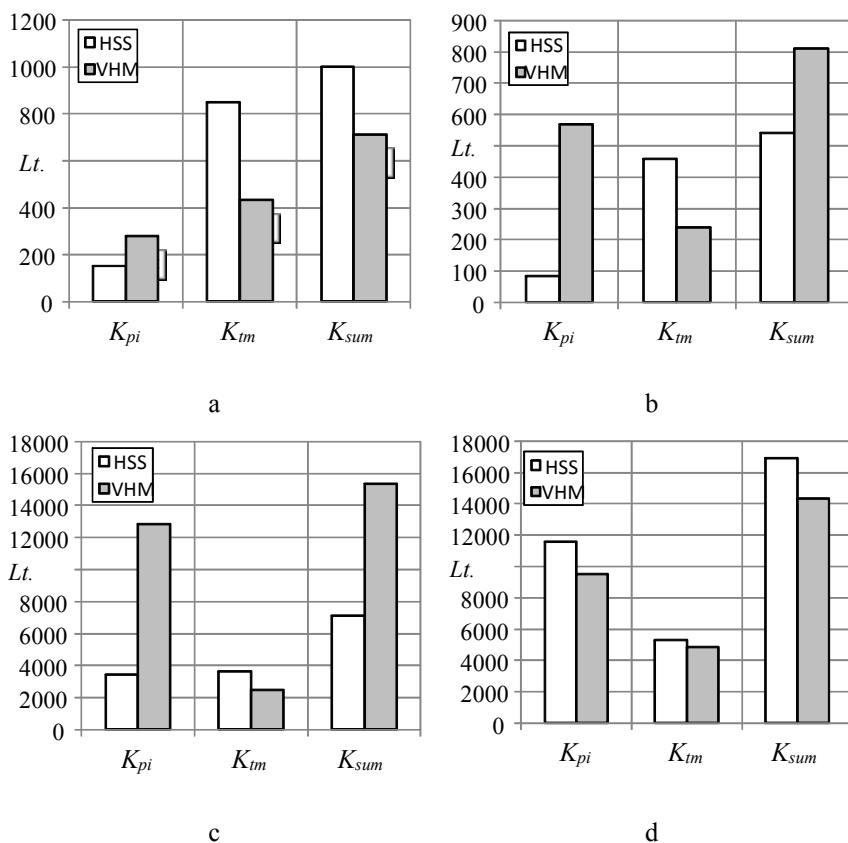
Pirmo apdirbimo maršruto kietlydinio įrankių komplektų kaštai, Lt.

$\begin{matrix} L \\ D \end{matrix}$	15	30	45	60	75	90	105
10	13,95	13,95	16,87	16,87	16,87	53,10	53,10
20	107,33	107,33	107,33	107,33	185,40	185,40	185,40
30	218,47	218,47	218,47	220,22	220,22	220,22	220,22
40	619,22	619,22	619,22	620,97	620,97	620,97	620,97
50	633,22	633,22	633,22	633,22	633,22	633,22	633,22
čia D – skylės skersmuo ir L – skylės ilgis, mm							

Suminiai pjovimo įrankių ir apdirbimo trukmės kaštai K_{SUM} mažiausių matmenų (D_{min} ir L_{min}) ir didžiausių matmenų (D_{max} ir L_{max}) skylėms, kai skylės apdirbamos greitapjovio plieno (HSS) ir kietlydinio (VHM) įrankiais pagal du apdirbimo maršrutus pateikti 2 paveiksluke.

Iš 2 pav. matyti, kad esant trumpoms skylėms (2 pav., a) pjovimo įrankių kaštai yra mažesni už apdirbimo trukmės kaštus. HSS įrankių kaštai yra iki 1,7 karo mažesni už VHM įrankių kaštus, tačiau apdirbimo trukmės kaštai HSS įrankių yra daug didesni už VHM įrankių, nes VHM įrankiai yra našesni, o apdirbimo trukmės VHM įrankiais kaštai yra mažesni iki 2,1 karto. Įvertinus suminius kaštus, kurie įeis į skylių apdirbimo savikainą, apdirbant pagal 1 maršrutą ir naudojant HSS bus iki 1,42 karto brangiau.

Analogiškai analizuojant 2 apdirbimo maršruto kaštus (2 pav., b), HSS įrankių atveju situacija yra analogiška 1 maršruto atvejui, t.y. įrankių kaštai mažesni, negu apdirbimo trukmės kaštai. Tačiau jei nagrinėti VHM įrankių atvejį, tai 2 maršruto atveju įrankių kaštų dedamoji yra ženkliai didesnė



2 pav. Skylių apdirbimo įrankių komplektų K_{pi} , apdirbimo trukmės K_{tm} ir suminiai kaštai K_{sum} esant pirmam (a, c) ir antram (b, d) apdirbimo maršrutui, kai naudojami įrankiai su greitapjoviu plieniu (HSS) ir kietlydiniu (VHM): a, b – kai skylės skersmuo $D = 10$ mm, o ilgis $L = 15$ mm, c, d – kai skylės skersmuo $D = 50$ mm, o ilgis $L = 105$ mm

už apdirbimo trukmės kaštus – net iki 2,2 karto. O vertinant suminius kaštus galima pamatyti, kad suminiai kaštai apdirbant HSS įrankiais yra mažesni už apdirbimą VHM įrankiais. Apdirbti HSS įrankiais pigiau iki 1,45 karto. Tai yra dėl to, kad 2 maršrutui realizuoti pjovimo įrankiai yra ganėtinai brangūs. Norint, kad 2 maršrutas VHM įrankiais būtų pigesnis už HSS įrankių, reikėtų ženkliai padidinti apdirbamų skylių kiekį.

Lyginant maršrutus abiejų įrankinių medžiagų atveju (2 pav., a ir b), didžiausi kaštai yra apdirbant pagal 1 maršrutą HSS įrankiais (apie 1000 Lt), toliau – pigiau pagal 2 maršrutą VHM įrankiais (apie 800 Lt), dar pigiau pagal

1 maršrutą VHM įrankiais (apie 700 Lt), o patys mažiausi kaštai apdirbant HSS įrankiais pagal 2 apdirbimo maršrutą (apie 550 Lt).

Analizuojant didelių matmenų skylių apdirbimą (2 pav., c ir d), kai $D_{max} = 50$ mm ir $L_{max} = 105$ mm, didesnė kaštų dalis tenka pjovimo įrankiams, išskyrus 1 maršruto HSS įrankių kaštus, – jie apytiksliai lygūs apdirbimo trukmės kaštams.

1 maršruto atveju HSS įrankių kaštai iki 3,7 karto mažesni už VHM įrankių kaštus (2 pav., c). Apdirbimo trukmės kaštai skiriasi nedaug tiek HSS, tiek VHM įrankiais ir jų skirtumas siekia 1,5 karto HSS įrankių nenaudai.

2 maršruto atveju tiek HSS, tiek VHM įrankių kaštai gana dideli, lyginant su apdirbimo trukmės kaštais. Vertinant vidutiniškai 2 maršruto įrankių (HSS ir VHM) kaštai yra 2 kartus didesni negu apdirbimo trukmės kaštus.

Analizuojant suminius kaštus abiejų maršrutų ir abiejų įrankinių medžiagų atveju (2 pav., c ir d), didelių matmenų skylių apdirbimo savikainai didžiausią įtaką – didžiausius kaštus turės apdirbimas HSS įrankiais pagal 2 apdirbimo maršrutą (apie 17 000 Lt). Kiek mažesni suminiai kaštai bus apdirbant VHM įrankiais pagal 1 apdirbimo maršrutą (apie 14 500 Lt). Dar mažesni kaštai bus kai bus apdirbama pagal 2 apdirbimo maršrutą VHM įrankiais (apie 14 000). Patys mažiausi kaštai esamomis tyrimo sąlygomis bus gauti apdirbant didelių matmenų skyles HSS įrankiais pagal 1 apdirbimo maršrutą (apie 7000 Lt).

Taigi, tyrimas rodo, kad norint sumažinti skylių apdirbimo savikainą, būtina atidžiai rinktis įrankių medžiagas ir apgalvotai rinktis apdirbimo maršrutą, tame pačiame maršrute bandyti derinti abi įrankines medžiagas. Skylių apdirbimo savikainai turi įtakos apdirbamų skylių matmenys (kas savaime suprantama), parenkamų įrankių pjaunančios dalies medžiaga, apdirbimo maršrutas, apdirbamų skylių skaičius. Siekiant sumažinti pjovimo įrankių ir apdirbimo trukmės kaštų dydį skylių apdirbimo savikainai, kyla poreikis spręsti optimizacijos uždavinį.

5. Išvados

1. Atlikus tyrimo rezultatų analizę, nustatyta, kad iš trijų metodų, kuriais nustatomas apdirbimo mašininis laikas, o pagal tai apdirbimo trukmės kaštai, racionalus yra trečiasis, kuris apdirbimo laiką išskaičiuoja pagal pjovimo įrankių katalogų rekomenduojamus pjovimo režimus. Tačiau šis būdas naudingas tik tada, kai yra žinomi konkretūs pjovimo įrankiai ir jų pjovimo režimai. Jei įrankiai renkami ne iš turimos įrankių bazės, o bendru atveju, t. y. iš įvairių katalogų, tai šis būdas yra labai imlus laikui ir bus netinkamas padirbimo savikainos prognozei. A. G. Kosilovos metodą verta naudoti mažų matmenų skylėms, kai naudojami HSS įrankiai ir reikalingas tikslumas, tačiau didesnių gabaritų skylėms ir VHM įrankių maršrutams

nerekomenduojama taikyti nes labai užkelia apdirbimo trukmės kaštų vertę lyginant su realia situacija, be to, metodas imlus skaičiavimams. A. F. Gorbacevičiaus metodas taikant apytiksles mašininio laiko formules vertingas tik patikslintam gamybos tipui nustatyti, nes jis neįvertina pjovimo įrankių medžiagos, o nustatomos mašininio laiko reikšmės yra pakankamai tikslios tik skylių iki 25 mm skersmens apdirbimui HSS įrankiais įvertinti.

2. Tyrimas parodė, kad mažesnių gabaritų skylėms apdirbti pakankamai racionalu naudoti HSS įrankius, kai apdirbamų skylių kiekis nėra didelis. Tačiau ženkliai išauga apdirbamų skylių kiekis, vėliau pereiti prie VHM įrankių, nes priešingu atveju labai išauga apdirbimo trukmės kaštai.
3. Norint sumažinti skylių apdirbimo savikainą, būtina atidžiai rinktis įrankių medžiagas ir apgalvotai rinktis apdirbimo maršrutą, tame pačiame maršrute bandyti derinti abi įrankines (HSS ir VHM) medžiagas. Taigi, siekiant sumažinti pjovimo įrankių ir apdirbimo trukmės kaštų dydį skylių apdirbimo savikainai, reikia spręsti optimizacijos uždavinį apdirbamų skylių matmenų, skylių skaičiaus, įrankinių medžiagų, apdirbimo maršrutų atžvilgiu.

Literatūra

1. **Martinkus B., Žilinskas V. J.**, Ekonomikos pagrindai, Vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2008. – 790 p.
2. Под. ред. **А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова**, Справочник технолога - машиностроителя, том 2. Москва: Машиностроение, 1986. – 496 с.
3. **Tratulytė D., Garuckas D.**, Apvalaus skerspjuvio skylių apdirbimo technologijos įtakos tyrimas apdirbimo savikainai // Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2011: studentų mokslinių darbų konferencijos pranešimų medžiaga, Kauno technologijos universitetas, Lietuva, 2011 m. gruodžio 9 d. Kaunas : Technologija, 2011. ISBN 9786090202654. p. 211-216.
4. Под. ред. **А. Ф. Горбачевича**, Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Высшая школа, 1983. – 287 с.
5. Įrangos katalogas Hoffmann Group, 2011/2012 (EN). – 1456 p.
6. Pjovimo režimų žinynas Garant Manual Machining. Hoffman Group, 2009. – 640 p.



MOBILAUS ROBOTO DVIEJŲ LAISVĖS LAIPSNIŲ MANIPULATORIAUS SUKIMO MOMENTŲ TYRIMAS

R. Laurinavičius, A. Česnulevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: dviejų laisvės laipsnių manipulatorius, grandžių sukimo momentai, variklio parinkimas.

1. Įvadas

Šiame darbe yra nagrinėjamas dviejų laisvės laipsnių roboto manipulatoriaus grandžių sukimo momentų nustatymas, siekiant parinkti tinkamus grandžių elektros variklius [1].

Antrame ir trečiame skyriuose yra pateikti sukimo momentų priklausomybių nuo grandžių padėčių ir jų ilgių tyrimų rezultatai. Tyrimų rezultatai buvo gauti naudojant Matlab ir SolidWorks programinius paketus.

2. Sukimo momentų priklausomybės nuo grandžių posūkio kampų ir skirtingų tarpusavio padėčių

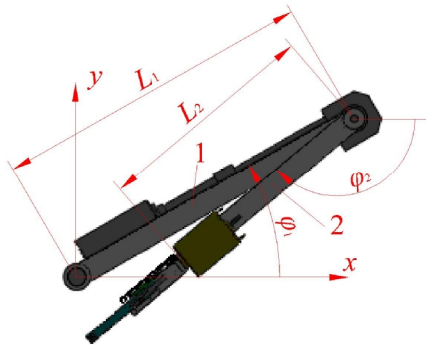
Sukimo momentų priklausomybės nuo grandžių ir posūkio kampų ir skirtingų tarpusavio padėčių yra būtina nustatyti, nes grandžių ilgiai ir jų pradinės padėties turi įtakos grandžių sukimo momentų dydžiams.

Šiame darbe priimta, kad pirmoji grandis yra įtvirtinta ant tvirtinimo šarnyro, o antroji grandis yra su griebtuvu (1 pav.). Pirmos grandies sukimo momentui nustatyti – pirmoji grandis yra sukama 120° nuo pradinių koordinačių, o antroji yra fiksuotoje padėtyje. Manipulatoriaus konstrukcija yra aliuminė, grandžių sukimo greitis yra $0,03 \text{ rad/s}$, krovinio masė yra 1 kg [2-5].

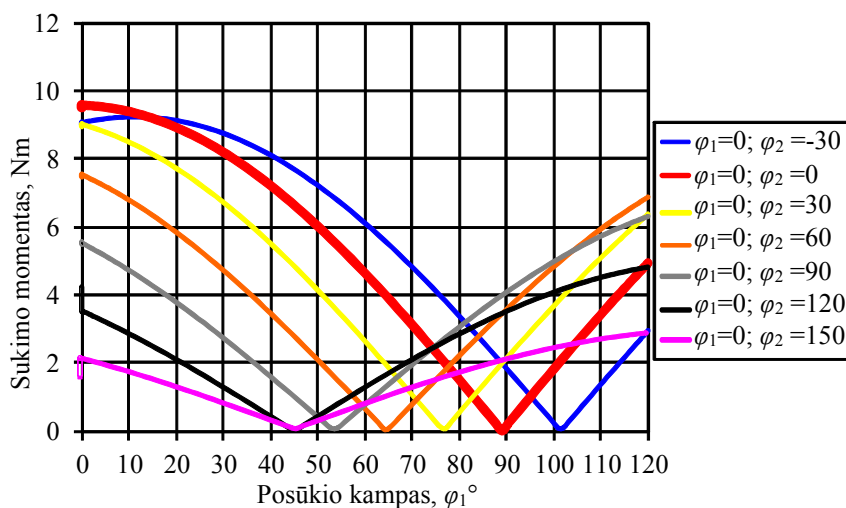
2 paveiksle pateikti rezultatai rodo pirmos grandies sukimo momentų reikšmes, kai pirmoji grandis pasukama nuo 0° iki 120° , o antroji yra fiksuota tam tikru kampu φ_2 pirmosios atžvilgiu. Pirmos grandies didžiausias sukimo momentas pasiekia $9,6 \text{ Nm}$ reikšmę, kai abiejų grandžių ilgiai yra vienoje horizontalioje linijoje.

Pateiktos kreivės rodo, kad sukimo momentas yra mažiausias, kai pirmai grandžiai pasisukus tam tikru kampu nuo pradinės koordinatės, abiejų

grandžių svorio centrai sutampa su laisvojo kritimo pagreičio kryptimi. Pvz.: manipulatoriaus pradinės padėtys yra $(0^\circ, 0^\circ)$, pirmoji grandis yra sukama 120° prieš laikrodžio rodyklę, pirmai grandžiai pasisukus 90° – redukuotas svorio centras sutampa su laisvojo kritimo pagreičio kryptimi, todėl pirmos grandies sukimo momento reikšmė yra artima nuliui. Antros grandies pradinės padėtys yra skirtingos, todėl kiekvienu atveju redukuotas abiejų grandžių svorio centras bus taip pat skirtingas.

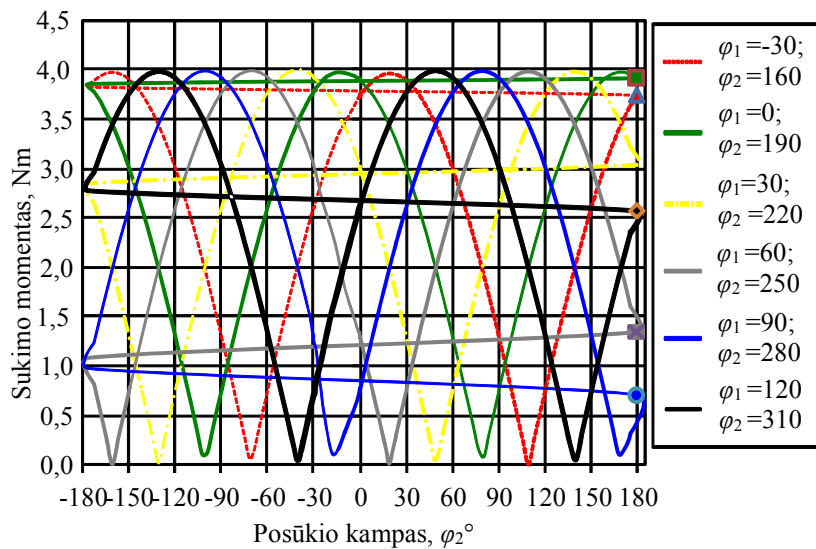


1 pav. Dviejų grandžių manipulatorius, jo grandžių ilgiai, numeracija ir teigiamos pasisukimo kampų kryptys



2 pav. Pirmos grandies sukimo momentų priklausomybės nuo pradinių pirmos ir antros grandies koordinačių

3 paveiksle pateiktos kreivės rodo antros grandies sukimo momento reikšmių priklausomybę nuo šios grandies pradinės koordinatės – ją sukanant 360° laipsnių kampu, kai pirmoji grandis yra fiksuotoje padėtyje.



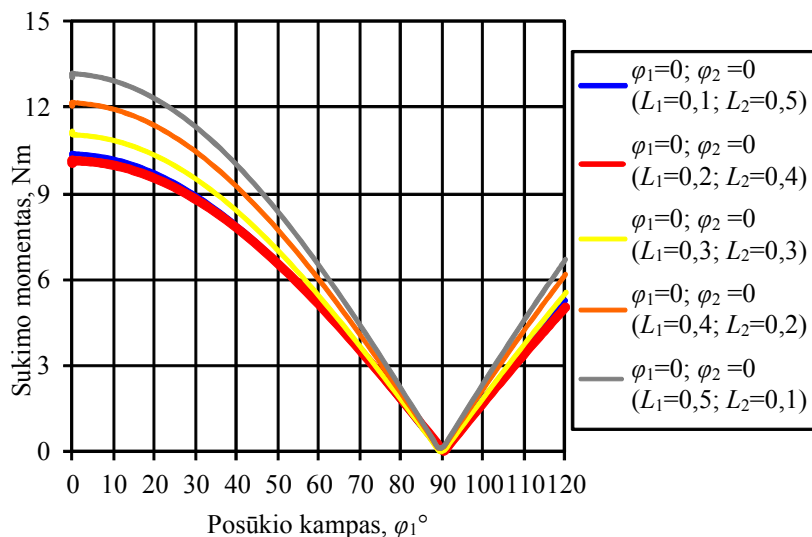
3 pav. Antros grandies sukimo momentų priklausomybės nuo pradinių pirmos ir antros grandies koordinatžių

Antros grandies didžiausias sukimo momentas yra $3,9 \text{ Nm}$, o mažiausias antros grandies sukimo momentas yra gaunamas tada, kai antrosios grandies svorio centras sutampa su vertikaliąja koordinatžių ašimi – sukimo momento dydis yra artimas nulinei reikšmei.

Antros grandies sukimo momento dydis nepriklauso nuo pirmos grandies koordinatžių, tačiau sukimo momentų dydis priklauso nuo antros grandies posūkio kampo φ_2 .

3. Sukimo momentų priklausomybės nuo skirtingų grandžių ilgių

Pirmos grandies sukimo momentų priklausomybės nuo skirtingų grandžių ilgių yra pateiktos 4 paveiksle. Pirmą grandį buvo sukama 120° prieš laikrodžio rodyklę esant visada pradinėms manipulatoriaus ($0^\circ, 0^\circ$) koordinatėms, o antroji išliko lygiagrečiai pirmosios grandies atžvilgiu.

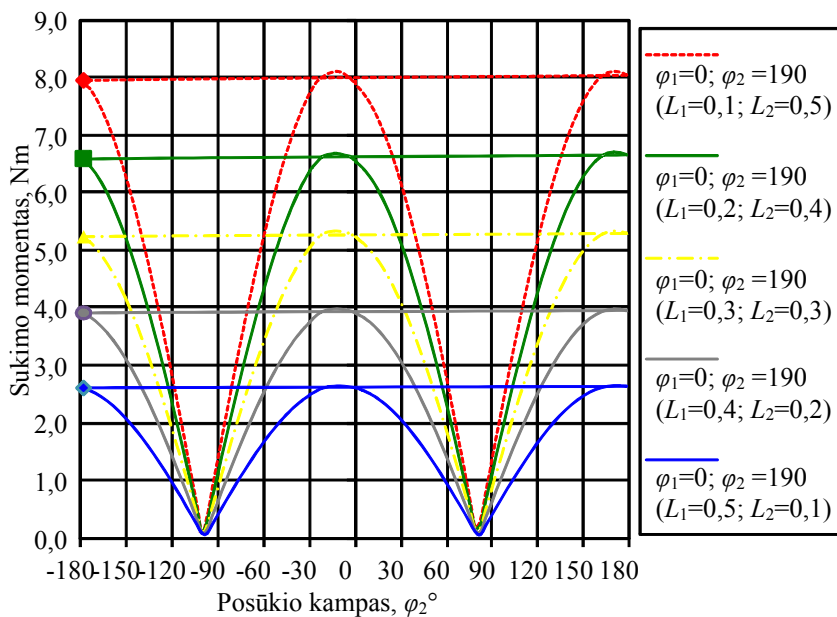


4 pav. Pirmos grandies sukimo momentų priklausomybės nuo pirmos grandies posūkio kampų, kai grandžių ilgiai yra kintami dydžiai

4 paveikle gautieji rezultatai rodo, kad pirmos grandies didžiausias sukimo momentas yra 13,5 Nm, kai pirmosios grandies ilgis yra 0,5 m, o antrosios grandies ilgis yra 0,1 m. Mažiausias pirmos grandies sukimo momentas yra 10,2 Nm, kai pirmosios grandies ilgis yra 0,2 m, o antrosios grandies ilgis yra 0,4 m. Šis sukimo momentų kitimas atsiranda dėl grandžių redukuotų svorio centrų padėties kitimo.

Žemiau pateiktame 5 paveiksle yra parodytos antros grandies sukimo momentų priklausomybės nuo skirtingų grandžių ilgių. Antra grandis buvo sukama 360° prieš laikrodžio rodyklę nuo pradinių ($0^\circ, 190^\circ$) koordinatų, o pirmoji išliko horizontali – fiksuota.

5 paveiksle pateikti rezultatai rodo, kad antros grandies didžiausias sukimo momentas yra 8,2 Nm, kai pirmos grandies ilgis yra 0,1 m, o antrosios grandies ilgis yra 0,5 m. Mažiausias antros grandies sukimo momentas yra 2,6 Nm, kai pirmos grandies ilgis yra 0,5 m, o antrosios grandies ilgis yra 0,1 m. Antros grandies sukimo momento reikšmė didėja, nes didėjant antrai grandžiai nuo 0,1 m iki 0,5 m – didėja grandies svoris, taip pat didėja ir kiti grandies dinaminiai parametrai (atstumas iki redukuoto grandies svorio centro, masės inercijos momentas).



5 pav. Antros grandies sukimo momentų priklausomybės nuo antros grandies posūkio kampų, kai grandžių ilgiai yra kintami dydžiai

4. Išvados

Atlikus sukimo momentų tyrimus, kai manipulatoriaus grandys yra pradinėse koordinatėse (0° , 0°) – abiejų grandžių sukimo momentai yra didžiausi: pirmosios grandies $T_1 = 9,5$ Nm, o antros grandies – $T_2 = 3,9$ Nm. Mažiausi abiejų grandžių sukimo momentai yra tada, kai abiejų grandžių padėties sutampa su vertikaliają koordinačių ašimi – sukimo momentų reikšmės yra artimos nulinei reikšmei.

Tiriant kaip sukimo momentai kinta nuo skirtingų pradinių grandžių padėčių ir skirtingų grandžių ilgių – racionaliausi sukimo momentai yra tada, kai pirmos grandies ilgis yra $L_1 = 0,3$ m t.y. pusė manipulatoriaus ilgio, o antros grandies ilgis turėtų būti mažesnis, nei pirmos grandies santykiu $L_2 = 2 L_1 / 3$, nes antra grandis su manipulatoriumi turi būti vienodo ilgio kaip pirmosios ilgis. Šiuo atveju antros grandies racionaliausias ilgis yra $L_1 = 0,2$ m. Kitu atveju pirmos grandies sukimo momentas T_1 gali padidėti 30%, o antros grandies sukimo momentas T_2 gali padidėti 400%. O pirmai grandžiai esant bet kurioje jos padėtyje – antros grandies sukimo momentas kinta tik nuo posūkio kampo φ_2 , o pirmos grandies posūkio kampas φ_1 neturi įtakos antros grandies sukimo momento dydžiui.

Literatūra

1. Motion equations and control of robots. Prieiga per internetą: < <http://stud.ppf.ktu.lt/vaiciulis/paskaitos/rt/rt-03.pdf> >, 6-7 psl., [žiūrėta 2012-06-06].
2. Mechanika. Masių centro judėjimo teorema. Redukuota masė. Prieiga per internetą: < ututi.com/subject/vu/ff/mechanika/file/3534/get > [žiūrėta 2012-06-06].
3. **Yangmin Li.** Dynamic Stability Analysis and Control for the Mobile Manipulator. Electrical and computer Engineering, 2002, 554-559 p.
4. **Rolf P. Wørtz.** Sensor Based Intelligent Robots, 2000, 74-86 p.
5. **Laurinavičius R., Česnulevičius A.** Dviejų laisvės laipsnių manipulatoriaus dinaminų charakteristikų modeliavimas. Studentų mokslo darbų konferencija „Technologijos šiandien ir rytoj – 2011“. Kaunas: Technologija, 2011, 217-221 p.



AUTOMOBILIŲ KURO SĄNAUDŲ TYRIMAS BEI METODIKOS GERINIMAS

K. Remeika, Ž. Bazaras

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: automobilių kuro sąnaudos, kuro sąnaudų skaičiavimo metodika, degalai, automobilis.

1. Įvadas

Efektyvus degalų naudojimas – viena iš svarbiausių šiuolaikinių autotransporto problemų. Tai ne tik ekonominė, bet ir aplinkosaugos problema [1]. Degalai sudaro apie 30 % automobilio eksploatacijos išlaidų ir apie 20 % vežimų savikainos. Ši problema aktuali ne tik ekonomikai, bet ir viso pasaulio aplinkosaugai, o tai ypač aktualu, kai naftos atsargos senka ir degalų kainos muša rekordus, o didėjant automobilių skaičiui pasaulyje užterštumas taip pat didėja.

Degalų poreikio priežasčių yra daug:

- bloga transporto priemonių techninė būklė (dažniausiai dėl nepakankamos transporto priemonės priežiūros);
- sunkios eksploatacijos sąlygos (kelio, važiavimo, klimato sąlygos);
- žema vairuotojų kvalifikacija (vairuotojo mokėjimas įvertinti aplinkos sąlygas ir automobilio galimybes turi didelę reikšmę degalų sąnaudoms. Yra žinoma, kad aukšto meistriškumo vairuotojai sutaupo iki 30 % degalų);
- ne iki galo panaudojamos organizacinės ir technologinės priemonės (degalų sąnaudų matavimas ir normavimas).

Tyrimo objektas – lengvasis automobilis SEAT „Toledo“.

Tyrimo tikslas – atlikti pasirinkto automobilio degalų sąnaudų tyrimą, pateikti gautus rezultatus ir išvadas, galėsiančias pagerinti metodiką.

2. Kuro sąnaudų nustatymo metodai

Degalų naudojimo efektyvumui didelės reikšmės turi mokslškai ir techniškai pagrįstos degalų sąnaudų normos. Tobulėjant transporto priemonėms bei technologiniams procesams, gerėjant keliams, kylant vairuotojų kvalifikacijai, degalų sąnaudų normos turi būti peržiūrimos [2].

2.1. Automobilių kuro normų nustatymo metodika, patvirtinta LR susisiekimo ministro

Jei automobilio bazinė kontrolinė kuro sunaudojimo norma yra nežinoma, ją galima apskaičiuoti naudojantis šia formule [3]:

$$N_k \cong 6,6\sqrt{V_h}, \frac{\text{litrai}}{100 \text{ km}}; \quad (1)$$

čia N_k – bazinė kontrolinė kuro sunaudojimo norma; V_h – variklio darbinis tūris, litrais.

Lengviesiems automobiliams su dyzeliniais varikliais taikoma 0,6 ... 0,7 benzininio variklio kuro sunaudojimo normos N_k [3].

2.2. Automobilių kuro normų nustatymo metodika, pagal gamyklos gamintojos nustatytas degalų suvartojimo normas

Eksperimentui naudotas automobilis yra SEAT „TOLEDO“ (2001) su 1900 cm³ dyzeliniu varikliu. Gamintojas šiam automobiliui pateikia tokias degalų sąnaudų normas 100 km esant įvairiems eksploatacijos režimams [4]:

- a) mieste – 6,6 l;
- b) užmiestyje – 4,4 l;
- c) mišriai – 5,5 l.

2.3. Automobilio kuro normų nustatymas eksperimentiniu būdu

Bandymas gali būti atliekamas tiek stende imituojant įvairias eismo ir aplinkos sąlygas tiek realiai matuojant ir fiksuojant degalų sąnaudų matuoklio rodmenis eksploatuojant automobilį kelyje.

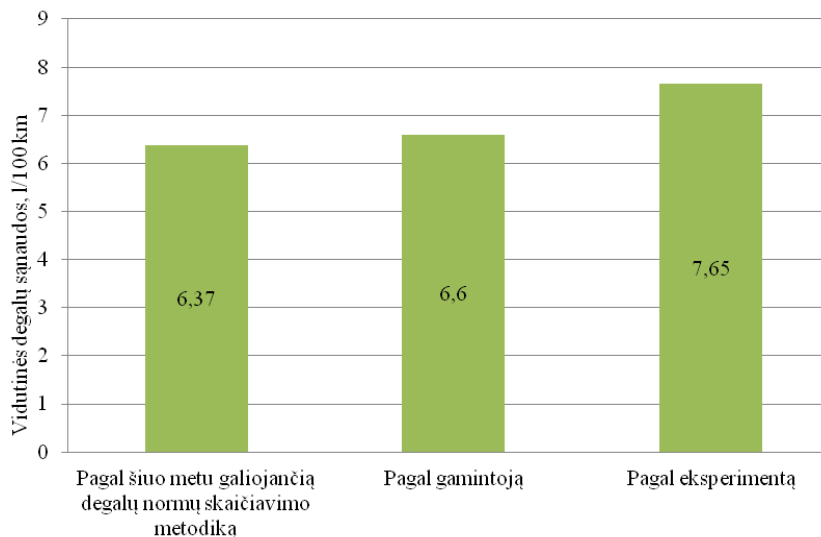
Eksperimentas atliktas dyzeliniu lengvuoju M1 klasės automobiliu SEAT „TOLEDO“ 1900 cm³, 110 AG, įmontavus į jį degalų sąnaudų skaitiklį AIC – 1304, kuris fiksavo per jį pratekėjusį degalų debitą. Eksperimento metu automobilis buvo eksploatuojamas įprastai, važiuojant įvairiomis eksploatacijos sąlygomis ir registruojant:

1. Važiavimo datą.
2. Maršruto pradžią/išvažiavimo laiką.
3. Aplinkos sąlygas:
 - a) temperatūrą;
 - b) oro sąlygas (lietus, saulėta, sniega ir t. t.);
 - c) vėją (priešpriešinis, šoninis, pavėjui).
4. Bandymo trukmę.
5. Nuvažiuotą atstumą bandymo metu.
6. Vidutinį važiavimo greitį.

7. Bandymo metu sunaudotą degalų kiekį.
8. Variklio temperatūrą (šiltas, šaltas ir t. t.).
9. Eismo intensyvumą.
10. Važiavimo pobūdį.

3. Rezultatai

Degalų sąnaudų, apskaičiuotų pagal šiuo metu galiojančios degalų normų skaičiavimo formulę (1), palyginimas su gamintojo pateikiamais degalų sąnaudų duomenimis bei eksperimento metu gautais rezultatai pateiktas 1 pav.

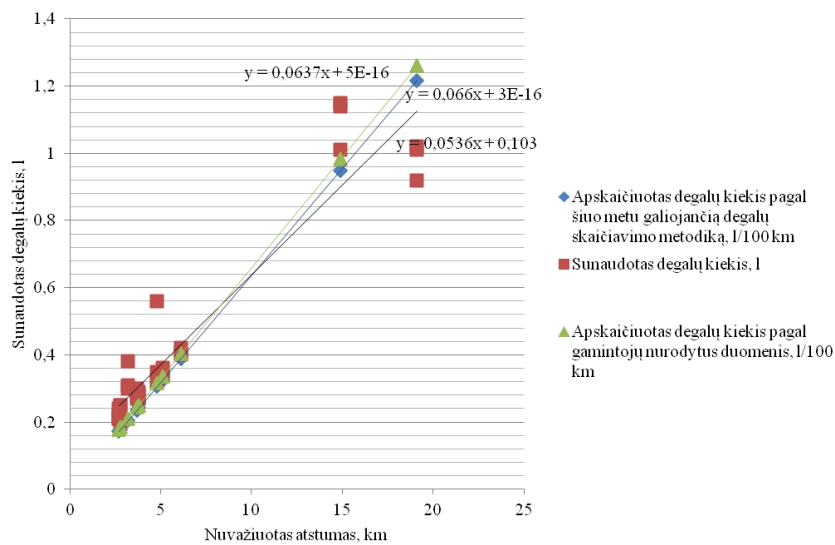


1 pav. Vidutinės degalų sąnaudos

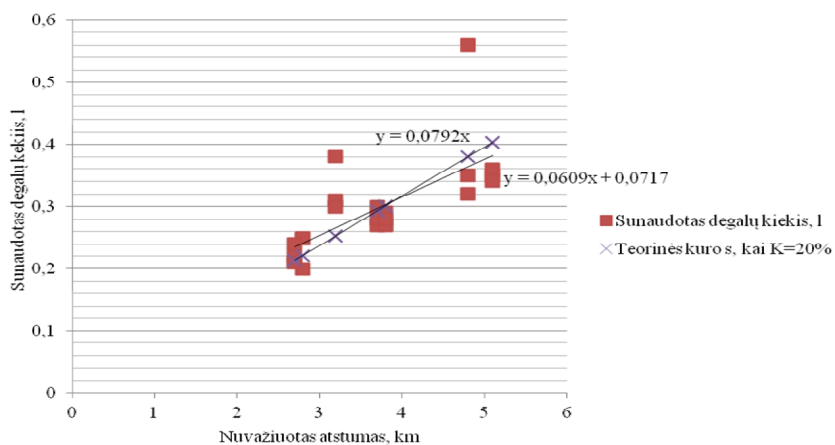
Jeigu pažiūrėsime į vidutines degalų sąnaudas 100 km (1 pav.), pamatysime, jog eksperimento metu vidutinės degalų sąnaudos yra 7,65 l/100 km, o tai yra 1,16 karto daugiau už gamintojo pateiktus duomenis ir 1,2 karto daugiau už šiuo metu galiojančią degalų normų skaičiavimo metodiką.

Tačiau žiūrint į nustatytą eksperimento metu ir apskaičiuotą teorinį degalų kiekį konkrečiam atstumui (2 pav.), matyti, jog reikšmės apibrėžiančios tiesės išsiskiria. Eksperimento metu sunaudotas degalų kiekis yra didesnis palyginus su šiuo metu galiojančia degalų normų skaičiavimo metodika, kai nuvažiuotas atstumas yra iki 8 km. Įvedus naują koeficientą K , didinantį

degalų sąnaudas 20 %, kai nuvažiuotas atstumas yra iki 8 km, matyti, jog teoriniai ir eksperimentiniai duomenys priartėja vienas prie kito (3 pav.).



2 pav. Sunaudotas degalų kiekis pagal nuvažiuotą atstumą



3 pav. Degalų sąnaudos pritaikius naują koeficientą $K = 20 \%$

Vidutinės degalų sąnaudos įvedus pataisos koeficientą, didinantį degalų sąnaudas važiuojant trumpais atstumais iki 8 km, yra 7,64 l/100 km. Tai yra 0,1 % mažesnės degalų sąnaudos negu nustatytos eksperimento metu.

4. Išvados

1. Eksperimento metu vidutinės degalų sąnaudos yra 7,65 l/100 km, o tai yra 1,16 karto daugiau už gamintojo pateiktus duomenis ir 1,2 karto daugiau už šiuo metu galiojančią degalų normų skaičiavimo metodiką.
2. Važiuojant trumpais atstumais, iki 8 kilometrų, šiuo metu galiojančiai degalų sąnaudų skaičiavimo metodikai reikia taikyti koeficientą, didinantį degalų sąnaudas iki 20 procentų.
3. Pritaikius šį koeficientą šiuo metu galiojančiai degalų sąnaudų skaičiavimo metodikai, gauname tik 0,1% mažesnę skirtumą palyginus su eksperimento metu gautais rezultatais.

Literatūra

1. **V. Mickūnaitis, A. Pikūnas.** Automobilių degalų sąnaudų nustatymo ir normavimo metodikos. – Vilnius: Technika, 2005, p. 38.
2. **Andziulis A.** Transporto priemonių variklių degalų ir tepalų tyrimai. – Kaunas: KTU leidykla, 2007, p. 21.
3. Automobilių kuro normų nustatymo metodiką, patvirtintą LR Susisiekimo ministro 1995 m. spalio 12 d. įsakymu Nr. 405.
4. Autopolis. Prieiga per internetą: < <http://www.autopolis.lt/lt/auto-katalogas/seat-toledo-lengvieji-automobiliai> > [žiūrėta 2012-11-16].



MVE DARBO REŽIMŲ TYRIMAS

T. Narbutas, M. Mikolajūnas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: vertikalios ašies vėjo elektrinė, mentė, traukos jėga, atakos kampas, mentės pastatymo kampas, tinklo keitiklis.

1. Įvadas

Oro srauto galia kinta proporcingai vėjo greičio kubui, todėl vėjo greičiui padidėjus iki vardinio ar kritinio konkrečios elektrinės vėjo greičio, būtina riboti vėjaračio menčių sukuriamą galią [1]. Vėjo elektrinių galia gali būti valdoma keliais būdais: mechanškai keičiant vėjaračio menčių padėtį, krovimo reguliatoriaus arba keitiklio pagalba.

Vertikaliosios ašies vėjo elektrinėse keisti vėjaračio padėtį oro sraute ar riboti jo vėjaračio praeinančią oro srautą, keičiant jo geometrinę formą ar menčių ilgį, yra labai sudėtinga. Konstrukciniu požiūriu, nenaudojant keitiklio, vertikaliosios ašies vėjaračio darbo režimus galima valdyti keičiant menčių pastatymo kampą, tačiau vertikaliosios ašies vėjaračio mentės pastatymo kampas turi kiek kitokią įtaką menčių atakos kampo dydžiui negu horizontaliosios ašies vėjo elektrinėse [1].

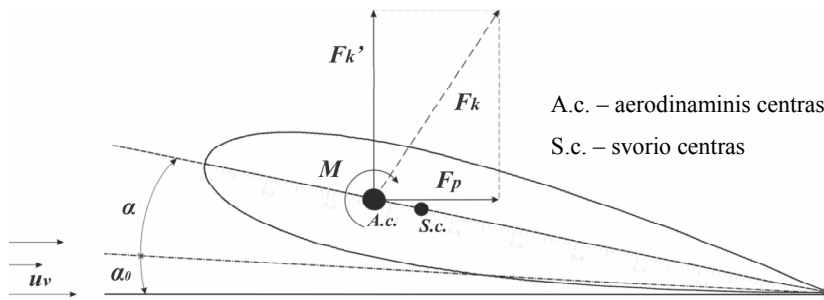
Šiame darbe nagrinėjami realaus 5 kW galios vertikalios ašies vėjo elektrinės modelio darbo režimai esant įvairioms aplinkos sąlygoms. Ankščiau tyrimai buvo atliekami su mažesnės galios (3 kW) vertikalios ašies vėjo elektrine.

2. Mentės atakos kampas

Kampas tarp laisvojo srauto krypties ir sparno profilio stygos vadinamas atakos kampu α (1 pav.).

Viena pagrindinių vertikalios ašies vėjo elektrinės vėjaračio mentės charakteristikų – keliamosios jėgos koeficientas c_l , kuris priklauso nuo atakos kampo vėjaračio darbo metu. Atakos kampo didinimas įtakoja šio koeficiento didėjimą iki didžiausios reikšmės, kurią viršijus keliamosios jėgos koeficientas mažėja [2].

Atakos kampas, ties kuriuo keliamosios jėgos koeficientas įgyja didžiausią reikšmę yra vadinamas kritiniu atakos kampu α_{kr} . Kai $\alpha < \alpha_{kr}$,



1 pav. Vertikaliosios ašies vėjo elektrinės mentę veikiančių aerodinaminių jėgų schema: F_k' – keliamoji jėga; F_p – pasipriešinimo jėga; $F_k - F_k'$ ir F_p jėgų atstojamoji; α – atakos kampas, °; α_0 – stacionarus atakos kampas (pradinis), °; u_v – mentį aptekancio oro srauto greitis, m/s; M – atstojamasis aerodinaminis momentas, Nm

vertikaliosios ašies vėjo elektrinės vėjaratis pereina į smuką. Greitis, ties kuriuo atsiranda smuka, priklauso nuo vėjaračio svorio, statinio α_0 ir dinaminio α pokrypio kampų, masės centro padėties ir kitų faktorių [2].

Mentės atakos kampas α , turintis didelę įtaką mentės aerodinaminiams koeficientams, gali būti išreiškiamas priklausomybe [1]:

$$\alpha = \arcsin \frac{v \sin \varphi}{u_v} - \alpha_0 ; \quad (1)$$

$$u_v = \sqrt{v^2 + \omega_v^2 R_v^2 + 2 v \omega_v R_v \cos \varphi} ; \quad (2)$$

čia: v – vėjo greitis, m/s; u_v – oro srauto greitis mentės atžvilgiu, m/s; ω_v – vertikaliosios ašies vėjaračio kampinis greitis, rad/s; R_v – vėjaračio spindulys, m; α_0 – mentės pastatymo kampas, °; α – mentės atakos kampas, °; φ – vėjaračio pasisukimo kampas, °.

3. Vėjaračio greitaeigiškumas

Vėjaratis efektyviausiai veikia ir daugiau energijos vėjo elektrinė pagamina, kai vėjaračio galios koeficientas yra didžiausias. Paprastai didžiausią reikšmę galios koeficientas pasiekia esant optimaliam vėjaračio greitaeigiškumui λ , t.y. viena svarbiausių vėjo elektrinės vėjaračio bedimensių charakteristikų (angl. Tip Speed Ratio) [3]:

$$\lambda = \frac{\omega_v R_v}{v} . \quad (3)$$

4. Mentės traukos jėga

Mentės pastatymo kampas α_0 tiesiogiai turi įtakos atakos kampo dydžiui, o tuo pačiu keičia ir mentės traukos jėgą F_t , kuri verčia sukintis vėjaratį. Ši jėga F_t nustatoma iš tokios išraiškos [1]:

$$F_t = S_v \frac{\rho u_v^2}{2} \left[c_y \frac{v \sin \varphi}{u_v} - \left(c_x + \frac{c_y^2}{\pi \lambda_l} \right) \cdot \cos \left(\arcsin \frac{v \sin \varphi}{u_v} \right) \right]. \quad (4)$$

Kai vėjaratis nesisuka, $u_v = v$, ir tuomet veikianti traukos jėga bus [1]:

$$F_t = S_v \frac{\rho u_v^2}{2} \left[c_y \sin \varphi - \left(c_x + \frac{c_y^2}{\pi \lambda_l} \right) \cdot \cos \varphi \right]; \quad (5)$$

čia: S_v – mentės darbinio paviršiaus plotas, m^2 ; ρ – oro tankis, kg/m^3 ; $\lambda_l = l^2 / S_v$ – mentės proilgis (l – mentės ilgis, m); c_y ir c_x – mentės keliamosios ir pasipriešinimo jėgos koeficientai, priklausantys nuo mentės profilio formos, geometrinių matmenų, atakos kampo α , vėjo greičio ir oro kinematinės klampos.

5. Darbo režimų tyrimas

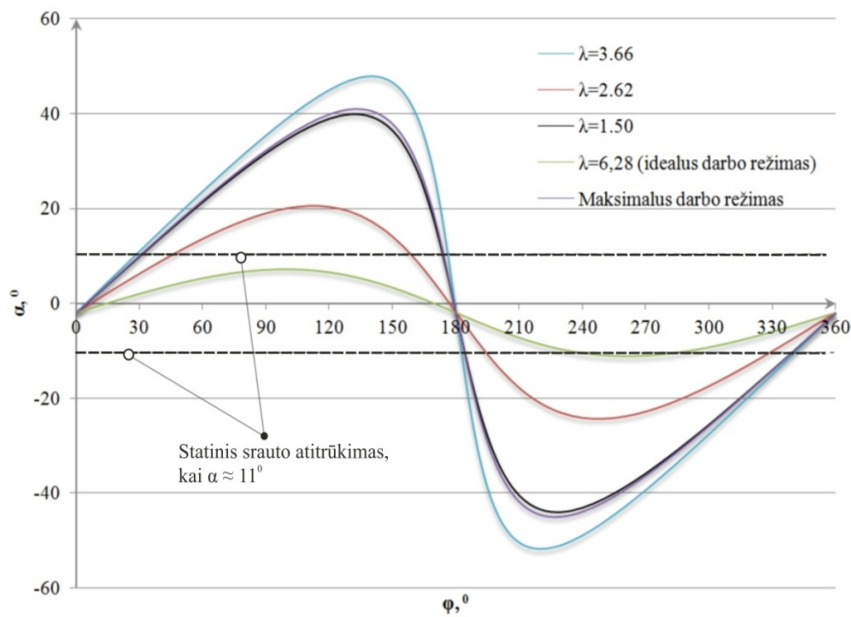
MVE darbo režimų tyrimui buvo imituotos sąlygos, atitinkančios vertikalios ašies vėjo elektrinės darbo režimus natūralioje aplinkoje.

Remiantis (1) išraiška, nustatyta, kad vertikaliosios ašies vėjaračio apsisukimo metu mentės atakos kampas α kinta periodiškai ir gana dideliu intervalu, priklausomai nuo vėjo greičio ir krypties, vėjaračio sukimosi greičio bei vėjaračio pasisukimo kampo φ (2 pav.).

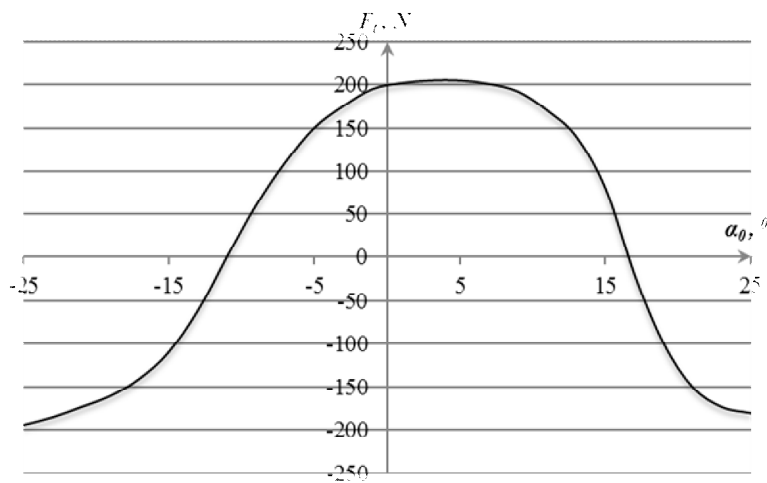
1 lentelė

Darbo režimų parametrų reikšmių paaiškinimas

Eil. nr.	λ	ω_v , rad/s	n_v , aps/min	v , m/s	P_{VE} , kW	Režimai
1.	1,50	5,233	50	7	0,75	–
2.	1,47	14,653	140	20	8,81	Maksimalus
3.	2,62	10,467	100	8	2,98	–
4.	2,66	14,653	140	11	4,38	Nominalus
5.	6,28	20,933	200	6,5	5,04	Idealus



2 pav. MVE vėjaračio menčių atakos kampo priklausomybė nuo vėjaračio darbo. Simetrinį NACA 0018 profilį aptekančio srauto atitrūkimas įvyksta, kai atakos kampas $\approx 11^\circ$ [4]



3 pav. MVE vėjaračio mentės traukos jėgos F_t priklausomybė nuo mentės pastatymo kampo α_0

Remiantis (4) išraiška bei mentės profilių katalogu aerodinaminiams koeficientams c_y ir c_x nustatyti, apskaičiuotas vėjo elektrinės vienos mentės traukos jėgos F_t priklausomybė nuo mentės pastatymo kampo (2 pav.). Atliekant šiuos skaičiavimus mentės pastatymo kampas α keičiamas nuo -25° iki $+25^\circ$, esant nominaliam darbo režimui (1 lentelė).

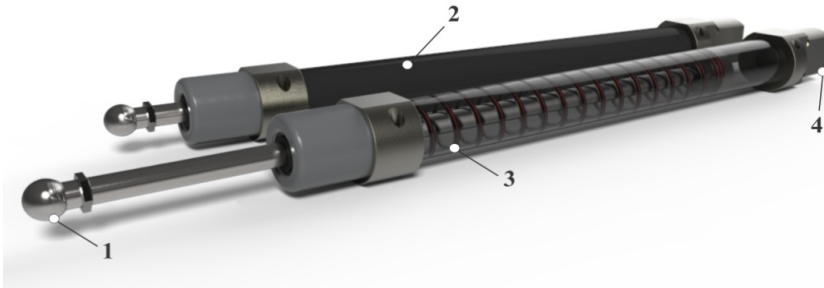
6. Darbo režimų valdymas

Remiantis atliktų tyrimų rezultatais, vertikalios ašies vėjo elektrinės darbą galima kontroliuoti nesudėtingo mechaninio įtaiso pagalba (4 pav.).

Naudojant šį įtaisą, vėjo greičiui viršijus nominalų elektrinės vėjo greitį, šiuo atveju, 12 m/s, besisukantį vėjaratį veikianti išcentrinė jėga pakeičia menčių pastatymo kampą α_0 (mentės priekis yra nukreipiamas į vėjaračio išorę), taip mažėja mentės sukuriamas traukos jėga F_t , tuo pačiu ir vėjaračio galia (3 pav.). Tai reiškia, kad esant tokiems mentės pastatymo kampams ($\alpha_0 > 16^\circ$) vėjaratis yra stabdomas.

Mažėjant vėjo greičiui, lėtėja vėjaračio sukimosi greitis, tuo pačiu mažėja išcentrinė jėga, kuri pakeičia menčių pastatymo kampą, t. y. mentės priekis kreipiamas į vėjaračio vidų.

Šio mechaninio įtaiso pagalba, galima tolygiai kontroliuoti vertikalios ašies vėjo elektrinės darbo režimus, t.y. reguliuoti vėjo elektrinės atiduodamą galią.



4 pav. Vertikalios vėjo elektrinės mentės pastatymo kampo keitimo cilindras su grąžinimo spyruokle: 1 – dalis, kuri tvirtinasi prie mentės, 2 – aplinkos poveikiui atsparus korpusas, 3 – spyruoklė, 4 – dalis, kuri tvirtinasi prie mentės laikiklio

7. Išvados

Remiantis tyrimų rezultatais nustatyta vertikaliosios ašies vėjo elektrinės vėjaračio mentės traukos jėgos F_t priklausomybė nuo mentės pastatymo kampo α_0 : kai mentės pastatymo kampas -12° ir mažesnis (mentės

priekinė dalis nukreipta į vėjaračio vidų) arba $+16^\circ$ ir didesnis (mentės priekinė dalis nukreipta į vėjaračio išorę) vėjaratis yra aerodinamiškai stabdomas.

Kintant vėjo greičiui mentės pastatymo kampas yra tolygiai didinamas arba mažinamas, kartu didinant vėjaračio sukimosi greitį taip išlaikant optimalų atakos kampą, kai pasiekama geriausia menčių aerodinaminė kokybė.

Naudojant šį įtaisą praplečiamas vėjo greičių diapazonas, kuriame vėjaratis veikia optimaliomis sąlygomis ir gaunama daugiau energijos negu vėjaračiui sukantis pastoviu greičiu.

Literatūra

1. **Gulbinas A.** Power regulation of the wind turbines. LŽŪU Žemės ūkio inžinerijos institutas – Kaunas, 2007. – P. 85 – 88. ISSN 1392–1134.
2. **Lasauskas E.** Skrydžio principai. Mokomoji knyga. – Vilnius: „Technika“ 2008. 16 – 118 p. ISBN 978-9955-28-255-6.
3. **Jakštas A.** Energijos transformavimo mašinos. Mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2000. 131 p.
4. **Greschner B., Yu C., Zheng S., Zhuang M., Wang Z. J. and Thiele F.** Knowledge Based Airfoil Aerodynamic and Aeroacoustic Design. Berlin University of Technology. Germany, Berlin 2005. 2 – 10 p.



ELEKTOMOBILIO VARIKLIO AUŠINIMO TYRIMAS

T. Narbutas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: elektromobilis, baterijų modulis, elektros variklis, aušinimo skystis, aušinimo srautas, valdymo blokas, keitiklis, CAN magistralė.

1. Įvadas

Pirmieji elektra varomi automobiliai pasirodė Prancūzijoje ir Anglijoje daugiau nei prieš 100 metų. Jų išvaizda priminė elektra varoma kariatą, kuri galėjo nuvažiuoti 30 km, išvystydama 23 km/h greitį [1].

Šiuolaikinių elektromobilių pažanga leidžia pasiekti įprastam automobiliui artimus parametrus ir suteikia galimybę netolimoje ateityje pakeisti naftos produktais varomas transporto priemones. Šie automobiliai turi nemažai privalumų lyginant juos su naftos produktais varomais automobiliais:

- žymiai didesnis variklio naudingumo koeficientas;
- tiesiogiai neekvoja senkančių gamtos išteklių;
- eksploatuojant tiesiogiai neteršia aplinkos;
- žymiai mažesnis keliamas triukšmas.

Nepaisant efektyvaus šios transporto priemonės vystymosi, išlieka keletą esminių problemų, užkertančių kelią masiniam jų panaudojimui:

- ilgas baterijų krovimo laikas;
- su vienu įkrovimu galima įveikti nedidelį nuotolį;
- didelė transporto priemonės kaina;
- aukšta elektros variklio darbinė temperatūra.

Pirmos trys, esminės problemos yra susijusios su naudojamu baterijos moduliu, t. y. į modulį įeinančių baterijų kokybe, kiekiu, svoriu ir talpa.

Likusi problema yra susijusi su dinamine elektros variklio apkrova, kuri priklauso nuo išorinės aplinkos ir vairavimo ypatumų.

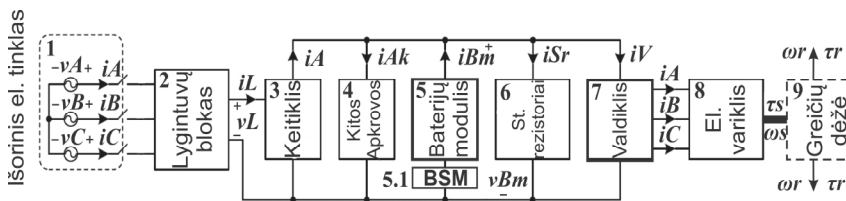
2. Elektromobilio sandara

Egzistuoja daug elektromobilių išpildymo variantų, bet dažniausiai, ši transporto priemonė yra pagaminta, naudojant standartinę automobilio bazę su

nedideliais kėbulo pakeitimais. Vietoje standartinio, vidaus degimo variklio yra įmontuotas trifazis, rečiau vienfazis elektros variklis.

Elektromobilis gali turėti (žr. 1 pav.): 1 ar 4 nuolatinės arba kintamos elektros srovės variklius, greičių dėžę (9) aukštos ar žemos įtampos, gilaus krovimo ciklo baterijas. Elektromobilio krovimui gali būti naudojamas vienfazis arba trifazis elektros tinklas (1). Lygintuvų bloko (2) ir aukštinančiojo keitiklio (3) pagalba tinklo įtampa yra paverčiama tinkama baterijų modulio (5) krovimui. Taip pat reikia įvertinti apšvietimo, komforto ir apsaugos sistemas (4).

Elektros variklio sukimo greitį kontroliuoja valdiklis (7), kuris nuolatinę įtampą verčia trijų fazių kintama įtampa, tuo pačiu pagrindinius parametrus pastoviai siunčia į CAN magistralę ir kontroliuoja regeneracinį variklio darbą (8), kai stabdymo metu variklis veikia kaip generatorius, o mechaninė stabdymo energija paverčiama elektros energija, kuri yra grąžinama atgal į baterijų modulį (5). Svarbu, kad stabdymo metu nebūtų viršyta maksimali baterijų įtampa, nes tai gali rimtai sugadinti baterijas. Dabartiniu metu elektromobiliams geriausiai tinka LiFePO₄ tipo baterijos, nes jos nėra sprogios, o jų įtampa yra pakankamai pastovi, net ir pradedant išsikrauti. Tai reiškia, kad elektromobilio trauka mažėja labai nežymiai.



1 pav. Elektromobilio principinė elektrinė schema

Apsaugoti baterijų modulį naudojami stabdymo rezistoriai (6) bei baterijų parametrų stebėjimo ir valdymo sistema (BSM) (5.1), kuri leidžia matyti baterijų vidinę varžą, likusios energijos kiekį, nuvažiuotą bei likusį nuvažiuoti atstumą iki baterijos išsikrovimo, automobilio važiavimo greitį, variklio sūkių skaičių, traukos baterijos įtampą, taip pat važiavimo metu vartojamą ar regeneracinio stabdymo metu į baterijas tiekiamą srovę [2].

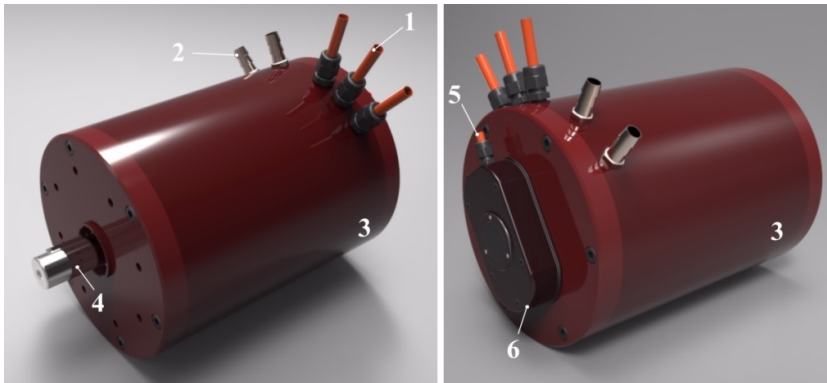
3. Elektromobilio variklis

Elektromobiliuose gali būti naudojami nuolatinės srovės su valdoma magnetine varža (angl. Switched Reluctance Motor), pastovių magnetų sinchroniniai ir asinchroniniai elektros varikliai. Elektros variklio tipas dažniausiai priklauso nuo naudojamų baterijų modulio tipo bei valdiklio parametrų. Elektros variklis gali būti su integruota pavara arba per specialią

movą sujungtas su originalia automobilio greičių dėže. Elektromobiliuose naudojami elektros varikliai yra beveik identiški įprastiems varikliams, dažniausiai skiriasi tik elektrinių ričių vijų skaičius ir storis, be to, tokio elektros variklio korpusas turi specialius konstrukcinius elementus (2 pav.).

Darbo metu, elektros varikliui tenka atlaikyti dideles šilumines apkrovas, nes dirbant maksimaliu darbo režimu, variklio sūkliai gali siekti iki 15 000 aps/min, o maksimali srovė – iki 600 A, priklausomai valdikio įtampos. Dėl šių priežasčių turi būti užtikrintas geras elektromobilio variklio aušinimas.

Elektromobilio aušinimui puikiai tinka aušinimo skystis, kuris teka hermetišku aliuminio lydinio korpusu (3 pav.). Aušinimui gali būti naudojamas antifrizas, glicerinas ar kitokios sudėties aušinimo paskirties skystis. Dažnai tas pats aušinimo sistemos ratas eina ir per valdiklio korpuse įrengtas aušinimui skirtas vietas.



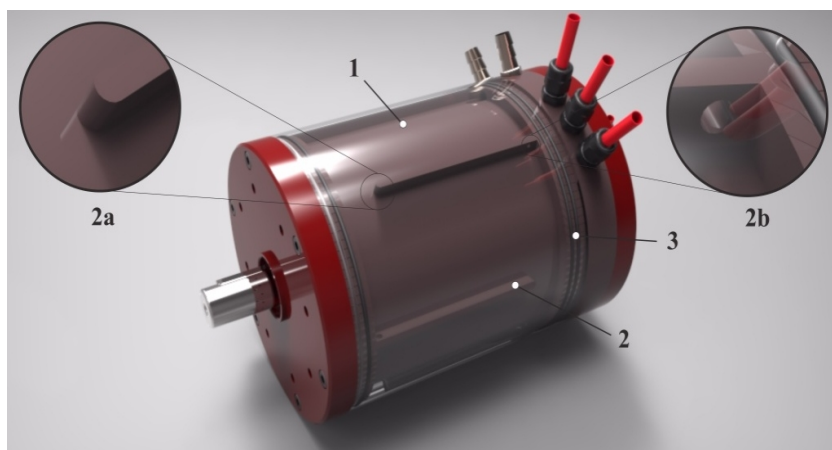
2 pav. Autoriaus suprojektuotas skysčiu aušinamas asinchroninis elektromobilio variklis: 1 – trifazio elektros variklio ekranuoti išvadai; 2 – aušinimo skysčio išvadai; 3 – aliuminio lydinio hermetiškas išorinis korpusas; 4 – enkoderio išvadas; 5 – enkoderį apsaugantis korpusas

4. Elektromobilio variklio aušinimo tyrimas

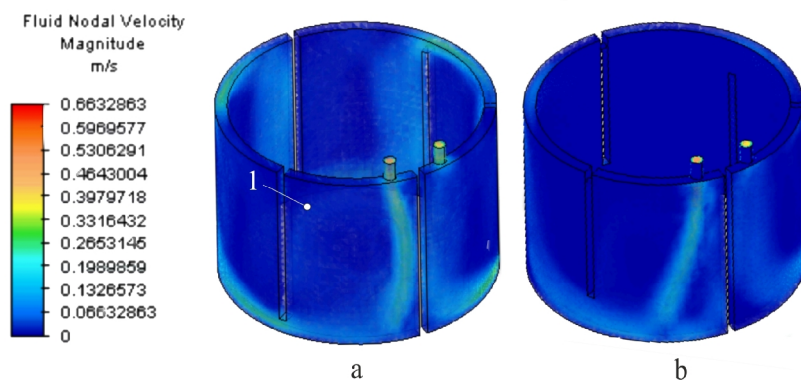
Elektros variklio specifinis korpusas susideda iš 2 pagrindinių dalių: vidinio ir išorinio korpuso. Šios dalys yra pagamintos iš aliuminio lydinio, yra visiškai sandarios, lengvai surenkamos bei atsparios aplinkos poveikiui. Net ir gedimo atveju, aušinimo skystis nepatenka į elektros variklio vidų (3 pav.).

Vidinis korpusas turi aušinimo srauto kreipiančiąsias, kurios yra skersai tekančiam aušinimo skysčiui. Tokiu metodu aušinimo srautas yra tolygiai paskirstas per visą elektros variklio korpusą.

Šio modelio tyrimai atlikti remiantis ankstesnio elektromobilio variklio matematinio ir realaus modelio bandymų rezultatais. Elektros variklio



3 pav. Elektromobilio variklio korpuso aušinimo sistemos geometrija: 1 – trifazio elektros variklio vidinis aušinantysis korpusas; 2 – aušinimo srauto kreipiančiosios (a – srauto kreipiančiųjų galai; b – srauto išlyginimo angos); 3 – karščiui atsparios sandarinimo tarpinės



4 pav. Elektromobilio variklio aušinimo modelis, kai aušinimo skysčio srauto tėkmė yra nusistovėjusi: a – aušinimo sistema be srauto išlyginimo ertmių, čia 1 – aušinimo srauto šūkurys; b – aušinimo sistemoje su srauto išlyginimo ertmėmis ir srauto kreipiančiųjų geometrine korekcija

geometrija sudaryta naudojant Autodesk Inventor 2012, o aušinimo skysčio analizei panaudotas Autodesk Simulation Multiphysics 2012 programinis paketas.

Atliekant tyrimus buvo atsižvelgta į galimybę panaudoti standartinę automobilio aušinimo sistemą, variklio konstrukcijos sudėtingumą ir tvirtumą, aušinimo skysčio savybes ir kiekį, aušinamo srauto pasiskirstymą korpuse, slėgių skirtumą esant kritinei temperatūrai, temperatūros įtaka variklio darbo režimams.

5. Išvados

Nustatyta, kad specialūs aušinimo srauto kreipiančiųjų galai ir srauto išlyginimo ertmės suvienodina slėgių skirtumą tarp skysčio išvadų ir neleidžia formuotis srauto sūkuriams (4 pav.).

Atliktas darbas atspindi bendrąsias tendencijas (elektros variklio konstrukcijos ir aušinimo skysčio srauto ypatumus bei kt.), į kurias turi būti atsižvelgta toliau projektuojant bei gaminant sekančius modelius.

Literatūra

1. **Ernest Henry Wakefield.** History of the Electric Automobile. McFarland company, Inc., North Carolina, USA 2005. p. 6 – 7. ISBN 0-7864-1872-9.
2. **Schaltz E.** Electrical Vehicle Design and Modeling, Electric Vehicles - Modelling and Simulations, Dr. Seref Soylu (Ed.). InTech. Denmark 2011. p. 1 – 3. ISBN 978-953-307-477-1.



KROVININIO AUTOMOBILIO STABILUMO POSŪKYJE TYRIMAS

M. Verbiejus, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: stabilumas, krovininis automobilis, dinamika, sukibimo koeficientas.

1. Įvadas

Vienas iš svarbiausių krovininių automobilių eksploatavimo parametrų yra stabilumas. Krovininio automobilio stabilumas apibrėžiamas kaip galimybė priešintis virtimui [1]. Jis priklauso nuo konstrukcinių automobilio parametrų, vežamo krovinio, padangų, kelio, oro sąlygų, bei vairuotojo veiksmų.

Kai krovininis automobilis tampa nestabilus, jis gali nuslysti nuo kelio ar netgi apvirtti taip sukeldamas autoįvykį. Autoįvykio metu gali būti sužaloti žmonės, sugadintos autotransporto priemonės bei vežamas krovinys, todėl krovininių automobilių stabilumo tyrimams šiuo metu yra skiriama daug dėmesio.

Darbo tikslas – ištirti krovininio automobilio judėjimo posūkyje stabilumą.

2. Krovininio automobilio judėjimas posūkyje horizontalioje plokštumoje teorinė analizė

Krovininio automobilio stabilumas posūkyje priklauso nuo judėjimo greičio, masės centro aukščio, vartimo bei pasipriešinimo vartimui momentų, padangų sukibimo su kelio danga ir išcentrinio pagreičio.

Krovininio automobilio vartimo momentas apskaičiuojamas pagal formulę:

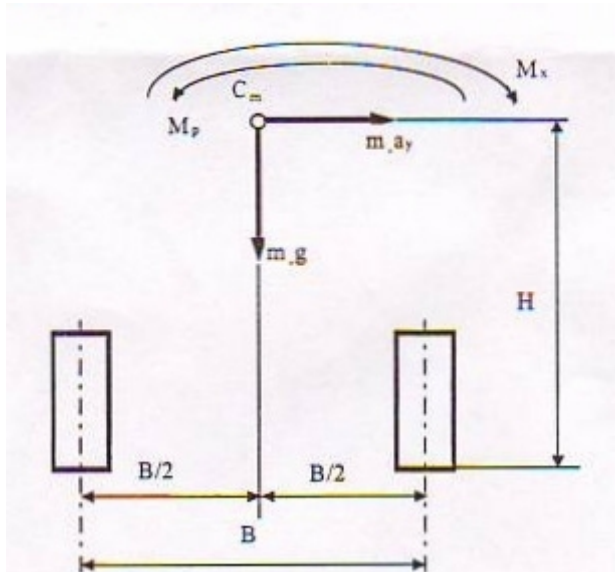
$$M_x = m a_y h_{mc}; \quad (1)$$

čia: m – krovininio automobilio masė; a_y – išcentrinis pagreitis posūkyje; h_{mc} – pakrauto automobilio masės centro aukštis.

Krovininio automobilio vartimui pasipriešinantis svorio jėgos momentas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_p = m g \frac{b}{2}; \quad (2)$$

čia: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – laisvojo kritimo pagreitis; b – automobilio provėža.



1 pav. Krovininio automobilio kritinio stabilumo skaičiavimo schema [2]

Krovininio automobilio stabilumui užtikrinti reikia nustatyti neslydimo ir nevirtimo sąlygas t. y. v_{nesl} ir v_{st} . Pagal (3) ir (4) formules nustatome krovininio automobilio dinaminio stabilumo vrtimui sąlygą – $M_x \leq M_p$ [2]:

$$m a_y h_{mc} \leq m g \frac{b}{2}; \quad (3)$$

$$a_y \leq g \frac{b}{2 h_{mc}}; \quad (4)$$

$$a_y = \frac{v^2}{R}; \quad (5)$$

čia: R – krovininio automobilio masės centro trajektorijos kelio posūkyje spindulys, v – važiavimo greitis.

Iš (5) formulės išreiškiame krovininio automobilio važiavimo greitį:

$$v = \sqrt{a_y R} . \quad (6)$$

Krovininio automobilio stovumas virtimui kelio posūkyje priklauso nuo masės centro aukščio ir automobilio provėžos santykio. Kuo aukščiau yra pakrauto automobilio svorio centras ir kuo siauresnė automobilio provėža, tuo didesnė tikimybė, kad automobilis apvirs [5].

Pakrauto krovininio automobilio masės centro aukštis gali būti apskaičiuotas pagal (7) formulę:

$$h_{mc} = \frac{h_a m_a + h_k m_k}{m_a + m_k} ; \quad (7)$$

čia: h_a – nepakrauto automobilio masės centro aukštis, h_k – vežamo krovinio masės centro aukštis virš kelio paviršiaus, m_a ir m_k – atitinkamai krovininio automobilio ir vežamo krovinio masės

Krovininio automobilio nevirtimo sąlygą pagal važiavimo greitį:

$$v_{st} \leq \sqrt{\frac{g b R}{2 h_{mc}}} . \quad (8)$$

Kelio posūkyje krovininis automobilis gali ne tik virsti, bet ir pradėti slysti. Slydimas prasideda tada kai automobilį veikianti šoninė jėga viršija ratų sukibimo su kelio danga jėgą.

Padangų ir kelio paviršiaus trinties jėga apskaičiuojama pagal (9) formulę:

$$F_{tr} = \varphi m g ; \quad (9)$$

čia: φ – sukibimo koeficientas tarp padangų ir kelio dangos (kai asfaltas sausas $\varphi = 0,7$; šlapias – $\varphi = 0,5$; plikledis – $\varphi = 0,1$).

Padangos ir kelio dangos sukibimo koeficientas išilgine ir skersine važiavimo kryptimis yra apytikriai vienodas, o fizikine prasme ir skaitmeniniu dydžiu sutampa su trinties koeficientu.

Skersinio slydimo sąlyga:

$$F_{tr} < F_{isc} . \quad (10)$$

Krovininio automobilio masės centrą veikianti išcentrinė jėga apskaičiuojama pagal (11) formulę:

$$F_{isc} = m \frac{v^2}{R} . \quad (11)$$

Irašius reikšmes, slydimo sąlyga posūkyje bus lygi:

$$\varphi m g < m \frac{v^2}{R}; \quad (12)$$

$$\varphi < \frac{v^2}{g R}. \quad (13)$$

Didžiausias greitis, kuriam esant nebus skersinio automobilio slydimo kelio posūkyje, apskaičiuojamas remiantis (14) formule:

$$v_{nesl} \leq \sqrt{\varphi g R}. \quad (14)$$

Krovininio automobilio stabilumui užtikrinti reikia nustatyti nevirtimo ir neslydimo sąlygas, t. y. reikia nustatyti, kuris greitis v_{nesl} ar v_{st} yra mažesnis. Jeigu v_{st} yra mažesnis, tada krovininis automobilis posūkyje gali virsti, ir atvirkščiai jeigu v_{nesl} yra mažesnis, tada krovininis automobilis posūkyje gali slysti. Tuo atveju kai $v_{nesl} = v_{st}$, krovininis automobilis posūkyje gali ir virsti, ir slysti [2].

3. Krovininio automobilio stabilumo posūkyje tyrimas

Pabandykime išanalizuoti mano pasirinktą krovininį automobilį. Kaip matome iš teorinės dalies, pirmiausia reikia sužinoti tuščio ir pakrauto automobilio svorio centrą. Jį mes nustatome naudojantis kompiuterine modeliavimo programa *TrailerWin*. Automobilio be krovinio svorio centro aukštis – $h_{tuščio} = 1,65$ m. Automobilio su krovinio svorio centro aukštis – $h_{pakrauto} = 1,81$ m. Naudojantis ta pačia programa nustatome ir krovininio automobilio provėžą: $b = 2,15$ m. Pagal (8) formulę skaičiuojame automobilio nevirtimo sąlygą pagal važiavimo greitį. Didžiausią automobilio greitį, kuriam esant nebus skersinio automobilio slydimo kelio posūkyje, apskaičiuojame

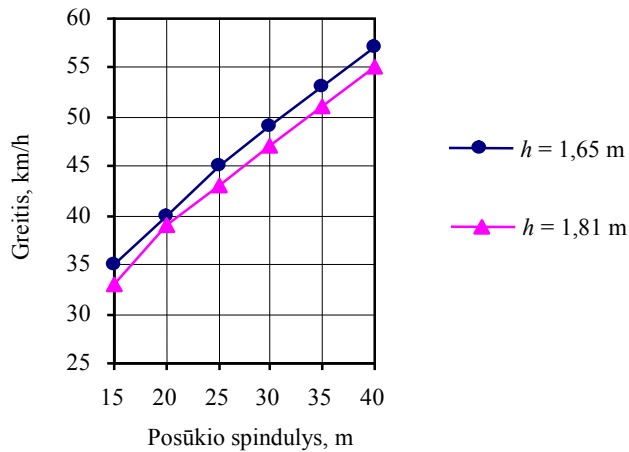
1 lentelė

Kritinio greičio skaičiavimas

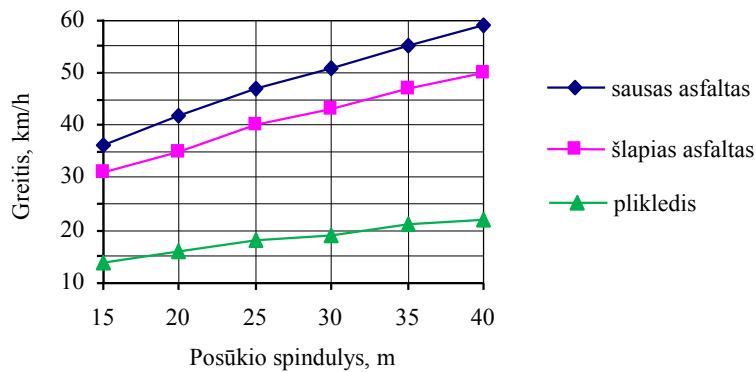
Kritinis krovininio automobilio greitis v_{nesl} ar v_{st} , km/h	Automobilio masės centro trajektorijos posūkyje spindulys R , m					
	15	20	25	30	35	40
v_{st} , kai $h_{tuščio} = 1,65$ m	35	40	45	49	53	57
v_{st} , kai $h_{pakrauto} = 1,81$ m	33	39	43	47	51	55
v_{nesl} , kai $\varphi = 0,7$ (sausas asfaltas)	36	42	47	51	55	59
v_{nesl} , kai $\varphi = 0,5$ (šlapias asfaltas)	31	35	40	43	47	50
v_{nesl} , kai $\varphi = 0,1$ (plikledis)	14	16	18	19	21	22

pagal (14) formulę. Atlikus skaičiavimus gautus rezultatus surašome į 1 lentelę.

Gauti krovininio automobilio nevirtimo sąlygų (pagal važiavimo greitį) skaičiavimo rezultatai grafiškai pavaizduoti 2 pav. Iš grafiko matome, kad važiuojant posūkyje, kurio kreivumo spindulys yra $R = 40$ m, didžiausias važiavimo greitis, užtikrinantis automobilio stabilumą (nevirtimą) tuščiam ir pakrautam automobiliui, atitinkamai bus lygi 57 km/h ir 55 km/h. Viršijus šiuos greičius, krovininis automobilis posūkyje gali tapti nevaldomas ir veikiamas inercijos jėgų apvirtsti. Galime daryti išvadas: jeigu automobilio



2 pav. Važiavimo greičio ir posūkio spindulio priklausomybė esant skirtingam automobilio svorio centrui



3 pav. Važiavimo greičio, esant skirtingiems sukibimo koeficientams, ir posūkio spindulio priklausomybė

provėžos plotis vienodas, tai jo stabilumas tiesiogiai proporcingas svorio centro aukščiui. Kuo didesnis krovininio automobilio masės centro trajektorijos kelio posūkyje spindulys, tuo didesnis leidžiamas saugus automobilio važiavimo greitis.

Posūkyje automobilis gali ne tik virsti, bet ir slysti. Buvo atlikti skaičiavimai esant sausam ir šlapiam asfaltui bei plikledžiui. Gauti duomenys pateikti grafiškai 3 pav. Važiuojant $R = 40$ m posūkyje sausu asfaltu, greitis, prie kurio krovininis automobilis važiuos neslysdamas, yra 59 km/h. Tame pačiame posūkyje važiuojant šlapiu asfaltu ir plikledžiu, greitis, kuriuo važiuojant automobilis neslys, atitinkamai bus lygus 50 km/h ir 12 km/h.

4. Išvados

1. Jei krovininio automobilio pusės provėžos ir masės centro aukščio santykis yra didesnis už sukibimo koeficientą, tai, kelio posūkyje viršijant saugų greitį, krovininis automobilis slys, o jei šis santykis yra mažesnis už sukibimo koeficientą, tai krovininis automobilis virs.
2. Kuo didesnis krovininio automobilio masės centro trajektorijos kelio posūkyje spindulys tuo didesnis leidžiamas saugus automobilio važiavimo greitis.
3. Krovininio automobilio stovumas virtimui kelio posūkyje priklauso nuo masės centro aukščio ir automobilio provėžos santykio. Kuo aukščiau yra pakrauto automobilio svorio centras ir kuo siauresnė automobilio provėža, tuo didesnė tikimybė, kad automobilis posūkyje apvirs.

Literatūra

1. **Petrovas D., Bartulis V.** Savivarčių automobilių statinio stovumo palyginimas. Straipsnių rinkinys Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas, 2007. 1 –oji sekcija: Transporto inžinerija, 275-281 p.
2. **Šerkšnas A.** Autovežio stovumo kelio posūkyje skaičiavimo metodika. Transportas, 1999, 2 (9). 99-101 p.



KELIŲ TRANSPORTO KROVINIŲ TVIRTINIMO BŪDŲ TYRIMAS

D. Budginienė, Ž. Bazaras

Kauno technologijų universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: vilkikas, transporto priemonė, tvirtinimo diržai, puspriekabė, kroviniai, veikiančios jėgos.

1. Įvadas

Pasitaikantys skaudūs kelių eismo įvykiai, kuriuose dėl netinkamai pritvirtinto krovinio nukenčia ar žūva vilkikų vairuotojai, krovinų vežėjams ir siuntėjams verčia priminti „Krovinų, vežamų kelių transporto priemonėmis, išdėstymo ir tvirtinimo taisyklės“, patvirtintas Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2008 m. vasario 21 d. įsakymu Nr. 3-56 (Žin., 2008, Nr. 24-876). Norint išvengti problemų tvirtinant krovinius, reikia vadovautis ne tik Lietuvos parengtais krovinio tvirtinimo įstatymais, bet ir Europos Komisijos patarimais. Atkreiptinas didesnis dėmesys į krovinų tvirtinimo problematiką, bei kad vežėjo teisingas krovinio tvirtinimas suteikia daug naudos ne tik pačiai įmonei, čia galima išskirti ir ekonominę, socialinę, ekologinę naudą.

Nuo įstojimo į ES, Lietuva vis labiau skverbiasi į Europos vežimų rinką. Per tą laiką Lietuvoje buvo įsteigta daug įmonių, kurios užsiima krovinų vežimu. Jų pagrindinis tikslas, kaip ir bet kurios kitos srities verslo įmonių, yra gauti kuo didesnę pelną. Tačiau krovinų transportavime negalima vadovautis tik šiuo rodikliu. Vienas iš pagrindinių tikslų įmonėms turėtų būti kaip reikiamu laiku, reikiamoje vietoje ir saugiai pristatyti krovinį.

Norint saugiai pritvirtinti krovinį, reikia išmanyti ne tik pagrindinius fizikos dėsnius, bet ir sugebėti juos pritaikyti praktiškai.

Straipsnyje analizuojami krovinų tvirtinimo būdai ir jų įtaka saugiam krovinio gabenimui.

2. Jėgos, veikiančios krovinį

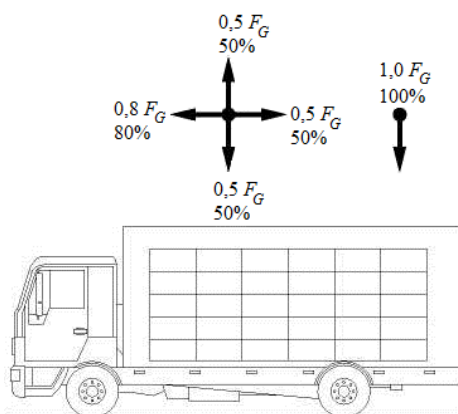
Šios jėgos, priklausomai nuo eismo sąlygų ir vilkiko vairuotojo reakcijos, gali veikti trimis kryptimis: priekinės smūgio jėgos dydis gali pasiekti 0,8 krovinio svorio jėgos. Jėgos veikiančios atgal ir į šonus, sudaro apie 0,5 krovinio svorio. Atsižvelgiant į tai, Vokietijoje parengtas ir nustatytas

VDI 2700, atitinkantis ES direktyvą EN 12195-1. Pagal šią direktyvą krovinio tvirtinimo jėga, nukreipta transporto priemonės judėjimo kryptimi, turi sudaryti 80% krovinio svorio F_G . Dėl jėgų, veikiančių į kėbulo galą bei šonus, krovinio tvirtinimo jėga šiomis kryptimis turi būti ne mažesnė kaip 50% jo svorio F_G [1].

Krovinys tvirtinamas taip, kad transporto priemonei judant, jis negalėtų atsilaisvinti veikiant šioms jėgoms (žr. 1 pav.).

Tvirtinant krovinį atsižvelgiama į stabdymo metu veikiančią trinties jėgą. Žinant įvairių medžiagų slydimo trinties koeficientą (žr. 1 lent.), galima apskaičiuoti krovinio tvirtinimą jėgą pagal supaprastintą formulę [2]:

$$F_v = \frac{f - \mu}{\mu} \frac{F_G}{2}; \quad (1)$$



1 pav. Jėgos, veikiančios krovinį [2]

1 lentelė

Įvairių medžiagų porų slydimo trinties koeficientai μ , naudojami apskaičiuoti krovinio tvirtinimą transporto priemonėje [2]

Transporto priemonės krovinio skyriaus grindys	Krovinys		
	Sausas	Šlapias	Tepaluotas
Medis/medis	0,20 ... 0,50	0,20 ... 0,25	0,05 ... 0,15
Metalas/medis	0,20 ... 0,50	0,20 ... 0,25	0,02 ... 0,10
Metalas/metalas	0,10 ... 0,25	0,10 ... 0,20	0,01 ... 0,10
Betonas/medis	0,30 ... 0,60	0,30 ... 0,50	0,10 ... 0,20

čia: f – tvirtinimo veiksnys (krovinio šonų ir galinės pusės tvirtinimo veiksnys 0,5, atitinkamai priekinės pusės – 0,8); μ – trinties koeficientas; F_G – krovinio svoris [2].

Skaičiavimo pavyzdys:

$F_G = 3000 \text{ daN}$; $f = 0,8$; $\mu = 0,2$; $F_v = 4500 \text{ daN}$ (be neslystančio demblio);

$F_G = 3000 \text{ daN}$; $f = 0,8$; $\mu = 0,6$; $F_v = 500 \text{ daN}$ (su neslystančiu dembliu).

3. Saugaus krovinio tvirtinimo problemos

Pagrindinis fizikos dėsnis, susijęs su krovinio sukeliama jėgų poveikiu aplinkai, yra judančio kūno savybė, neveikiant jokioms pasipriešinimo jėgoms, visą laiką judėti tiesia kryptimi vienodu greičiu.

Kitaip tariant, vienintelės aplinkybės, kai krovinio jėgos nedarytų jokio poveikio aplinkai (žinoma, išskyrus svorio poveikį), būtų vairavimas tiesia kryptimi vienodu greičiu.

Kuo labiau nukrypstama nuo šių aplinkybių, tuo stipriau krovinio jėgos veikia jo aplinką. Kelių transporto atveju daugiausia atsiranda horizontaliosios jėgos. Vien tik trinties jėgos retai kada pakanka slenkančiam nepritvirtintam kroviniai sustabdyti. Pavyzdžiui, staigiai stabdant, inercijos jėga, stumianti krovinį pirmyn transporto priemonės judėjimo kryptimi, gali būti nepaprastai didelė, beveik lygi krovinio masei (žr. 2 pav.). Tačiau transporto priemonė gali būti veikiamą daug didesnių jėgų, pavyzdžiui, patekus į eismo įvykį. Todėl darbe [3] išdėstyti saugaus krovinių tvirtinimo principai laikytini minimaliais reikalavimais.

Stabdant transporto priemonę, krovinys ir toliau juda pradine kryptimi. Kuo staigiau stabdoma, tuo stipresnis krovinio postūmis pirmyn (žr. 2 pav.).



2 pav. Staigiai stabdant, blogai pritvirtinti plieniniai vamzdžiai prakirto priekinį bortą ir vairuotojo kabiną [4]

4. Tvirtinimo būdai

Tvirtinimo būdai yra šie: blokavimas, blokavimas naudojant užpildą, blokavimas pakopomis ir skydais, krovinio sekcijos blokavimas tarp eilių, medinės lentjuostės, prikaltos prie pakrovimo platformos, pleištai ir pleištiniai pagrindai, rišimas, aprišimas, kilpinis rišimas, atotamos, žiedinis rišimas, tiesioginis rišimas, rišimo įranga, austinių rišalų komplektai, rišimas grandinėmis, rišimas vieliniais lynais, veržiklis, pririšti tinklai arba dangos, lynai, plieniniai stropai, tarpiniai blokavimo skydai, rakinimas, kombinuoti sutvirtinimo būdai, pagalbinė įranga [3].

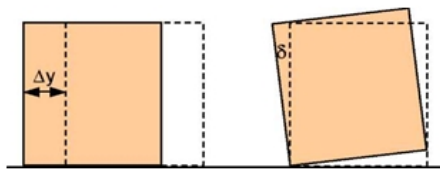
5. Krovinio judėjimas

Atsiradus inercinėms jėgoms, krovinys gali pasislinkti. Nustojus veikti inercijos jėgoms, jeigu jos nedidelės, gali sugrįžti į pradinę padėtį, o jeigu didelės krovinys gali deformuotis.

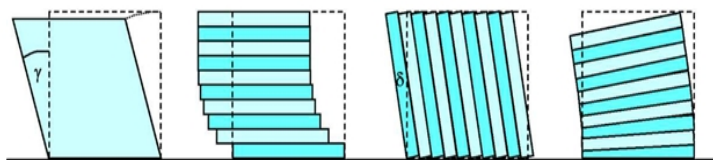
Ekstremalios situacijos kelių transporte nedažnas reiškinys. Nuo tokių reiškinių, kad krovinys išliktų stabilus, galima apsisaugoti iš anksto, pasirūpinus tinkamu tvirtinimu.

Lyginant kelių transportą su jūrų transportu, ekstremalios krovinio pervežimo sąlygo susijusios su audromis ir vandens stichijomis gali būti ilgalaikės. Dėl to inercinės jėgos išlieka ilgai ir gali įgauti nenusapėjimą kryptį. Prevencinių saugumo priemonių parinkimas daug sudėtingesnis.

3 paveikslėlyje pavaizduota kaip veikia nedidelė inercijos jėga gabenamą krovinį, o 4 paveikslėlyje vaizduojamas didelės inercijos jėgos veikimas (lankstaus krovinio) [4].



3 pav. Standžių krovinių judėjimo formos [4]



4 pav. Lanksčių krovinių judėjimo formos [4]

Dauguma mano, kad mažiau pavojingos yra išilginės jėgos nei skersinės, nes pastarosios krovinį gali pastumti už transporto priemonės gabaritų, tuo pačiu metu pakeisdamos svorio centrą.

Rekomendacijos į ką reikia atsižvelgti skaičiuojant krovinį veikiančias inercijos jėgas: tai leistinas nuokrypis/postūmis išilgai ir skersai atsižvelgiant į pakrovimo geometriją ir traukos tašką; leistinas nuokrypio kampas atsižvelgiant į dinaminę saugos priemonių apkrovą; bendras dinaminis saugos priemonių apkrovos viršijimas.

Krovinio vienetas, kurio matmenys: plotis 2,1 m, aukštis 2,5 m, tvirtinimas prie transporto priemonės skersai, įstrižai jungiančiais diržais prie viršutinių krovinio kampų. Krovinio geometrija: aukštis $X=1,0$ m; plotis $Y=2,3$ m; ilgis $Z=2,5$ m. Platformos ilgis $L=3,54$ m. Diržų LC įtempimo jėga $F_{LC}=25$ kN (2500 daN), o tempimo procentas $P=3,75\%$ pasiekus LC. Tvirtinimo diržo suspaudimo koeficientas apskaičiuojama taip [4]:

$$D = \frac{100 \Delta F}{P L}; \quad (2)$$

$$D = \frac{100 \cdot 25}{3,75 \cdot 3,54} = 188 \text{ kN/m};$$

$$\Delta L = \frac{\Delta F}{D}; \quad (3)$$

$$\Delta L = \frac{22,5}{188} = 0,12 \text{ m};$$

čia: D – diržo standumas tempiant; ΔL – ilgio pokytis; ΔF – jėgos pokytis.

Diržo pailgėjimas, kai jis įtemptas 2,5 kN (250 daN) jėga:

$$\Delta L_{diržo} = \Delta L \frac{L}{Y}; \quad (4)$$

$$\Delta L_{diržo} = 0,12 \cdot \frac{3,54}{2,3} = 0,18 \text{ m}. \quad (4)$$

Pagal skaičiavimus gauname, kad poslinkis į šoną yra 0,18 m – tai priimtina esant nedidelei inercijos jėgai. Krovinys neišsikiš už transporto priemonės gabaritų [4].

Išvados

Krovinį reikia pritvirtinti taip, kad jis negalėtų pasislinkti, apversti, judėti iš vietos į vietą dėl vibracijos, iškristi iš transporto priemonės arba ją apversti.

Reikia gerai apgalvoti, koks (kokie) tvirtinimo būdas (būdai) geriausiai tiktų pagal krovinio savybes bei transporto priemonės konstrukciją.

Kelionės metu, kai tik įmanoma, reikia periodiškai tikrinti krovinį, o ypač po to, kai vairuojant teko staigiai stabdyti ar atsidurti kitoje nestandartinėje situacijoje.

Važiuoti tinkamu pagal aplinkybes greičiu, kad būtų išvengta greitų posūkių ir staigaus stabdymo.

Atlikus tyrimą galima daryti išvadą, kad labai svarbu gabenant krovinius, įvertinti vežamų medžiagų slydimo trinties koeficientą, tvirtinant krovinį transporto priemonėje, tinkamai pasirinkti skaičiavimo metodus, kurie leistų teisingai įvertinti kaip krovinį veikia inercijos jėgos.

Literatūra

3. **Labžentis T.** Krovinių tvirtinimas: grėsmingos jėgos, kurių galima išvengti. Prieiga per internetą: < http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=1246 > [žiūrėta 2012-09-12].
4. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2008 m. vasario 21 d. įsakymu Nr. 3-56 (Žin., 2008, Nr. 24-876).
5. Europos geriausios praktikos gairės keliais vežamų krovinių saugiam tvirtinimui užtikrinti 2010. Prieiga per internetą: < http://ec.europa.eu/transport/road_safety/vehicles/doc/cargo_securing_guidelines_en.pdf > [žiūrėta 2012-11-12].
6. Ladungssicherung im Straßenverkehr – Wer kennt die Wahrheit? Prieiga per internetą: < http://www.tis-gdv.de/tis/lis/lis_im_strassenverkehr/kapitel3.html#_Toc291515536 > [žiūrėta 2012-12-05].



AUTOMOBILIO KURO SĄNAUDŲ SKAIČIAVIMO METODIKŲ TYRIMAS

R. Maskevičius, Ž. Bazaras

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: automobilio kuro normos, degalai, alternatyvus kuras, dyzelis, skaičiavimo metodika, kuro sąnaudos.

1. Įvadas

Dabartiniu metu, įsigyjant ar eksploatuojant jau turimą automobilį, vis labiau atkreipiamas dėmesys į vyraujančias pakankamai didelias kuro sąnaudų kainas. Degalų suvartojimas, pastaruoju metu yra vienas svarbiausių automobilių eksploatacinių rodiklių, kuris parodo automobilio ekonomiškumą ir mažesnius išlaidas kelionės metu [1].

Kuro sąnaudų skaičiavimo metodikos yra naudojamos ilgą laiką. Metodikos yra pareiktos atsižvelgiant į automobilio išvystomą greitį, nuo kelio išsidėstymo geometrijos, jo paviršiaus dangos ir kelio nusidėvėjimo būklės.

Tobulėjant automobilių techniniams parametrams, kuro sąnaudų skaičiavimo metodikos atsižvelgia į automobilį veikiančias važiavimo jėgas, kėbulo aptakumą.

Degalai sudaro apie 30% automobilio eksploatacinių išlaidų ir apie 20% vežimo savikainos. Autotransportas yra vienas iš didžiausių šaltinių į aplinką išmetančių kenksmingas medžiagas, nes suvartoja pakankamai didelius kiekius kuro, dėl blogos transporto priemonių techninės būklės, prastų eksploatavimo sąlygų [2].

Degalų sąnaudoms didelę įtaką turi žmogaus veiksnys – tai vairuotojo kvalifikacija. Vairuotojo mokėjimas įvertinti aplinkos sąlygas ir automobilio galimybes turi didelę reikšmę degalų sąnaudoms. Teigiama, kad aukšto meistriškumo vairuotojai sutaupo iki 30 % degalų [3].

Analizuojant automobilio degalų sąnaudas ir jų apskaičiavimo metodikas, turime įvertinti daug veiksnių: automobilio techninę būklę, kuri laikui bėgant prastėja, aplinkos sąlygas, kelio dangą ir infrastruktūrą.

Darbo tikslas – eksperimentiniu būdu išmatuoti realias pasirinkto automobilio Audi 80 avant kuro sąnaudas, išanalizuoti degalų sąnaudų skaičiavimo metodus ir palyginami su automobilio realiomis, tyrimo metu gautomis, kuro sąnaudomis.

2. Kuro skaičiavimo metodikos

Plačiausiai naudojamos kuro sąnaudų metodikos [4]:

- gravimetrinė;
- linijinė;
- lyginamoji;
- valandinė.

Gravimetrinėje metodikoje kuro kiekis išreiškiamas l/100 km [4]:

$$c = 100 \frac{M}{D S_g} \text{ l/100 km}; \quad (1)$$

čia: M – degalų sąnaudos, kg; D – kelias, nuvažiuotas bandymo metu, km; S_g – degalų tankis bandymo metu, kg/m³.

Linijinė kuro sąnaudų skaičiavimo metodika įvertina bazinę kuro normą ir normatyvinę kuro normą, kuro normos apskaičiuojamos atsižvelgiant į automobilio technines charakteristikas [5].

Kuro sąnaudas galima apskaičiuoti variklio lyginamosiomis ir valandinėmis kuro normomis, pagal vidaus degimo variklių parametrų skaičiavimo metodiką [6].

Valandinės degalų sąnaudos parodo, kiek degalų sunaudojama per laiko vienetą (kg/val.; l/val.; l/s). Specifinės (lyginamosios) degalų sąnaudos parodo, kiek degalų variklis sunaudoja darbo vienetui (kWh) atlikti [7].

3. Automobilio Audi 80 avant bazinės kuro normos apskaičiavimo metodas

Norint, įvertinti kiek pasirinktas automobilis suvartoja degalų, nežinant tikslių gamintojo pateiktų sąnaudų pirmiausia apskaičiuojama bazinė automobilio kuro norma.

Kadangi bandymų metu buvo naudojamas automobilis su turbodieseliniu varikliu, kuro sąnaudos apskaičiuotos taip [5]:

$$N_k = 6,6 (0,6 \dots 0,7) \sqrt{V_h}, \text{ l/100 km}; \quad (2)$$

čia: V_h – Audi automobilio variklio darbinis tūris (litražas).

Vidutinės dyzelinio variklio kuro sąnaudos bus $N_k = 5,9$ l/100 km.

Eksplotacijos metu, automobilį veikiančios klimatinės oro sąlygos ir supanti aplinka, papildomai įvertinama pataisos koeficientais [5]:

$$N_{k \text{ galutinis}} = N_k - N'_{15\%} + N''_{10\%} + N'''_{10\%}; \quad (3)$$

čia: $N'_{15\%}$ – pataisos koeficientas, įvertinantis geros būklės kelio dangą;
 $N''_{10\%}$ – pataisos koeficientas, įvertinantis gyventojų skaičių mieste, kuriame eksploatuojamas automobilis; $N'''_{10\%}$ – pataisos koeficientas, įvertinantis, automobilio eksploatavimą, skirtingais metų laikais.

Įvertinus pataisos koeficientus, bazinės Audi 80 avant kuro sąnaudų norma bus $N_{k\ galutinis} = 6,0$ l/100 km.

4. Automobilio Audi 80 avant normatyvinis kuro apskaičiavimo metodas

Kuro normų nustatymo pataisos koeficientai [5]:

1. Kuro norma didinama:

- 20%, kai važiuojama žiemą, užpustytais keliais;
- 10%, kai važiuojama mieste.

2. Kuro norma mažinama 15%, kai važiuojama užmiestyje geros kokybės keliais.

Normatyvinės kuro sąnaudos:

$$Q_n = 0,01 N_k S (1 + 0,01 K), \text{ litrai;} \quad (4)$$

čia: N_k – kontrolinė (bazinė) degalų sąnaudų norma, l/100 km; S – automobilio rida, km; K – pataisos koeficientas (priedų ir mažinimų suma, %).

Kuro sąnaudos vasarą, kai imama $K = 5$, bus apie 6,2 l/100 km, o žiemą, kai imama $K = 20$, – apie 7,1 l/100 km.

5. Automobilio Audi 80 avant 1.9 TDi realios kuro sąnaudos

Automobilio kuro sąnaudų tyrimas buvo atliekamas važiuojant mieste ir užmiestyje. Atliekant tyrimą mieste buvo važiuojama vidutiniu 50 km/h greičiu. Užmiestyje kuro sąnaudos buvo nustatytos važiuojant greitkelio A2 (Panevėžys – Vilnius) 90 km/h ir 120 km/h greičiais.

Važiuojant mieste, kuro sąnaudos buvo 6,62 l/100 km. Važiuojant užmiestyje 90 km/h greičiu automobilis suvartojo 4,39 l/100 km, o važiuojant 120 km/h greičiu – 5,93 l/100 km.

Prieš automobilio kuro sąnaudų tyrimą, buvo atlikti tokie darbai:

1. Pakeista variklio alyva KROON OIL 10W40.
2. Pakeistas oro ir kuro filtras.

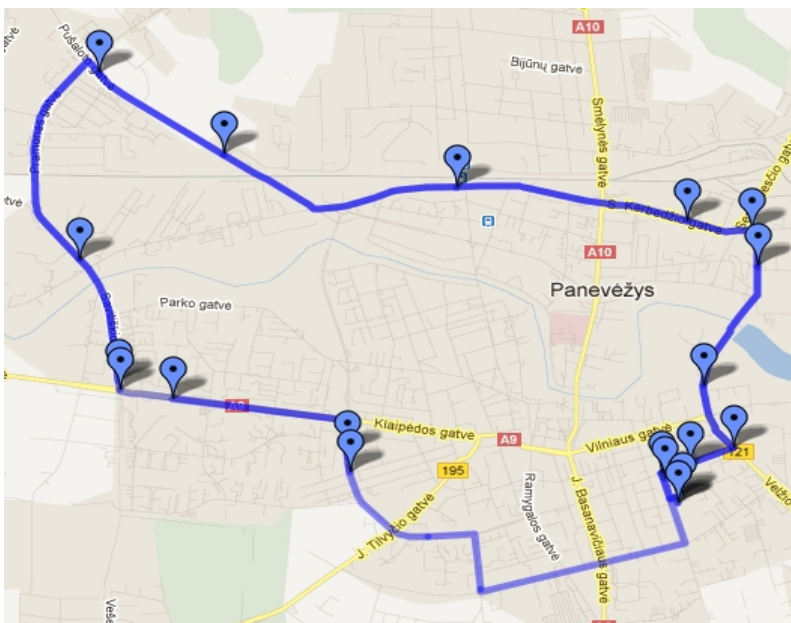
Tyrimo metu automobilis buvo su 195/65 R15 profilio padangomis, pagamintomis 2011 metais. Protektoriaus gylis 6,5 mm, oro slėgis padangose 2.4 bar.

Kadangi automobilis pagamintas 1993 m. ir neturi nei kuro stebėjimo sistemos nei borto kompiuterio, tai kuro sąnaudos buvo nustatomos taip:

- pilnai pripildomas kuro bakas;

- pravažiuojamas tyrimo maršrutas;
- vėl pilnai užpildomas kuro bakas;
- remiantis degalinės kuro skaitiklio duomenimis buvo nustatomas sunaudoto kuro kiekis, o remiantis automobilio odometro parodymu – nuvažiuotas atstumas.

Tiriant automobilio kuro sąnaudas mieste, buvo važiuojama šiomis gatvėmis (žr. 1 pav.): Žemaičių, Staniūnų, Aukštaičių, Velžio kelias, J. Biliūno, Elektronikos, Tinklų, S. Kerbedžio, Pušaloto, Pramonės, Savitiškio, Klaipėdos, Nemuno, Pilėnų ir Beržų. Toks maršrutas buvo pasirinktas tam, kad įvertinti automobilio kuro sąnaudų priklausomybę nuo skirtingo eismo intensyvumo kelyje, kelio dangos būklės.



1. pav. Kuro sąnaudų monitoringo maršrutas

Tyrimas buvo atliekamas 7 val. ir 17 val. Toks laikas pasirinktas tam, kad įvertinti skirtingas eismo sąlygas gatvėse, kai automobilių skaičius minimalus, dauguma šviesoforų išjungta ir priešingai, kai automobilių skaičius būna didžiausias.

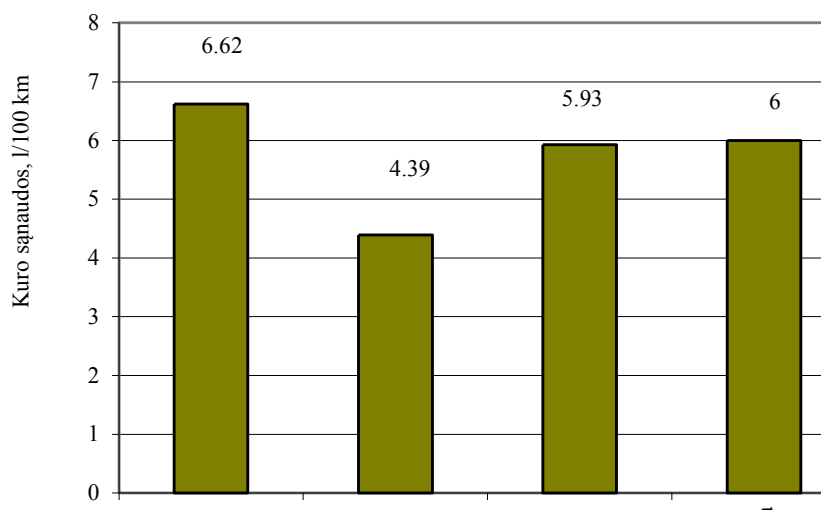
Nustatytos automobilio Audi 80 avant kuro sąnaudos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Audi 80 avant realios kuro sąnaudos

Eil. Nr.	Važiavimo režimas	Kuro sąnaudos, l/100 km	Vidutinės kuro sąnaudos, l/100 km
1.	Važiuojant mieste vidutiniu 50 km/h greičiu	6,62	5,62
2.	Važiuojant pastoviu 90 km/h greičiu	4,39	
3.	Važiuojant pastoviu 120 km/h greičiu	5,93	

Teoriškai apskaičiuotų (pagal 3, 4 formules) ir realiai išmatuotų automobilio Audi 80 avant kuro sąnaudų palyginimas pateiktas 2 pav.



2 pav. Išmatuotų kuro sąnaudų palyginimas su apskaičiuotomis

6. Išvados

Apskaičiuotos kuro sąnaudos, pagal kuro skaičiavimo metodus, skiriasi nuo realių kuro sąnaudų. Skirtumas yra nuo 3,3% iki 38,2% nes:

1. Kuro skaičiavimo metodikos, kol kas nėra visiškai tikslios ir pritaikytos tiksliai apskaičiuoti konkretaus pasirinkto važiavimo režimo kuro sąnaudas.
2. Rezultatų skirtumams turėjo įtakos automobilio amžius ir jo eksploatacinis nusidėvėjimas, kaip pavyzdžiui kompresijos pokytis variklyje arba kuro purkšukų nusidėvėjimas.

3. Bandymų metu buvo naudojami papildomi elektrą naudojančios šaltiniai, kurie padidina variklio generatoriaus darbą. Tokiu būdu padidėjęs automobilio apkrovimas papildomai naudoja dalį sunaudojamo kuro.
4. Taipogi kuro sąnaudų rezultatai skiriasi, dėl vairuotojo faktoriaus. Pavyzdžiui, važiavimas netinkama pavarą. Tyrimą atliekant automobiliu su automatinė pavarų dėže galima sumažinti vairuotojo faktoriaus įtaką kuro sąnaudoms.

Literatūra

1. Alternatyvieji degalai vidaus degimo varikliuose. Prieiga per internetą: < <http://ausis.gf.vu.lt/mg/nr/2000/09/09deg.html> > [žiūrėta:2012-11-19].
2. Automobilių sandara ir priežiūra. Prieiga per internetą: < http://www.lka.lt/EasyAdmin/sys/files/Automobiliu_sandaraCS3.pdf > [žiūrėta: 2012-11-22].
3. Delfi auto. Prieiga per internetą: < <http://auto.delfi.lt/advice/11-kuro-taupymo-receptu.d?id=23508237> > [žiūrėta:2012-11-24].
4. **Mickūnaitis V., Pikūnas A.** Automobilių degalų sąnaudų nustatymo ir normavimo metodikos. Vilnius: technika 2005. - 38 p. ISBN 9986058570.
5. LR susisiekimo ministerija. Automobilių kuro normų nustatymo metodika. – Vilnius, 1995. – 42 p.
6. **Jurkauskas A.** Transporto priemonių varikliai. – Kaunas: Technologija, 1994. – 162 p.
7. Degalų sąnaudos. Prieiga per internetą: < http://www.manoukis.lt/print_forms/print_st_z.php?s=472&z=24 > [žiūrėta: 2012-11-18].



TRANSPORTO PRIEMONIŲ KELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS NAMUOSE-EKRANUOSE PANEVĖŽIO MIESTE

S. Gedrimas, Ž. Bazaras

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: triukšmas, transporto priemonės, tyrimas, triukšmo žemėlapis, priemonės mažinančios triukšmą.

1. Įvadas

Mechanizavus pramonės ir žemės ūkio gamybą, didėjant transporto srautams miestuose ir gyvenvietėse, modernėjant buitinei technikai, sparčiai didėja ir triukšmas. Ypač tai jaučia pramonės įmonių darbuotojai, transporto priemonių vairuotojai ir jų keleiviai, pralaidžių triukšmui daugiabučių namų gyventojai, restoranų, kavinių, jaunimo pasilinksminimo vietų lankytojai. Daugumoje miestų ir gyvenviečių triukšmas pagrįstai yra laikomas viena svarbiausia ekologine problema. Triukšmas trukdo darbui, poilsiui, neigiamai veikia žmonių sveikatą [1].

Panevėžio miestas nėra išimtis kitiems Lietuvos, pasaulio miestams, jame kasmet vis daugėja transporto priemonių, kurios sukelia triukšmą. Bandant apsaugoti didesnes gyventojų susitelkimo vietas, miesto kvartalus, nuo gatvių triukšmo buvo sugalvota pastatyti namus-ekranus, kurie uždengtų, būtų kliūtis garsui skliti toliau nuo gatvės į gyventojų butus. Bet namuose-ekranuose taip pat gyvena žmonės, kurie patiria nuolatinį transporto priemonių keliamą triukšmą nuo miesto magistralinių gatvių. Taigi, šiuo tyrimu bus bandoma sužinoti kokį triukšmo lygis yra namuose-ekranuose, stovinčiuose šalia magistralinių gatvių, kaip jis kinta atskiruose namo aukštuose ir kokiomis priemonėmis būtų galima mažinti neigiamą poveikį.

2. Triukšmo reikšmė žmogaus savijautai

Triukšmu vadiname netvarkingą, įvairaus stiprumo ir dažnio garso bangų mišinį, neįprastą žmogaus klausai, sukeliantį nemalonius pojūčius. Natūralus gamtinis triukšmas – jūros ošimas, upelio čiurlenimas, medžių šlamėjimas, paukščių čiulbėjimas pasižymi visai kitokiomis akustinėmis charakteristikomis, jis nesukelia jokių neigiamų emocijų bei pasekmių

sveikatai. Priešingai, natūralus gamtinis triukšmas veikia žmogų raminančiai, gerina jo nuotaiką, praturtina emocinę sferą.

Klausos nuovargis – tai laikinas klausos jautrumo sumažėjimas, kuris išsivysto ilgesnį laiką (kelias valandas ar dienas) veikiant intensyviai triukšmui. Gerai pailsėjęs tyloje, paprastai, klausos nuovargis praeina ir klausa atsistato. Jeigu perdirginimas ir nuovargis nuo per didelio triukšmo dažnai kartojasi, klausa palaipsniui silpnėja ir vystosi įvairaus laipsnio kurtumas.

Vystantis kurtumui pradžioje klausa susilpnėja tik aukštų dažnių (virš 4000 Hz) garsams, todėl pats žmogus to nejaučia. Jis neblogai dar girdi kalbą, radijo, televizijos sklaidžiamus garsus, nes jie yra žemų ir vidutinių dažnių (vidutiniškai 200 ... 4000 Hz) diapazone.

Triukšmo, pagal jo intensyvumą, poveikis organizmui yra toks: I laipsnis (40 ... 50 dB) – atsiranda psichinės reakcijos, II laipsnis (60 ... 80 dB) – atsiranda vegetacinės nervų sistemos pakitimų, III laipsnis (90 ... 110 dB) – išsivysto klausos netektis, IV laipsnis (daugiau negu 120 dB) – išsivysto klausos organo pakenkimas. Miesto ir buitinio triukšmo lygis apima nuo 40 iki 100 dB, tai toks triukšmo lygis, kuriam būdingos visos organizmo pakitimų stadijos.

Triukšmo žala sveikatai neapsiriboja tik klausos pažeidimais. Ilgai veikiant intensyviai triukšmui, vystosi centrinės ir vegetacinės nervų sistemos funkciniai sutrikimai. Net, palyginti, nestiprus 60-70 decibelų triukšmas sukelia galvos skausmus, svaigimą, cypimą ausyse, nemigą, pablogėja atmintis, dėmesys, orientacija. Jo įtakoje 10-25 % sumažėja fizinis ir protinis darbingumas, pablogėja žmogaus klausos ir regos sensomotorinių reakcijų greitis, vibracinis jautrumas, judesių koordinacija, didėja gamybinių traumų rizika [2].

3. Triukšmas Panevėžio mieste

Pagrindinė strateginio triukšmo kartografavimo ir poveikio duomenų sudarymo užduotis yra gauti triukšmo lygio dydžius skaitine išraiška (ypač susijusius su šaltiniu ir geografiniais). Kai kuriais atvejais gali būti sudėtinga gauti tikslius dydžius, tada naudojamos modeliavimo metodais [3].

Panevėžio triukšmo žemėlapi (žr. 1 pav.) parengė Vilniaus Gedimino technikos universiteto darbuotojai doc. E. Petraitis ir doc. M. Pranskevičius triukšmingiausiomis paskelbė keturias gatves centrinėje miesto dalyje. Dieną ausis užsikimšti vertėtų ties dviejų judriausių gatvių – Nemuno ir Klaipėdos – sankirta. Žemėlapiu sudarytojų atlikti matavimai parodė, kad prie šios sankryžos leistinas triukšmo lygis dieną gali būti viršijamas netgi 7 decibelais.

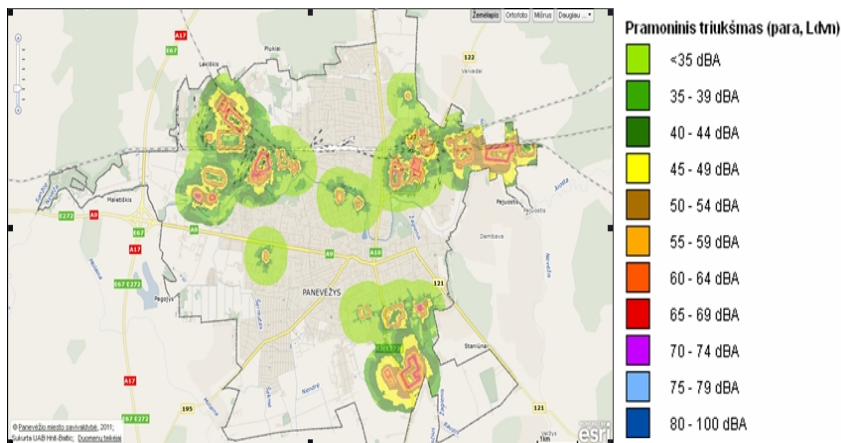
Gerokai padidintą Nemuno gatvės triukšmo lygį lemia dvi priežastys – didelis lengvųjų automobilių srautas ir nemaža dalis krovininio transporto.

Kai kuriose Nemuno g. ruožuose naktį triukšmo lygis normą viršija 4 decibelais. Į triukšmingiausių gyvenamųjų zonų sąrašą patenka ir J. Biliūno

bei S. Kerbedžio gatvės. Nors jomis mažiau važiuoja lengvųjų automobilių, tačiau triukšmą sukelia didesnis krovinio transporto srautas. J. Biliūno gatvėje sunkvežimių keliamas triukšmas siekia 69 decibelus, tačiau garsai dar nėra tokie įkyrūs, mat automobiliai ja važiuoja su pertraukomis. Triukšmą prie J. Biliūno g. ypač sumažina telkšančios marios. Miestą perpus dalijančioje arterinėje Smėlynės g. triukšmo lygis užfiksuotas net iki 73 decibelų. Pasislėpti nuo varginamo miesto gausmo panevėžiečiai miesto centre turi dvi vietas – Skaistakalnio parką, kuriame triukšmo lygis siekia tik 30 decibelų, ir Senvagę, joje užfiksuotas 32 decibelų lygis.

Didžiausi garsai ausis atakuoja pramoninėje miesto dalyje. J. Janonio gatvėje, kur įmonių apsupty įsikūrę keletas daugiabučių gyvenamųjų namų, triukšmo lygis nuolatos viršijamas mažiausiai 4 decibelais. Pramonės g. kai kurių įmonių teritorijose maksimalus triukšmo lygis dieną ir naktį viršijamas net 6–10 decibelų. Triukšmo sklaida pasižymi ir Tinklų gatvėje įkurtos įmonės. Čia garsų skleidžiamas gausmas didesnis 4 decibelais nei leidžia higienos normos.

VG TU darbuotojai doc. dr. E. Petraitis ir doc. M. Pranskevičius Panevėžio strateginį triukšmo žemėlapi rengė trejus metus. Skirtingos triukšmo zonos žemėlapiuose vaizduojamos spalvomis – nuo tyliausių šviesiai žalių (mažiau nei 35 decibelų) iki triukšmingiausių (per 80 decibelų) tamsiai mėlynų. Aukštaitijos sostinės žemėlapyje daugiausia tamsiai žalios spalvos, žyminčios 40–44 decibelų zonas. Arterinės miesto gatvės nuspalvintos oranžine ir raudona spalvomis, vadinasi, jose vyrauja nuo 55 iki 69 decibelų triukšmas [4].



1 pav. Panevėžio triukšmo žemėlapis [5]

4. Tyrimo aprašymas

Šiam tyrimui buvo pasirinkti trys gyvenamieji daugiabučiai namai esantys šalia magistralinių gatvių Panevėžyje. Jų adresai: Klaipėdos g. 85 (9 aukštų); Kniaudiškių g. 17 (9 aukštų); Nemuno g. 19 (5 aukštų).

Visi šie namai priklauso namas-ekranas tipui. Jie yra barjerai garsui nuo gatvės sklisti toliau, o juose esantys butai projektuoti taip, jog poilsio patalpos, jų langai, būtų nukreipti į priešingą pusę nuo gatvės. Tyrimas vyko dviem etapais. Buvo bandoma iširti, ar medžiai pasodinti šalia gyvenamųjų namų turi įtaką garso slopinimui pirmiesiems aukštams, ir jei turi, tai koks tai dydis. Taigi garso lygis buvo matuojamas du kart, pirmoji matavimų sesija vyko 2012 rugsėjo trečiąją savaitę, kai medžiai buvo dar su lapais, o antroji sesija vyko tą pačių metų lapkričio trečiąją savaitę, kai medžiai buvo jau pliki, ir dalis transporto priemonių buvo pradėtos eksploatuoti su žieminėmis dygliuotosiomis padangomis.

Kiekvienos sesijos metu, tiriamuose namuose triukšmo lygio matavimas vyko keturis kartus. Garso matavimui buvo pasirinkta rytinis pikas, t.y. 7:30 – 8:30 valandomis; dienos metas 12:00 –14:00 valandomis; vakarinis pikas 16:30 – 18:00 valandomis; ramybės metas 22:30 –23:30 valandomis. Triukšmo lygis buvo matuojamas kiekviename aukšte, buvo stengtasi sužinoti koks garso lygis pasiekia butų langus. Triukšmomatis buvo įjungiamas 1 – 2 minučių intervalui ir stebimas mažiausias garso lygis, vidutis garso lygis ir didžiausias garso lygis, taip pat buvo pasižymėta išsiskiriančių iš transporto srauto transporto priemonių sukeltas momentinis garso lygis, t.y. sportinio automobilio pravažiavimas, ar spec. transporto sukeltas triukšmas.

Tyrimui atlikti buvo naudojamas firmos *SWANTEK* triukšmomatis *SWAN 958*.

4. Tyrimo rezultatai

Tyrimo rezultatai pateikiami (žr. 1; 2; 3 lenteles) apibendrintai. Buvo suskaičiuotas vidurkis visų aukštų, kuriuose vyko garso matavimas. Iš rezultatų matyti, jog triukšmo lygis lapkričio mėnesį yra padidėjęs, tam įtakos turėjo, jog medžiai augę šalia gyvenamųjų namų buvo numetę savo lapus, taip pat įsigaliojo taisyklė važinėti žieminėmis padangomis, dalis iš jų spygliuotosios.

Pastebėta, jog lapkričio mėnesį bendras triukšmo lygio padidėjimas yra 2 ... 4 dBA, lyginant su rugsėjo mėnesio duomenimis. Taip pat pastebėta, Klaipėdos g. 85 name triukšmo lygis mažesnis 1 – 3 aukšte, dėl šalia namo esančių garažų. Labai didelių triukšmo lygio pasikeitimų nuo aukščio nepastebėta, nebent paskutiniuose dviejuose daugiabučių aukštuose, tai būtų 8 ir 9 aukštas yra šioks toks garso lygio sumažėjimas 1 ... 2 dBA. Išskirtiniais

1 lentelė

Triukšmo lygio matavimo rezultatai Klaipėdos g. 85 name

Minimalus, dBA	Vidutinis, dBA	Maksimalus, dBA	Laikas	Matavimo sesija
71,8	77,4	84,6	07:40 – 07:55	I
68,5	74,2	83,3	14:00 – 14:20	
67,4	72,5	78,2	16:30 – 16:50	
58,9	64,5	71,4	22:35 – 22:50	
71,2	75,9	82,4	07:40 – 08:00	II
70,5	74,3	79,3	13:00 – 13:25	
70,6	74,8	81,3	16:50 – 17:20	
59,9	68,4	74,0	22:30 – 22:50	

2 lentelė

Triukšmo lygio matavimo rezultatai Kniaudiškių g. 17 name

Minimalus, dBA	Vidutinis, dBA	Maksimalus, dBA	Laikas	Matavimo sesija
65,7	71,1	78,8	08:10 – 08:25	I
64,4	70,2	78,4	14:30 – 14:45	
67,5	71,6	78,5	17:00 – 17:15	
55,8	59,8	71,1	22:50 – 23:10	
66,4	72,8	78,2	08:05 – 08:20	II
67,5	73,4	81,5	12:30 – 12:50	
70,6	73,8	80,3	17:20 – 17:40	
60,8	66,9	74,4	23:00 – 23:20	

3 lentelė

Triukšmo lygio matavimo rezultatai Nemuno g. 19 name

Minimalus, dBA	Vidutinis, dBA	Maksimalus, dBA	Laikas	Matavimo sesija
72,7	76,8	82,5	07:40 – 08:00	I
74,7	77,2	83,1	15:50 – 16:05	
69,9	75,7	81,0	17:35 – 17:50	
55,5	61,4	75,1	23:30 – 23:45	
74,1	78,2	84,3	07:45 – 08:00	II
72,2	75,9	83,9	14:00 – 14:30	
76,8	78,6	83,6	16:15 – 16:45	
57,3	63,7	74,3	23:15 – 23:35	

atvejais, kai pravažiuodavo sportinis automobilis ar kita neįprasta transporto priemonė triukšmo lygis momentais pakildavo iki 96 dBA.

5. Priemonės, kurios sumažina triukšmo lygį

Triukšmo mažinimo priemonių spektras yra labai platus. Pradedant nuo to, kad bandoma izoliuoti triukšmo šaltinius, transporto priemones gaminant jas su mažiau triukšmo keliamomis detalėmis, ir baigiant tuo, jog yra siekiama apsaugoti konkrečiai triukšmo gavėją. Trumpai aptarkime populiariausias triukšmo mažinimo priemones:

- tinkama kelio danga, prižiūrėtas asfaltas;
- kelio skersinis profilis, iškasa, sankasa;
- naujos padangos;
- tiesiami tuneliai;
- želdiniai;
- triukšmo užtvartos;
- eismo valdymas;
- architektūrinės priemonės;
- statybinė akustika.

Mažiausiai investicijų reikalaujančios triukšmo mažinimo priemonės, kurias miestų savivaldybės galėtų taikyti gyventojų apsaugai nuo neigiamo triukšmo poveikio, išskirtumėme miesto želdinius ir eismo kontrolės valdymą.

Triukšmo, sklindančio pro želdinius, sumažėjimas priklauso nuo želdinių pobūdžio, medžių rūšies, metų laiko ir nuo veikiančio triukšmo spektro. Kadangi užstatytose teritorijose nėra galimybių pasodinti plačių želdinių juostų, geriausiai naudoti želdinių juostą, kurioje medžiai susodinti keliomis eilėmis. Toks apželdinimo būdas triukšmą sumažins daugiau, negu tuo atveju, kai medžiai susodinti viena eile, su labai mažais tarpais. Taip yra todėl, kad želdinių juosta keliomis eilėmis ne tik išsklaido ir sugeria garsą, bet ir garso bangos papildomai atspindimos nuo lapų. Želdiniuose reikia sodinti ir lapuočius ir spygliuočius, kad būtų galima išgauti norimą rezultatą, nes žiemos metu, kai lapuočiai numeta lapus, jie praranda slopinimo efektyvumą, tad spygliuočiai tai iš dalies kompensuoja [6].

Eismo valdymo priemonių spektras, kurį galėtų taikyti miestų savivaldybės, mažinant triukšmo lygį, kurį sukelia transporto priemonės, yra platus. Miestą tranzitu pravažiuojantį sunkiasvorį transportą kelio ženklais nukreipti tomis miesto gatvėmis, kuriose, gyvena mažiausiai gyventojų, taip pat riboti aptarnaujančio transporto eismą mieste poilsio dienomis ir ramybės valandomis. Magistralinėse gatvėse riboti greitį tose vietose, kuriose yra pakankamai didelis gyventojų kiekis. Drausti vairuotojams stovėti gyvenamųjų namų kiemuose su veikiančiais varikliais. Sureguliuoti šviesoforus, taip kad miestuose atsirastų eismo „žaliosios bangos“.

Triukšmą mažinančių priemonių skaičius yra tikrai labai platus, vienas priemonės įdiegti reikalinga tikrai didelės investicijos iš savivaldybių, vyriausybės biudžetų, bet ir patys gyventojai turi būti aktyvūs, kovojant su triukšmu, apsaugant savo gyvenamąsias patalpas papildomais garso barjeriais. Statant ar remontuojant namus, butus reiktų naudoti tokius inžinerinius, architektūrinius, interjero sprendimus ir tokias statybines medžiagas, kuriais būtų galima pasiekti maksimalų rezultatą kovojant su neigiamų garso poveikiu. Namų fasadus papildomai padengiant stiklu, įstiklinant balkonus.

4. Išvados

1. Triukšmo lygio vidurkio dydis, kuris veikia tyrime tirtus namus, yra nuo 55,5 dBA iki 84,6 dBA. Triukšmingiausias paros laikas yra pikas.
2. Medžiams numetus lapus triukšmo lygis veikiantis gyvenamuosius namus, padidėjo 2 ... 4 dBA.

Literatūra

1. Lietuvos respublikos sveikatos apsaugos ministerija. Prieiga per internetą: < <http://sena.sam.lt/lt/main/news?id=289829> > [žiūrėta 2012-11-08].
2. Laisvoji enciklopedija Vikipedija. Prieiga per internetą: < http://lt.wikipedia.org/wiki/Triuk%C5%A1mo_tar%C5%A1a > [žiūrėta 2012-11-15].
3. **Mačiūnas E., Zurlytė I., Uscila V.** Strateginis triukšmo kartografinimas ir su triukšmo poveikiu susijusių duomenų gavimas. Geros praktikos vadovas. – Vilnius: Valstybinis aplinkos sveikatos centras, 2007. – 135 p.
4. Inga Kontrimavičiūtė. **Ausims mieliausios žaliosios zonos. Panevėžio dienraštis „Sekundė“.** Prieiga per internetą: < <http://www.sekunde.lt/sveikata/ausims-mieliausios-zaliosios-zonos/> > [žiūrėta 2012-10-09].
5. Panevėžio miesto savivaldybė. Prieiga per internetą: < <http://www.panevezys.lt/lt/veikla/veiklos-sritys/ekologijos-skyrius/aplinkos-apsauga-266/triuksmo-zemelapis.html> > [žiūrėta 2012-11 03].
6. **Strauskis V. J.** Statybinė akustika. – Vilnius: Technika, 2007. – 266 p.



VIDURINIO SLUOKSNIO ĮTAKOS GELŽBETONINIŲ SIJŲ STIPRUMUI TYRIMO METODIKA

V. Augustinas, J. Bareišis

Kauno technologijos universitetas Panevėžio Institutas

Raktiniai žodžiai: sija, gelžbetonis, stiprumas, trisluoksnis elementas.

1. Įvadas

Dauguma šiuolaikinių konstrukcinių medžiagų sudaro kompozitai, kurie gaminiui suteikia tam tikrą savybių derinį [1, 2]. Visais atvejais tai skirtingų medžiagų sistema, kurios kiekvienas komponentas gaminyje turi tam tikrą paskirtį. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozicijoje yra tolygus sukūrimui naujos medžiagos, kurios savybės kiekybiškai ir kokybiškai skiriasi nuo ją sudarančių komponentų savybių.

Statybos inžinerijoje dažniausiai pasitaikančios sluoksniuotosios konstrukcijos yra trisluoksniai elementai, su stiprumą užtikrinančiais išoriniais sluoksniais ir lengvu, geras termoizoliacines savybes užtikrinančiu, viduriniu sluoksniu [1]. Tokio skerspjūvio elementai gali būti naudojami kaip denginiai, perdangos ir kitos statinio dalys. Trisluoksnės konstrukcijos dažniausiai projektuojamos su santykinai lengvu ir silpnu viduriniu sluoksniu, kuris atlieka ne tik termoizoliacinę funkciją, bet ir palengvina statybinį elementą. Palyginus su išoriniais sluoksniais, viduriniajame sluoksnyje naudojamos medžiagos gali būti kelis ar keliolika kartų mažesnio stiprumo (akmens vata, putų polistirenas ar keramzitas) [1].

Trisluoksnių elementų išoriniams sluoksniams paprastai naudojamas 1400 ... 2000 kg/m³ tankio betonas, o viduriniajam sluoksniui – apie 400 kg/m³ lengvasis betonas, pavyzdžiui, keramzitbartonis ar pan. [3, 4]. Išorinių sluoksnių storis gali būti 3 ... 10 cm ir daugiausiai priklauso nuo minimalių išilginės armatūros išdėstymo bei apsauginio betono sluoksnio reikalavimų. Viduriniojo sluoksnio storis daugiausiai priklauso nuo reikalingo konstrukcijos šilumos laidumo ir įtempių, kuriuos jis perimtų kartu su išoriniais sluoksniais [1].

Lenkiamuose sluoksniuotuose elementuose susidaro labai sudėtingas įtempių ir deformacijų būvis, kurį matematiškai tiksliai aprašyti yra pakankamai sunku. Dėl skirtingų normalinių įtempių vienuose lenkiamo sluoksniuotojo elemento sluoksniuose plyšiai gali atsirasti, o kituose ne. Dėl

sudėtingo įtempių ir deformacijų būvio lenkiamųjų sluoksniuotųjų gelžbetoninių elementų skaičiavimui negalima tiesiogiai pritaikyti klasikinės gelžbetonio teorijos. Praktiniam sluoksniuotųjų konstrukcijų skaičiavimui dažniausiai yra daromos prielaidos, kurios bent dalinai leidžia panaudoti klasikinę gelžbetonio teoriją [3, 4]. Skaičiuojant sluoksniuotųjų konstrukcijų su standžiais ryšiais tarp sluoksnių stiprumą ir pleišetumą normaliniame pjūvyje, dauguma autorių [1, 2] daro beveik vienodas prielaidas:

- galioja plokščių pjūvių hipotezė, t.y. deformacijų pasiskirstymo pagal skerspjūvio aukštį priklausomybė yra tiesialinijinė;
- pjūviai pagal aukštį nesusispaudžia;
- gniuždoma zona deformuojama tampriai ;
- tempiamuose sluoksniuose pasireiškia plastinės deformacijos;
- viduriniuose sluoksniuose įtempimų epiūra gali būti įvairių formų;
- kontaktas tarp sluoksnių yra standus.

Darbo tikslas – apžvelgti daugiasluoksnių konstrukcinių elementų (DKE) stiprumo bei standumo skaičiavimo metodiką ir jos taikymo galimybes trisluoksnių gelžbetoninių sijų su lengvu ir silpnu viduriniu sluoksniu stiprumo ir standumo skaičiavimams.

2. Tyrimo objektas

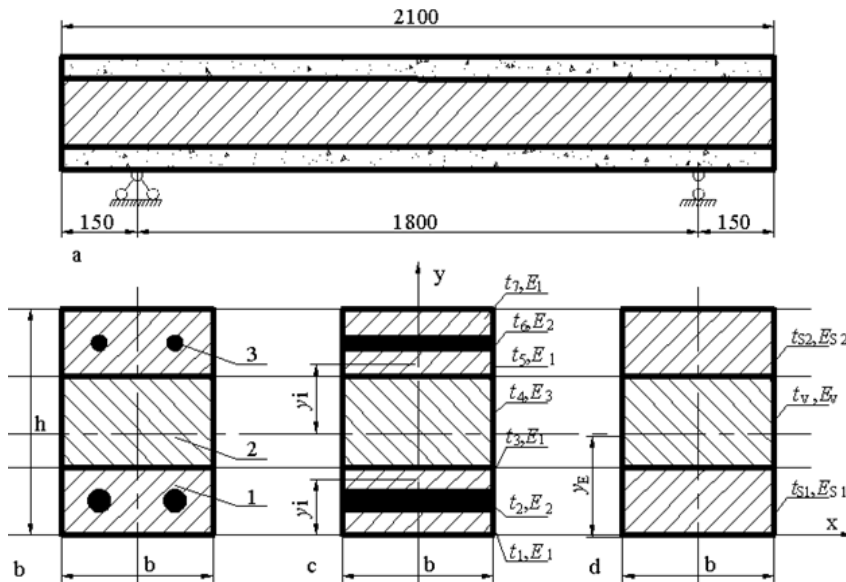
Dabartiniu metu gelžbetoninių sijų skaičiavimams yra taikomos įvairios metodikos, viena iš jų yra DKE (daugiasluoksniai konstrukciniai elementai) [2].

1 lentelė

Siją sudarančių medžiagų fizikinės mechaninės charakteristikos

Eil. Nr.	Medžiaga	Tamprumo modulis E , MPa	Stipris, MPa
1.	Betonas	31000	25 ... 31
2.	Plienas (armatūra)	200000	200 ... 300
3.	Putbetonis	350	2
4.	Keramzitbetonis	2140	2,4
5.	Dujų silikatas	480	2,5

Šiame tyrime bus nagrinėjama gelžbetoninė sija, kurios vidurinysis sluoksnis pagamintas naudojant lengvojo betono medžiagas (putbetonį, keramzitbetonį ir dujų silikatą). Gauti rezultatai bus lyginami su eksperimentiniais. Siją sudarančių medžiagų mechaninės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje, o jos geometriniai parametrai matyti 1 pav.



1 pav. Gelžbetoninė sija: a – sijos išilginis pjūvis; b – sijos skerspjūvis (armatūra Ø14 ir Ø10, $b = 100$ mm, $h = 200$ mm, vidurinio sluoksnio storis $t_4 = 120$ mm c,d – redukuoti skerspjūviai į sluoksniuotų konstrukcijų skerspjūvius)

3. Tyrimo metodika

Taikant daugiasluoksnių konstrukcinių elementų skaičiavimo metodiką [2], sijos skerspjūvis (1 pav., b) keičiamas į septynių sluoksnių skerspjūvį (1 pav., c). Išoriniai gelžbetoninės sijos sluoksniai 1, 3 (1 pav., b) keičiami į betono sluoksnius, kurių storiai t_1, t_3, t_5, t_7 yra skirtingi, o tamprumo moduliai lygūs $E_1 = E_3 = E_5 = E_7$. Armatūra, keičiama į sluoksnius, kurių storiai yra t_2 ir t_6 ir jų tamprumo modulis $E_2 = E_6$. Vidurinio sluoksnio parametrai išlieka tokie patys (E_4 ir t_4). Standumo centro padėtis priklauso nuo naudojamų medžiagų tamprumo modulių reikšmių bei konstrukcijos geometrijos ir yra apskaičiuojama iš lygybės [5]:

$$y_E = \frac{S_{XE}}{B} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i E_i y_i}{\sum_{i=1}^n t_i E_i}; \quad (1)$$

čia $n = 7$ – sluoksnių skaičius; y_i – i -ojo sluoksnio geometrinio centro atstumai iki x -ų ašies (žr. 1 pav., c); E_i – sluoksnius sudarančių medžiagų tamprumo moduliai; t_i – sluoksnių storiai.

Kadangi išoriniai sijos sluoksniai 1, 3 viso tyrimo metu išlieka nekintami, patogu žinoti šių sluoksnių ekvivalentinius tamprumo modulius, kurie apskaičiuojami pagal šias išraiškas [5]:

$$E_{S1} = E_1 \frac{I_1}{I_{K1}} + E_2 \frac{I_2}{I_{K1}} + E_1 \frac{I_3}{I_{K1}}; \quad (2)$$

$$E_{S2} = E_1 \frac{I_5}{I_{K2}} + E_2 \frac{I_6}{I_{K2}} + E_1 \frac{I_7}{I_{K2}}; \quad (3)$$

$$I_i = b_i t_i (0,0833 t_i^2 + y^{*2}); \quad (4)$$

čia $I_{K1} = I_1 + I_2 + I_3$; $I_{K2} = I_5 + I_6 + I_7$; y^* – atstumas nuo neutralaus sluoksnio iki sluoksnio geometrinio centro (1 pav., c); t_i – sluoksnio storis.

Įtempiai, bet kuriame sijos skerspjūvio taške, apskaičiuojami iš lygybės [5]:

$$\sigma_i = \frac{M}{D} y^{**} E_i; \quad (5)$$

čia y^{**} – atstumas nuo neutralaus sluoksnio iki nagrinėjamo taško; D – sijos standumas lenkimui:

$$D = \sum_{i=1}^n (I_i E_i). \quad (6)$$

Kai kuriuose darbuose apie sijos darbingumo ribą yra sprendžiama pagal laikomosios galios lenkimo momento reikšmę, nustatomą eksperimentiškai arba apskaičiuojant analitiškai, taikant atitinkamą metodiką [1]. Kad galėtumėm sulyginti sijoje veikiančius eksperimentinių įtempių su apskaičiuotais pagal DKE metodiką, laikomosios galios lenkimo momento reikšmę skaičiuosime pagal formulę:

$$M = \frac{f_c D}{y^{**} E_i}; \quad (7)$$

čia f_c – sijos stipris, MPa.

Analitinio skaičiavimo rezultatai, gauti taikant aprašytą metodiką, bus lyginami su sijų stiprumo bandymo rezultatais, gautais VGTU [1].

4. Išvados

1. Gelžbetoninių sijų stiprumo ir standumo skaičiavimams pasiūlyta naudoti daugiasluoksnių konstrukcinių elementų skaičiavimo metodika (DKE).
2. Skaičiuojant sluoksniuotųjų konstrukcijų sluoksnių stiprumą ir pleišėtumą normaliniame pjūvyje, dauguma autorių daro beveik vienodas prielaidas.

Literatūra

1. **Juknevičius L.** Viduriniojo sluoksnio supleišėjimo įtaka lenkiamųjų trisluoksnių gelžbetoninių konstrukcijų elgsenai. Daktaro disertacija. VGTU, Vilnius, 2006. – 120 p.
2. **Bareišis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcinių elementų stiprumas. Monografija. Kaunas, Technologija, 2006. – 252 p.
3. Iš anksto įtemptas gelžbetonis. Prieiga per internetą: < http://dspace.vgtu.lt/jspui/bitstream/1/1423/1/1292_Marcukaitis_Is%20anksto_WEB.pdf > [žiūrėta 2012-11-10].
4. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Statyba. Prieiga per internetą: < http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Mokslai/VGTU/JCEM/pilni/statyba1_2001.pdf > [žiūrėta 2012-11-23].
5. **Bareišis J.** Konstrukcinis stiprumas ir patikimumas. Paskaitų konspektas, II dalis, 2002. – 41 p.



STABDŽIŲ EFEKTYVUMO PRIKLAUSOMAI NUO SUNKVEŽIMIŲ SVORIO TYRIMAS

A. Kazlauskis, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: stabdymo efektyvumas, sunkvežimio stabdžių sistema, stabdžių stendas.

1. Įvadas

Kiekvienas žmogus vairuodamas transporto priemonę, nesvarbu tai motociklas ar sunkvežimis, turi pilnai užtikrinti savo bei aplinkinių saugumą. Transporto priemonės stabdymo ypatumai lemia jos stabdymo kelią, kuris turi būti kuo trumpesnis su sąlyga, kad automobilis turi išlikti valdomas ir stabilus. Kai yra užtikrinamas kuo intensyvesnis automobilio stabdymas, tuo didesnis yra galimas saugus važiavimo greitis, o tai reiškia efektyvesnę transporto priemonės naudojimą. Stabdymo efektyvumas – tai vienas iš faktorių, nuo kurių priklauso eismo saugumas. Transporto priemonės stabdymo efektyvumas priklauso nuo daugelio savybių: automobilio stabdžių sistemos, padangų kokybės, vairuotojo reakcijos laiko, automobilio kraunumo, jo bendro svorio, kelio dangos ir pan.

Eksperimentinius stabdymo savybių įvertinimus galima atlikti kelyje ar stacionariai – pasitelkiant specializuotus stabdžių tikrinimo stendus. Atliekant bandymus kelyje reikalingas specialus, didelį plotą užimantis poligonas. Tokių bandymų metu yra sunaudojama daug degalų, reikalingi specialūs prietaisai. Todėl, atsižvelgiant į bandymų kaštus, transporto priemonės bandymus tikslingiau yra atlikti stacionariai, naudojant stabdžių stendus.

Darbo tikslas – atlikti tyrimą, kaip skiriasi įvairių markių sunkiasvorių automobilių stabdymo efektyvumas, priklausomai nuo jų bendro svorio ir palyginti gautus duomenis su teoriniais, suskaičiuotais pagal gamintojo pateiktus duomenis.

2. Sunkvežimių stabdžių efektyvumas

Stabdžių efektyvumas – veikimas, atitinkantis stabdžių tikrinimo sąlygose nurodytus rezultatus [1].

Apytiksliai stabdžių būklę nusako stabdymo kelias. Kai transporto priemonė važiuoja 30 km/h greičiu sausu asfaltu ir staigiai stabdo,

sunkvežimių, kurių masė viršija 8 tonas – 8,5 ... 11 metrų [1]. Labai svarbu, kad visi ratai sustotų kartu.

Konkrečiau apie stabdžių tinkamumą yra sprendžiama pasiremiant valstybinio standarto sąlygomis. Lietuvoje galioja standartas „LST 1438:2005 Lengvieji automobiliai. Techninė priežiūra ir remontas“. Šiuo atveju stabdžių patikra privalo būti atliekama stabdžių stende. Ratų stabdymo jėgos turi atitikti norminius standarto reikalavimus. Dešiniojo ir kairiojo ratų stabdymo jėgų neatitikimas turi neviršyti 30% ribos. Atliekant stovėjimo stabdžio patikrą, šis netolygumas negali būti didesnis kaip 70%. Be šių normų yra taip pat nustatytas ir stabdymo efektyvumas. Šis efektyvumas kuomet stabdoma darbinio stabdžiu, autobusų ir sunkvežimių privalo būti $\geq 45\%$. Tikrinant stabdymo efektyvumą stovėjimo stabdžiu, visų transporto priemonių stabdymo efektyvumas privalo būti $\geq 15\%$, o transporto priemonių, kurios buvo pagamintos iki 1994-01-01, darbinio stabdžių stabdymo efektyvumas turi būti $\geq 40\%$ [1].

3. Sunkvežimių stabdžių efektyvumo priklausomai nuo jų svorio tyrimas

Automobilio saugumą didžiąją dalimi lemia stabdžių sistemos būklė ir jos darbo efektyvumas. Stabdymo efektyvumas nusakomas procentine išraiška [2]:

$$Z = \frac{100}{m_B \cdot g} \sum_{i=1}^n F_{SKi} ; \quad (1)$$

čia F_{SKi} – suminė skaičiuojamoji ratų stabdymo jėga, kN; n – ašių skaičius; m_B – bendroji transporto priemonės masė, t; $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ – laisvojo kūno kritimo pagreitis [2].

Mano tiriami sunkvežimiai buvo įvairių modelių, su skirtingu ašių kiekiu, t. y. dviejų, trijų ir keturių ašių. Kiekvienos ašies ratų skaičiuojamoji stabdymo jėga (kN) nustatoma pagal formulę [2]:

$$F_{SK} = K_p (F_{STk} + F_{STd}) ; \quad (2)$$

čia F_{STk} ir F_{STd} – atitinkamai ašies kairiojo ir dešiniojo ratų stabdymo jėgos, kN; K_p – proporcingumo koeficientas, kurs apskaičiuojamas kiekvienai ašiai atskirai [2]:

$$K_p = \frac{p_3 - 0,4}{p_2 - 0,4} ; \quad (3)$$

p_3 – skaičiuojamasis oro slėgis, nustatomas pagal transporto priemonės stabdymo jėgų regulatoriaus lentelės arba kitų patikimų šaltinių duomenis; p_2 – bandymo metu nustatytas oro slėgis, barais [2].

Neturint duomenų, skaičiavimams galima naudoti $p_3 = 6,5$ bar.

Kadangi bandymo metu neįmanoma nustatyti tikrojo slėgio sistemoje, tai šis dydis bus paimtas kiekvienam sunkvežimiiui pagal jo markę iš transporto priemonių techninio elektroninio žinyno „Tecdac“.

Kadangi tiksliai negalima nustatyti kiekvieno rato tikslios stabdymo jėgos, daroma prielaida, kad stabdymo jėgos tiek kairės tiek dešinės pusės ratams yra vienodos:

$$F_{ST} = F_{STk} = F_{STd} = M_{ST} / r ; \quad (4)$$

čia M_{ST} – stabdymo momentas (diskiniams ir būgniniams stabdžiams yra nustatomas skirtingai), Nm; r – rato spindulys, m.

Visų sunkvežimių ratų dydžiai yra vienodi: $r = 0,5715$ m [3].

Būgninių stabdžių stabdymo momentas [3]:

$$M_{ST} = (N_1 + N_2) \mu r_b ; \quad (5)$$

čia: N_1 ir N_2 – būgno reakcijos jėgos; $\mu = 0,3 \dots 0,35$ – trinties tarp trinkelėlių ir būgno koeficientas; r_b – stabdžių būgno spindulys, m (imamas iš „Tecdac“ žinyno kiekvienam modeliui individualiai).

Stabdymo momentas, kurį sudaro stabdžių trinkelės su stabžių diskais, randamas sekančiai [3]:

$$M_{ST} = F_{tr} r_d = \left(\pi p d^2 \mu / 2 \right) r_d ; \quad (6)$$

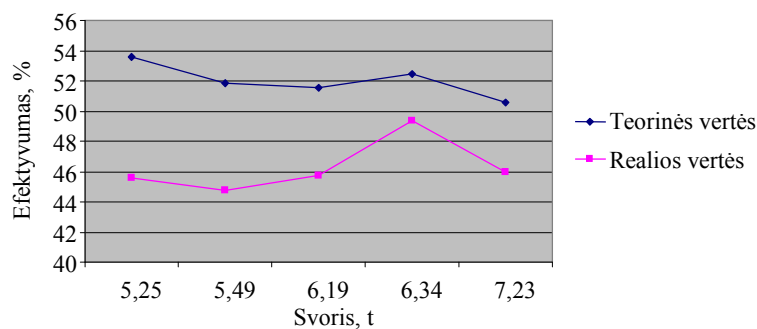
čia r_d – atstumas nuo jėgos F_{tr} pridėties taško iki disko ašies; p – slėgis stabdžių cilindruose; d – stūmoklio skersmuo; μ – trinties koeficientas tarp disko ir trinkelėlių frikcinių antdėklų.

Kadangi visų tirtų sunkvežimių ratų dydis yra tas pats, tai visiems tirtiems automobiliams $r_d = 0,687$ m. Dydžių p ir d vertės buvo paimtos iš „Techdoc“ žinyno pagal automobilį.

Tyrimas buvo atliekamas A. Povilausko įmonėje „Kadex“ stabdžių stendu „MAHA“, skirtu krovininių automobilių, lengvųjų automobilių ir autobusų stabdžių darbo patikrinimui. Buvo tiriami penki nepakrauti skirtingų modelių sunkiasvariai automobiliai, kurių ašių skaičius buvo skirtingas. Automobilių modeliai buvo pasirinkti atsitiktine tvarka.

Teorinių ir „MAHA“ stende nustatytų stabdžių efektyvumų palyginimas pateiktas 1, 2 ir 3 pav.. Rezultatai pateikiami bendrai diskinių ir būgninių stabdžių sistemos. Stabdžių efektyvumas dvi ašis turinčių sunkvežimių, priklausomai nuo jų svorio pateiktas 1 pav.

Kuo didesnis sunkvežimio svoris, tuo turėtų būti mažesnis stabdymo efektyvumas. Didesnio svorio sunkvežimį sustabdyti reikalinga ir didesnė stabdymo jėga. Iš teorinių skaičiavimų beveik taip ir yra, tačiau sunkvežimio

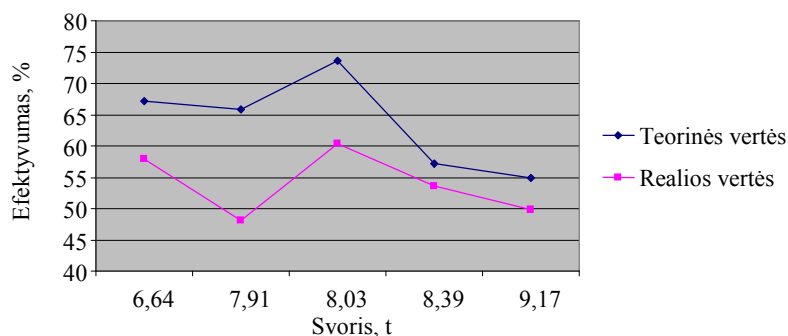


1 pav. Dviejų ašių sunkvežimių efektyvumas

„Volvo“ stabdymo efektyvumas yra vienas iš geriausių, suskaičiavus gauta – 52,47%, o atliekant tyrimą – 49,36% (nepaisant to, kad svoris yra antras pagal didumą tarp nagrinėtų dviašių sunkiasvorių – 6,34 t). Tokie rezultatai gauti todėl, kad stabdžių sistemoje privaloma užtikrinti didesnę slėgį nei kituose dviašiuose automobiliuose. Jei visose stabdžių sistemose, būtų vienodas slėgis, tai stabdžių efektyvumo kreivė proporcingai leistųsi žemyn didėjant sunkvežimio svoriui. Šis slėgis reguliuoja stabdžių trinkelio prispaudimo jėgas prie stabdžių diskų ir būgnų, taip pat užtikrina našesnę ir efektyvesnę sistemos darbą.

Stabdymo stende gautų rezultatų dydžiai yra mažesni dėl jau anksčiau išvardintų priežasčių. Išsiskiria tik jau minėtasis „Volvo“ sunkvežimis, kurio stabdymo efektyvumo pranašumas prieš kitus sunkvežimius dar labiau išryškėja. Taip pat eksperimente geresniu stabdymo efektyvumu pasižymi ir „Man“ sunkvežimis. Būtų galima teigti, kad tai yra dėl to, jog jis yra pats naujusias tarp dviašių sunkiasvorių automobilių, ko pasekoje yra mažiau nusidėvėję stabdžių sistemos agregatai. Tačiau vienas iš prasčiausių stabdymo efektyvumo rezultatų (mažiau nei 45%) buvo „Mercedes-Benz“ automobilio, kurio 44,75% efektyvumas buvo nepakankamas saugumui užtikrinti. Esant tokiam stabdžių efektyvumui, neleidžiama eksploatuoti sunkvežimio. Atlikus transporto priemonės apžiūrą, buvo pastebėta, kad mažą stabdymo efektyvumą sukelia netinkamai veikiantis oro slėgio vožtuvas. Jam sugedus, nepatenka į sistemą tinkamas oro kiekis ir taip neužtikrinamas veiksmingas sistemos darbas.

Tarp trijų ašių važiuoklę turinčių sunkvežimių (2 pav.) taisyklė, kad kuo didesnis svoris, tuo mažesnis stabdymo efektyvumas, taip pat neišlaikoma. Pirmiausia žvelgiant į teorinių verčių kreivę, į akis krenta išsiskiriantis „Scania“ stabdymo efektyvumo dydis (73,54%). Taip yra todėl, kad „Scania“ yra dviem ašimis varomas sunkvežimis. Tokiu atveju tolygiau pasiskirsto automobilio svoris ant ratų ir veikia mažesnės apkrovos stabdant. Stabdymo

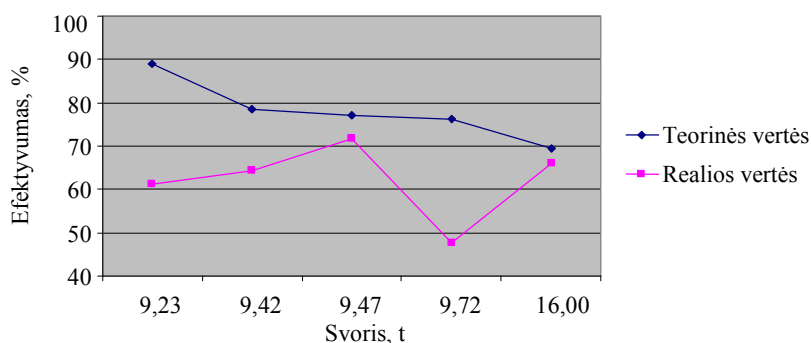


2 pav. Trijų ašių sunkvežimių efektyvumas

efektyvumas „Scania“ sunkvežimio yra didesnis dar ir dėl to, kad jo svoris antras pagal mažumą, mažesnis nei kai kurių viena ašimi varomų automobilių. Šios savybės leidžia sunkiasvorei transporto priemonei užtikrinti didelį stabdymo efektyvumą. O žvelgiant į kitus sunkvežimius, matome, kad jų svoriui kylant mažėja stabdymo efektyvumas.

Atliekant tyrimą, tris ašis turinčių sunkvežimių stabdymo efektyvumas kinta panašiai kaip ir teorinių skaičiavimų kreivėje. Išsiskiria tik vienos markės sunkiasvorė, tai „Daf“ (tiriant gautas 48,09% efektyvumas). Jos stabdžių sistemos oro slėgis yra mažesnis nei visų kitų markių sunkvežimių, o tai sumažina visos stabdžių sistemos darbo efektyvumą ir našumą.

Žvelgiant į keturias ašis turinčių sunkvežimių stabdžių efektyvumo diagramą (3 pav.) galima aiškiai matyti kaip teorinės vertės nuosekliai mažėja didėjant sunkvežimio svoriui. Nepaisant teorinių skaičiavimų, realybėje yra kiek kitaip. Gan smarkūs neatitikimai (pvz.: „Scania“ sunkvežimio teorinė vertė – 47,52%, o reali – 76,14%, skiriasi daugiau nei 1,6 karto) yra tarp realių ir teorinių verčių dėl to, kad tai itin sunkiomis sąlygomis dirbantys



3 pav. Keturių ašių sunkvežimių efektyvumas

automobiliai. Keturių ašių sunkvežimiai dažniausiai būna didelės keliamosios galios savivarčiai, kurie važinėja ne idealios sąlygos keliais. Stabdžių sistema patiria itin dideles apkrovas esant pakrautam automobiliui, kadangi jis važiuoja tokiu pat greičiu kaip dviejų ašių automobilis, bet jam tenka atlaikyti daug didesnes apkrovas stabdant. Todėl, kad būtų užtikrintas tinkamas saugumas, tokiu sunkvežimių efektyvumas turi būti didesnis nei mažiau ašių turinčių automobilių.

Didžiausią stabdžių efektyvumą tarp keturašių sunkvežimių turi „Volvo“ sunkvežimis. Tai lemia jo stabdžių sistemos slėgio dydžio ir svorio santykis lyginant su kitomis tirtomis transporto priemonėmis. „Volvo“ slėgis yra antras pagal didumą, už kurį didesnę slėgį turi tik „Man“ sunkvežimis, tačiau „Man“ svoris yra ženkliai didesnis. Ženkliai mažesnis stabdymo efektyvumo koeficientas, lyginant su teoriniu, yra „Scania“ sunkvežimio. Tai vienas iš seniausių tirtų sunkvežimių, kurio ir detalės yra vienos iš labiausių susidėvėjusių. Tokį mažą efektyvumą paaiškina tai, jog stabdžių sistemos frikciniai antdėklai buvo beveik visiškai sudilę ir juos reikėjo keisti naujais.

4. Išvados

1. Teorinius skaičiavimus palyginus su eksperimentiniais duomenimis visų tirtų transporto priemonių rezultatai vidutiniškai nesutampa 84,43%. Rezultatų nesutapimas tarp dviejų ašių sunkvežimių – 88,98%, tarp tris ašis turinčių – 84,60% ir tarp keturias ašis turinčių – 79,70%. Didesnis stabdžių efektyvumas gautas teoriniuose skaičiavimuose dėl to, kad nėra nevertinamas detalių nusidėvėjimas, jų pažeidimai ar netinkamas jų veikimas.
2. Stabdymo efektyvumas priklauso nuo automobilio svorio. Kuo automobilis lengvesnis, tuo jo stabdymo efektyvumas yra didesnis ir tuo jis greičiau sustos.
3. Kuo daugiau automobilis turi ratų ašių, tuo didesnis jo stabdymo efektyvumas.
4. Kiekvienos stabdžių sistemos efektyvus darbas priklauso ne tik nuo transporto priemonės svorio, bet ir nuo stabdžių sistemos tvarkingumo.

Literatūra

1. **Vizgaitis J.** Automobilių techninė priežiūra. Vilnius, 2001, 85 p.
2. Lietuvos techninės apžiūros įmonių asociacija. Prieiga per internetą: < http://www.vta.lt/Data/VKTI_stabdz_ban.pdf > [žiūrėta 2012-08-21].
3. **Giedra K.** Stabdžių sistemos. Kaunas, 1992. 5-10 p.



TRAUKINIŲ AERODINAMIKOS GERINIMO TYRIMAS

E. Valiukas, Ž. Bazaras

Kauno technologijų universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: traukiniai, traukinių aerodinamika, traukinių aerodinamikos tyrimas, aerodinaminė jėga traukiniuose, aerodinamikos gerinimas traukiniuose.

1. Įvadas

Aerodinaminis triukšmas ypač aktualus greitųjų traukinių linijose. Be to, pagerinus traukinių sąstatų aerodinamines savybes sumažėtų kuro sąnaudos, padidėtų važiavimo greitis. Variklio triukšmas aktualiausias esant mažesniai greičiui, maždaug iki 30 km/h, riedmenų triukšmas – kai greitis daugiau kaip 30 km/h, o aerodinaminis triukšmas vyrauja esant didesniai nei 200 km/h greičiui. Vienas iš svarbiausių aerodinaminio triukšmo mažinimo priemonių yra viso sąstato aptakumo rodiklių gerinimas.

2. Geležinkelių transporto raida pasaulyje ir Lietuvoje ir iš to kylančios problemos

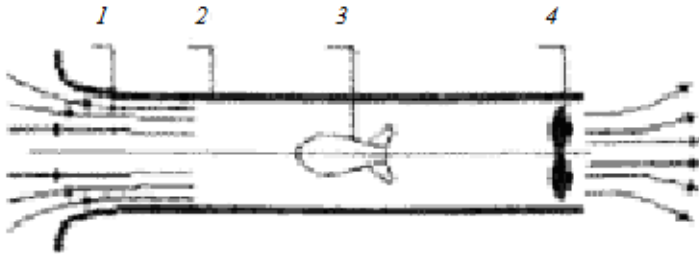
Geležinkelių transporto užuomazgos atsirado dar XV amžiuje. Jo prototipas yra medinės arba akmeninės vėžės, kuriomis buvo stumiami sunkūs kroviniai. XV amžiuje Didžiojoje Britanijoje ir Airijoje, vėliau ir Prancūzijoje bei Rusijoje, krovinius buvo pradėta vežti ketaus bėgiais, kuriuos laikui einant pakeitė plieniniai. Vagonai buvo traukiami arklių arba sukamų gervių lynais.

Lietuvoje geležinkelis pradėtas tiesti 1858 metais, tiesiant Sankt Peterburgo – Varšuvos liniją. 1862 metais atsiradė traukinių eismas iš Sankt Peterburgo per Daugpilį, Vilnių, Kauną į Varšuvą. Buvo pastatyti tiltai, Kauno tunelis, įvairių klasių stotys. Susikūrė eismo telegrafo, kelio, riedmenų, aprūpinimo, keleivių aptarnavimo, krovinių priėmimo ir išdavimo tarnybos.

Lietuvoje geležinkelio transporto greičiai yra nedideli. Todėl labiau reikalinga gerinti sąstatų keliamus nepatogumus keleiviams ir aplink geležinkelio bėgius gyvenantiems žmonėms. Keletas iš šių nepageidaujamų savybių yra oro srautai (keliantys dulkes), trauka po riedmenimis, šiukšlinimas (vežant įvairius krovinius). Be to, judant sąstatui susidaro oro pasipriešinimas kuris mažina traukinio galią ir kelia triukšmą.

3. Aerodinamikos charakteristika ir jos poveikis

Aerodinamika – mokslas apie oro (dujų) ar skysčio judėjimą aplink kietus kūnus [1]. Pats pagrindinis prietaisas – aerodinaminis vamzdis (žr. 1 pav.) – transporto aerodinaminio pasipriešinimo matavimui masiškai imtas naudoti mažiau nei prieš pusšimtį metų.



1 pav. Aerodinaminio vamzdžio schema [1]: 1 – oro srautas; 2 – vamzdžio sienelė; 3 – tiriamas kūnas; 4 – ventiliatorius

Dujų (kitais – oro) pasipriešinimui jose esančio kūno judėjimui apskaičiuoti naudojama formulė [2]:

$$F = C_x \frac{\rho v^2}{2} S ; \quad (1)$$

čia F – oro pasipriešinimo jėga; C_x – oro pasipriešinimo koeficientas; ρ – oro tankis (vid. $1,23 \text{ kg/m}^3$); v – kūno judėjimo greitis; S – kieto kūno skerspjūvio plotas veikiamas oro srauto.

1 lentelė

Kūnų paviršių aerodinaminiai pasipriešinimo koeficientai [3]

Kūnų paviršiai	Pasipriešinimo koeficientai
Šiurkštus paviršius	0,40
Glotnus paviršius	0,10
Aptakus paviršius	0,025
Aviacinis sparnas	0,05
Sportinis automobilis	0,3 ... 0,4
Serijinis automobilis	0,4 ... 0,5
Sunkvežimis	0,7 ... 0,9
Žmogus(stovėsenoje)	1,0 ... 1,3
Parašiutininkas	1,0 ... 1,4

Elementarios aerodinaminės jėgos, veikiančios kiekvieną riedmens kėbulo tašką yra skirtingos dydžiu ir kryptimi. Tai labai priklauso nuo kėbulo elementų formos (konfigūracijos), paviršiaus šiurkštumo, nelygumo vietos, oro sūkuriamo ir t.t. Visumą šių elementarių jėgų galima pakeisti atstojamąją jėga P ir momentu M [4].

Aerodinaminę jėgą – priešpriešinę oro varžą – sudaro kelios sudedamosios [4]:

- kėbulo formos varža $(50 \dots 60\%) \cdot P$ (P yra oro pasipriešinimo jėga arba priešpriešinė oro varža). Tai priešpriešinis pasipriešinimas “mideliu” ir slėgio sumažėjimas (oro išretėjimas) dėl sūkuriamo kėbulo gale;
- vidinė kėbulo varža, ertmių tarp vagonų varža $(10 \dots 25\%) \cdot P$. Tai variklio ir elektros mašinų aušinimo, salonų ventiliacijos varža, oro sūkuriamo ertmėse tarp vagonų pasekmė;
- kėbulo paviršiaus trinties varža $(5 \dots 10\%) \cdot P$. Priklauso nuo kėbulo šiurkštumo ir oro klampumo prie sienelių;
- indukcinė varža $(5 \dots 10\%) \cdot P$. Atsirandanti dėl aerodinaminių keliamųjų jėgų ir skersinių jėgų sąveikos;
- papildoma varža $(5 \dots 15\%) \cdot P$. Atsirandanti dėl įvairių kėbulo išsikišimų: žibintai, durų rankenos, langai ir pan.

Koeficientas C_x gali padidėti 5% atidarius langą, arba sumažėti iki 10 ... 15% sumontavus ant kėbulo įvairius “spoilerius” [4].

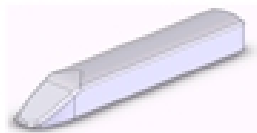
Aptakumo koeficientas k_0 yra ekvivalentas oro pasipriešinimo jėgai P_0 , veikiančiai 1 m² plotą, judant greičiu $v_w = 1$ m/s².

Aerodinaminio koeficiento C_x ir aptakumo koeficiento k_0 tarpusavio ryšys matematiškai išreiškiamas taip: $k_0 = 0,61 C_x$ [4]. Tarptautinėje vienetų SI sistemoje aptakumo koeficiento vienetai yra kg/m³ arba N·s²/m⁴.

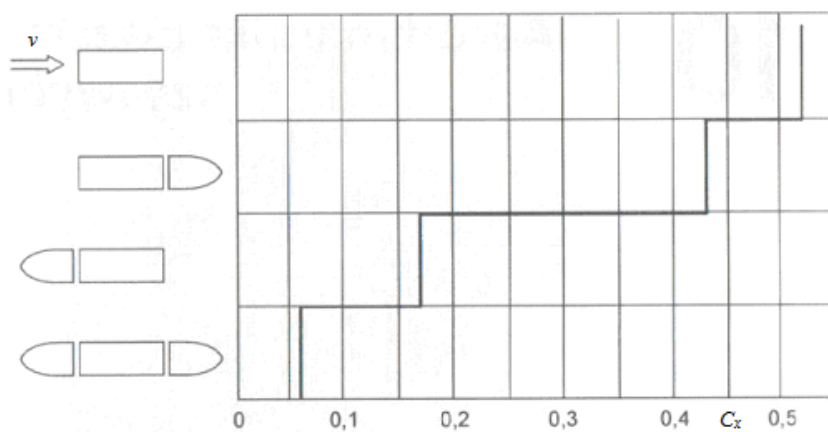
4. Aerodinaminių savybių tyrimas

Skaičiuojant pagal pasirinkta profilį (žr. 2 pav.) ir remiantis lokomotyvų aerodinaminiu koeficientu, duotu 3 pav., pasirenku C_x . Kaip matyti iš 3 paveikslėlio mano skaičiuojamam profiliui C_x koeficientas yra apytiksliai lygus 0,18.

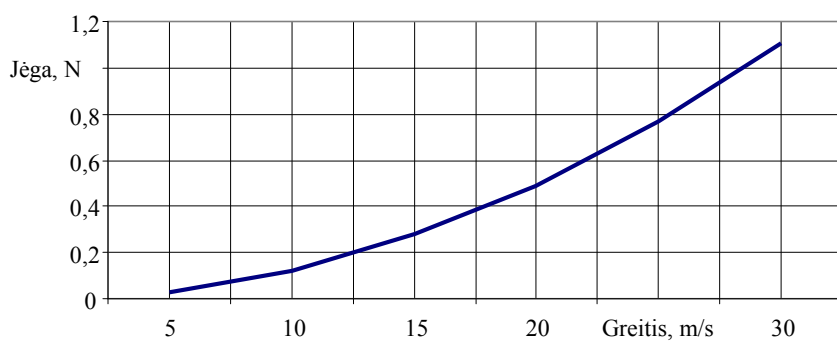
Atlikus skaičiavimus, pagal formulę (1) pasipriešinimo jėgai nustatyti, pagal gautus rezultatus sudarau diagramą (žr. 4 pav.).



2 pav. Traukinio profilis



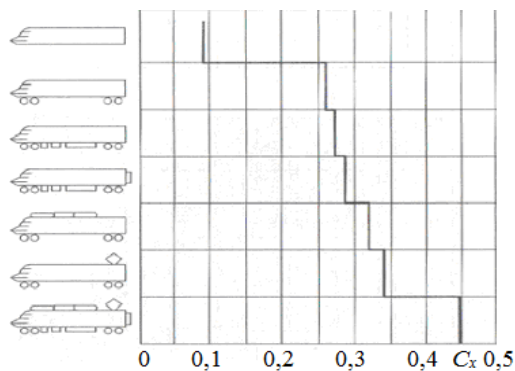
3 pav. Koeficiento C_x kitimas profilio atžvilgiu [5]



4 pav. Pasipriešinimo jėgos priklausomybė nuo greičio

Iš 4 pav. matyti, kad oro srauto pasipriešinimo jėga proporcingai didėja didėjant greičiui. Taip pat pasipriešinimo jėga ženkliai priklauso nuo oro pasipriešinimo koeficiento C_x (žr. 3 pav.). Pakeitus profilį į mažiau aptakų koeficientas padidėja, o kai profilis yra labiau aptakesnis koeficientas sumažėja.

Taip pat svarbus reiškinys judant yra sūkuriavimas [4]. Jį sukelia tarpai tarp riedmenų, įvairios detalės ant stogo iš galo ir po dugnu. Kaip matyti iš 5 paveikslėlio šios detalės ženkliai padidina oro pasipriešinimo koeficientą (tyrimas atliekamas aerodinaminiam vamzdyje). Dėl to didėja oro pasipriešinimo jėga.



1 pav. Koeficiento C_x kitimas papildomų detalių atžvilgiu [5]

5. Išvados

1. Aerodinamikos gerinimas yra nepakeičiamas sprendimo būdas žalingų ir nepageidaujamų savybių mažinimui, ar panaikinimui. Tokių kaip priešpriešinio oro srauto pasipriešinimas, sukuriavimas tarp vagonų, riedmenų, sąstato gale ir kt.
2. Aptakių formų traukinys yra greitesnis, sunaudoja mažiau degalų, salone greitai važiuojant mažiau triukšmo, nes ženkliai skiriasi oro pasipriešinimas traukiniui judant.
3. Visi aerodinamikos pagerinimai suteikia traukiniui didesnes galimybes nedidinant galios.
4. Aerodinaminiai patobulinimai mažina aplinkos taršą, nes sunaudojama mažiau degalų ir sukelia mažesnę triukšmą.

Literatūra

1. Основы аэродинамики. Prieiga per internetą: < <http://www.sla.perm.ru/files/aero.pdf> > [žiūrėta 2012-05-14].
2. Aerodinamika. Prieiga per internetą: < <http://www.citrina.lt/straipsniai/aerodinamika/index.htm> > [žiūrėta 2012-05-14].
3. Aerodinamika. Prieiga per internetą: < http://fl.fanas.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=902:aerodinamika&catid=1:naujienos&Itemid=2 > [žiūrėta 2012-05-15].
4. **Bureika A.** Riedmenų traukos teorija: mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2002. – 98 p.
5. Air flow around a high speed train. Prieiga per internetą: < <http://projects.exeter.ac.uk/fluidflow/Projects/stuartRees2/websitefiles/index.html> > [žiūrėta 2012-05-20].



MIKROMONTUOJAMŲ ULTRAGARSO KEITIKLIŲ TYRIMAS

N. Užusenis, D. Viržonis

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: ultragarsas, CMUT.

1. Įvadas

Talpiniai mikromontuojami ultragarso keitikliai CMUT (*capacitive micromachined ultrasound transducers* – angl.) perspektyvi ultragarso keitiklių kryptis. CMUT yra sukurti Stanfordo universiteto mokslininkų 1994–1996 metais [1]. Šie keitikliai gaminami silicio technologijos pagrindu, pasižymi plačia darbo dažnių juosta ir dideliu jautriu. Šie ultragarsiniai keitikliai gali veikti įvairiose terpėse. CMUT technologija yra pranašesnė už žinomas pjezoelektrinių keitiklių gamybos technologijas dėl konstrukcinių sprendimų įvairovės, tačiau yra sudėtinga pagaminti eilę vienodas technines charakteristikas turinčius elementus. Šie skirtumai, kartu su bendru triukšmų lygiu, gali stipriai įtakoti priimamo signalo kokybę, taip pat paveikdami bendrą ultragarsinio vizualizavimo vaizdą. Tai svarbu kuriant bei gaminant dvimačius ultragarso keitiklių masyvus ir tiesiogiai integruojant juos su elektronikos grandynais.

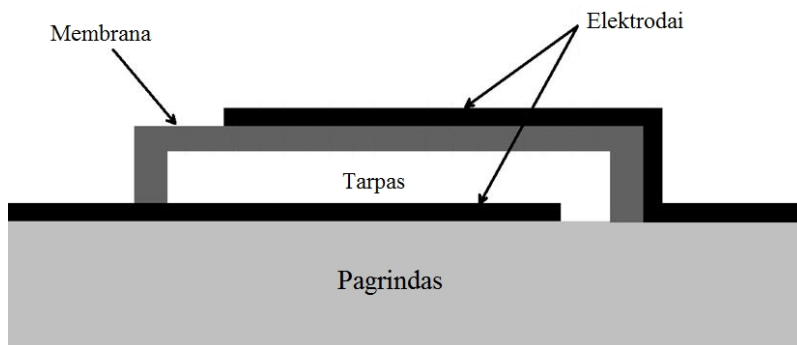
2. Mikromontuojamas ultragarso keitiklis

Ultragarsiniai keitikliai yra naudojami mechaninių virpesių, turinčių ultragarsinį dažnį, priėmimui ir perdavimui. Ultragarsas – tai signalas, kurio dažnis didesnis už žmogaus ausies juntamo diapazono dažnį, t. y. virš 20 kHz. Dauguma šiuo metu naudojamų ultragarsinių keitiklių yra gaminami iš pjezoelektrinių medžiagų [2].

Po pirmųjų pavyzdžių pristatymo, talpiniai mikromontuojami ultragarso keitikliai (CMUT) atkreipė mokslininkų, kuriančių mažo dydžio mikrofonus ir ultragarso jutiklius dėmesį. CMUT, lyginant su pjezoelektriniais keitikliais, yra geresni dėl akustinio impedanso ir ultragarso sklaidimo terpės suderinamumo, didesnio efektyvumo ir platesnio darbo dažnių juostos pločio.

Konstrukciniu požiūriu (1 pav.) CMUT yra laisvai vibruojanti plokštelė (mikromembrana), pritvirtinta virš nejudančios plokštelės (pagrindo).

Tarpas tarp šių plokštelių yra užpildytas dujomis arba vakuumu. Iš esmės CMUT įtaisas yra lygiagrečios kondensatoriaus plokštės su tarpu tarp jų. Tarp kondensatoriaus plokštelių sukurtame elektrostatiame lauke kaupiama energija. Prijungus tarp elektrodų įtampą, priešingose vakuuminio tarpelio pusėse kaupiasi priešingo poliarumo krūviai, kurių absoliutinės vertės lygios.



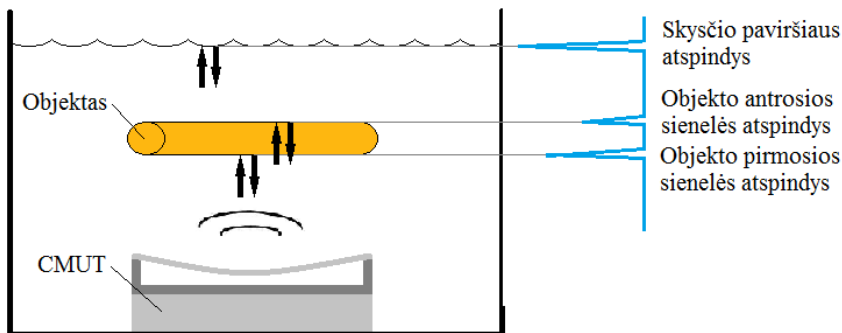
1 pav. CMUT keitiklio celės skerspjūvio schema

Plonasluoksnis elektrodas ant silicio plokštelės pagrindo, sudaro vieną kondensatoriaus plokštelę. Kita plokštelė yra ant membranos suformuotas metalinis elektrodas. Membrana priklausomai nuo gamybos technologijos formuojama iš dielektrinės medžiagos, dažniausiai tai žemus vidinius įtempius turintis silicio nitridas (Si_3N_4) arba monokristalinis silicis. CMUT įtaisiai tuo pačiu metu naudojami kaip akustiniai siųstuvai ir imtuvai. Šio tipo jutikliai, priklausomai nuo konstrukcijos, funkcionuoja plačiame dažnių diapazone nuo girdimo iki ultragarso dažnio (100 kHz ... 100 MHz). Perdavimo režime elektrinio impulso sužadintas mechaninis membranos judesys sukuria akustinę bangą. Priėmimo režime membranos harmoniniai virpesiai, kuriuos sukelia priimamos akustinės bangos, yra proporcingi įtaiso talpos pokyčiui. Kintantis įtaiso talpis sukelia srovę elektros grandinėje, kuri yra sustiprinama ir toliau apdorojama.

3. Impulso-aido eksperimentas

Svarbus CMUT keitiklių darbo kokybę apibūrinantis parametras yra keitiklio elementų charakteristikų vienodumas. Dėl membranų storio, skersmens, vakuuminio tarpelio geometrijos parametrų tolerancijų išsibarstymo keitiklių gamybos metu gali pakisti funkciniai keitiklio parametrai. Šiame darbe tirtas keitiklio funkcinių parametrų išsibarstymas. Analizuotos objektų vizualizavimo galimybės.

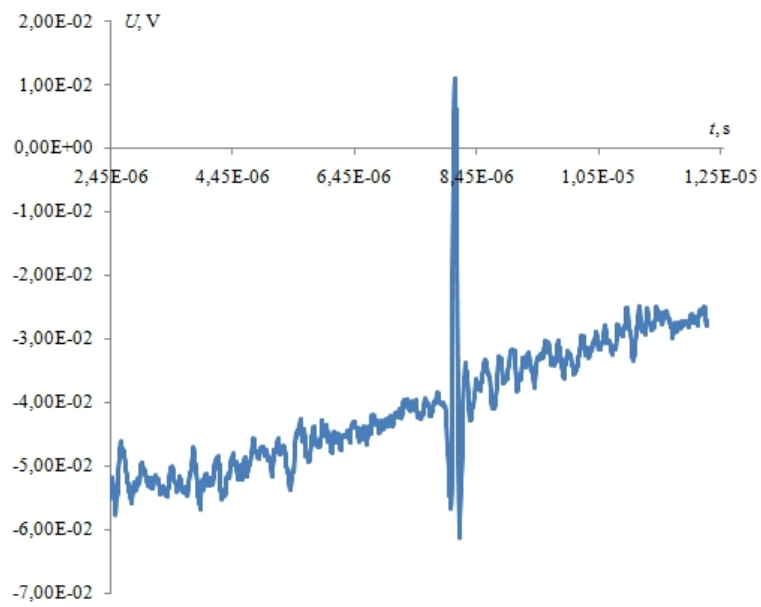
Atlikto impulso-aido eksperimento [3] esmė yra akustinio impulso atspindžio nuo tiriamų objektų identifikavimas. Bandymo aplinką sudaro į 15 mm gylį indas, pripildytas transformatorinės alyvos, panardintas ultragarsinis keitiklis ir tiriamasis objektas. Impulso-aido eksperimento schema pateikta 2 pav. Naudotas keitiklis su neizoliuotais viršutiniais elektrodais, kadangi transformatorinė alyva pasižymi dielektrinėmis savybėmis, ji elektriškai neužtrumpina keitiklio kontaktų. Kadangi keitiklio dažnis yra kelių MHz eilės, skystis geriau perduoda virpesius ir gaunamas stipresnis atspindėjęs signalas. Buvo gauti trys atspindėję signalai: objekto pirmosios ir antrosios sienelių atspindžiai bei atspindys nuo skysčio paviršiaus. Dėl didelio paviršiaus ploto ir akustinio kontrasto, nuo skysčio paviršiaus atspindėjęs signalas yra pats stipriausias.



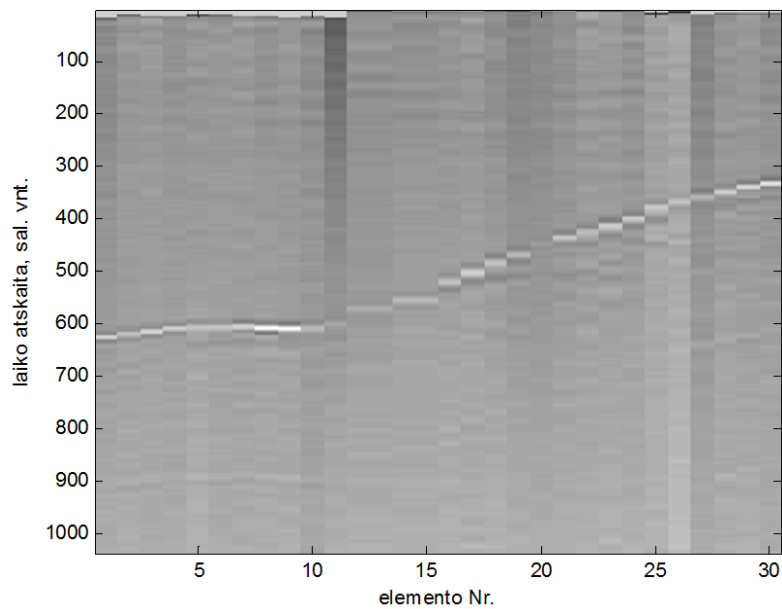
2 pav. Impulso – aido eksperimento schema

Detektuojamo ultragarsinio signalo pavyzdys pateiktas 3 pav. Šis signalas buvo gautas iš pirmojo CMUT įtaiso elemento. Šis elementas buvo šalia bandomo aptikti objekto, todėl gautas tik atspindys nuo transformatorinės alyvos paviršiaus. Iš grafiko matyti, kad gautame signale yra triukšmų, tačiau yra gerai matomas amplitudės šuolis dėl signalo atspindžio.

Impulso-aido principas taikytas ultragarsinio vizualizavimo bandymams. Eksperimentui buvo naudotas signalų generatorius, stiprintuvas, ultragarsinis keitiklis (CMUT), oscilografas ir kompiuteris. Naudotas impulsų generatorius Agilent 8011A 20 MHz. Signalų generatorius siunčia elektrinį impulsą į stiprintuvą, kuriame virpesys yra sustiprinamas ir perduodamas į ultragarsinį keitiklį. Buvo naudojami 50 V įtampos, 60 ns ilgumo žadinimo impulsai. CMUT keičia elektrinį signalą į akustinę bangą, kuri sklinda transformatorine alyva ir atspindi nuo kliūčių. Gautasis akustinis atspindys konvertuojamas į elektrinį signalą, sustiprinamas ir apdorojamas oscilografo ir kompiuterio pagalba.



3 pav. Grįžtamasis ultragarsinio keitiklio signalas



4 pav. Objekto vaizdas panaudojant CMUT

Atlikus bandymus su visais 31 eile išdėstytu elementu ir susumavus gautus rezultatus buvo susintetintas objekto vaizdas, kuris pateiktas 4 pav. Priimamo signalo skalė nuo mažiausios įtampos vertės iki didžiausios yra išreikšta spalvomis. Didžiausia padalos vertė atvaizduota šviesiausia spalva. Dėl elementų techninių parametrų nevienodumo, gautieji elektriniai signalai yra nevienodos amplitudės. Šie skirtumai yra matomi spalviniame gautųjų signalų atvaizdavime. Taip pat netolygumai gaunami dėl bendro triukšmų lygio, kuris puikiai matomas 3 pav. Transformatorinėje alyvoje varinės vielos, kurios skersmuo yra 2,4 mm, vaizdas yra nefiltruotas ir nefokusuotas papildomomis priemonėmis. Puikiai galima matyti vieloje esantį išlinkį. Gana gerai matomas vielos apatinės sienelės atvaizdas. Viršutinės sienelės atvaizdas mažiau išsiskiria iš bendro vaizdo, kadangi akustinė banga sklido per kitą terpę, kietą kūną, ir dėl šios priežasties labiau susilpnėjo.

4. Išvados

1. Kadangi keitiklio dažnis yra kelių MHz eilės, skystis geriau perduoda akustinius virpesius ir gaunamas stipresnis atspindėjęs signalas.
2. Dėl nedidelio ultragarsinio keitiklio elementų techninių charakteristikų išsibarstymo (iki 10%), gautasis objekto vaizdas yra pakankamai tolygus ir vientisas.
3. Priimamo signalo kokybę stipriai įtakoja bendras triukšmų fonas, kuris apsunkina objektų detektavimą ultragarsu.

Literatūra

1. **Haller M. I., Khuri-Yakub B. T.** A surface micromachined electrostatic ultrasonic air transducer, IEEE Ultrasonics Symposium, 1994.
2. **Kino G. S.** Acoustic Waves: Devices, Imaging, and Analog Signal Processing, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1987.
3. **Vanagas G., Mikolajunas M., Grigaliunas V., Virzonis D.** Finite-element analysis of microelectromechanical membranes vibration, Materials science (Medžiagotyra). ISSN 1392–1320. 2009, vol. 15, No. 4 , p. 296–301.
4. **Seung-Mok Lee.** Viscous Damping Effect on CMUT Device in Air // Korean Physical Society, Vol. 58, No. 4, April 2011. – P. 747-755.



INTEGRUOTOS MECHATRONINĖS VALDYMO SISTEMOS KONFIGŪRAVIMAS IR TYRIMAS

T. Petrauskas, J. Valickas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: DeviceNet, komunikacijos, komunikacijų magistralės, mechatroninė valdymo sistema.

1. Įvadas

Šiuolaikinių technologinių procesų automatizavimo lygį lemia trys pagrindiniai veiksniai: programuojamųjų valdiklių taikymas procesams stebėti ir valdyti, procesų vizualizacija ir modernių komunikacijos priemonių naudojimas [1].

Šiuolaikinės automatinės valdymo sistemos kuriamos komunikacijų pagrindu. Tai atpigina automatinės valdymo sistemos instaliaciją, sutrumpina įdiegimo laiką, užtikrina lankstumą, padidina veikimo patikimumą.

Komunikacijų paskirtis – atlikti informacinius mainus tarp matavimo, vykdymo ir kitų duomenis apdorojančių įtaisų ir programuojamųjų loginių valdiklių bei kompiuterių.

Šiuolaikinių komunikacinių priemonių naudojimas automatinėse valdymo sistemose papildomai įgalina stebėti gamybos eigą ir atskirų uždavinių vykdymą [1].

Geresniam supratimui apie vykstantį procesą komunikacijos priemonėse, šio darbo eigoje sukurtas stendas, kuris padės studentams įgauti praktinius įgūdžius komunikacijos priemonių srityje.

Stende naudojamos pramonėje plačiai naudojamos Ethernet, DeviceNet magistralės bei RS485 ir Mechatrolink II komunikacinių sistemų sąsajos.

2. Šiuolaikinių komunikacijos priemonių naudojamų laboratoriniame stende apžvalga

Daugiausiai naudojama procesų lygio valdymo sistema DeviceNet, kuri plačiai naudojama „Omron“ kompanijos komplektacijos automatinėse valdymo sistemose. Jos privalumai: lankstus automatinės valdymo sistemos struktūros keitimas ir operatyvus informacijos sistemos gavimas iš bet kurio

automatinio sistemos taško. Aukštesnio hierarchinio lygio komunikavimo sistemoms plačiai naudojama Ethernet magistralė, kuri turi didelę duomenų perdavimo spartą bei patikimą komunikaciją su interneto tinklu, gali būti naudojama tiek automatinės valdymo sistemos funkcijų (komponentų ryšio, diagnostikos ir kitų), tiek kitų gamybinio padalinio funkcijų organizavimui.

2.1. DeviceNet magistralė

DeviceNet magistralė atviras CAN magistralės standartas 1990 metais sukurtas „Allen Bradley“, kuris perdavė protokolo plėtojimą ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) asociacijai. DeviceNet protokolas susisiekimo paslaugų, duomenų ir elgesio apibūdinimui naudoja abstrakčius objektų modelius. Šie objektai organizuoja sistemos elgseną ir grupuoja duomenis, naudodami virtualius objektus. Kiekvienas mazgas gali turėti daugialypius tapatybės objektus. Objektai teikia tokias paslaugas kaip: atributo paėmimas (get attribute) ar atributo priskyrimas (set attribute). Visuose mazguose dalyvauja tapatybės ir DeviceNet objektai. Tapatybės objektą sudaro tokie duomenys: pardavėjo numeris, prietaiso tipas, serijinis numeris.

DeviceNet objektas apibūdina ryšį ir jį sudaro tokie parametrai: mazgo adresas ir magistralės sparta.

DeviceNet naudoja 2.0 A CAN sąsajos specifikaciją, taigi šis standartas apibrėžia 11 bitų pranešimo identifikatorius. Pranešimai skirstomi į keturias grupes. Šios grupės apibrėžia bendravimo struktūrą, tarp bet kokių

1 lentelė

DeviceNet specifikacija

Magistralės dydis	Iki 64 mazgų		
Magistralės protokolas	DeviceNet		
Magistralės maitinimo šaltinio įtampa	24 V, nuolatinė įtampa		
Magistralės ilgis	Magistralės sparta priklauso nuo magistralės ilgio		
	Bodų dažnis	Atraminės magistralės ilgis	Šalutinės magistralės maksimalus ilgis
	125 Kbps	500 m	6 m
	250 Kbps	250 m	6 m
	500 Kbps	100 m	6 m
Duomenų paketai	Nuo 0 iki 8 baitų		
Magistralės topologija	Linijinė (atraminė magistralė/šalutinė magistralė); maitinimo laidai ir signalų perdavimo laidai tame pačiame kabelyje		

dviejų mazgų. Grupėms priskiriami prioritetai naudojant CAN pranešimo identifikatoriaus bitus. Grupė „1“ turi aukščiausią prioritetą.

DeviceNet naudoja dvi pranešimų schemas: tikslaus pranešimo (Explicit Messaging) ir įvesties/išvesties pranešimo (I/O). Tikslūs pranešimai konfigūruoja mazgus ir užtikrina bendrą susisiekimą tarp bet kokių dviejų mazgų. Pranešimų valdymui naudojama dalis CAN sąsajos pranešimo duomenų lauko. Įvesties/išvesties pranešimai naudojami duomenų perdavimui. Šioje pranešimų schemoje visas CAN sąsajos pranešimo duomenų laukas naudojamas duomenims talpinti. Perduodami duomenys mazguose aprašomi elektroninėse duomenų lentelėse (EDS). Šios lentelės patogios, nes vedantieji mazgai gali nuskaityti kiekvieno mazgo EDS bei tą mazgą sukonfigūruoti.

DeviceNet protokolo privalumai: labai daug įrenginių, įdiegtų su šiuo protokolu; ODVA efektyviai platina šią technologiją. Trūkumai – palaikomi tik 64 mazgai [2].

DeviceNet komunikacijų specifikacija pateikta 1 lentelėje [3].

2.2. Ethernet magistralė

Esant reikalaujamam didelės spartos duomenų perdavimui, reikalinga ir greita komunikacija tarp įtaisų. Pasaulyje labai paplitusi Ethernet magistralė (apima apie 85% vietinių magistralių), kuri turi didelę duomenų persiuntimo spartą. Daugelis garsių įmonių ją naudoja tiek gamybos, tiek įmonės valdymo lygmenyje.

Tai labiausiai paplitusi komunikacijų technologija pasaulyje.

Nepriklausomai nuo to, koks kabelis naudojamas – laidinis ar optinis, Ethernet magistralėje sutinkamos linijinė ir žvaigždinė topologijos.

Abi paminėtos topologijos naudojamos kūrant sudėtingesnes tinklų struktūras. Biurų lygmenyje paprastai naudojama žvaigždinių topologijų struktūra, tuo tarpu gamybinėje aplinkoje – hierarchinė struktūra pagrįsta žiedine topologija.

Šiuolaikinėse automatinėse valdymo sistemose plačiai naudojamos internetinės kameros, kurias galima sujungti į bendrą magistralę su programuojamu loginiu valdikliu naudojant perjungiklių sistemą [4].

3. Laboratorinio komunikacijos priemonių tyrimo stendo konfigūravimas ir testavimas

Pagrindinės komunikacijų problemos: signalų slopinimas esant dideliems atstumams, perduodamos informacijos iškraipymas esant išoriniams poveikiams. Didinant magistralės ilgį pagal specifikaciją naudojami kartotuvai, kurie sustiprina perduodamą signalą, bet, įvairiose gamybinėse situacijose reikalinga identifikuoti magistralės matmenis atliekant signalo amplitudės slopinimą, kad racionaliai naudoti stiprinimo priemones. Išoriniai poveikiai

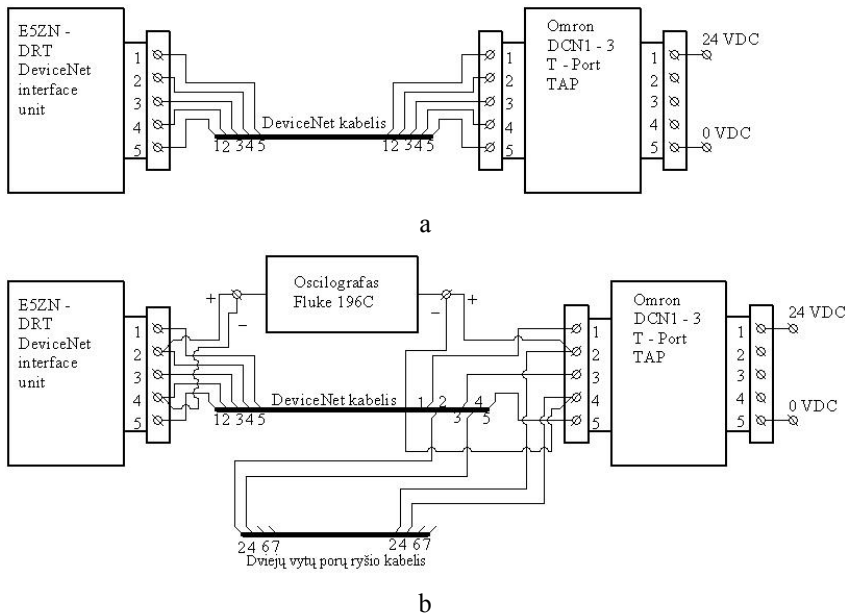
trikdo komunikacinių sistemų darbą ir perduodamo signalo kokybė ir patikimumą. Veikiant išoriniams trikdžiams, nukenčia signalo kokybė ir ryšio patikimumas.

Laboratoriniame stende įrengtas 230 V kintamos įtampos maitinimas, kurį naudoja:

- prie programuojamo loginio valdiklio CJ1M esantis valdiklio maitinimo modulis;
- servo pavarą;
- kintamos įtampos į nuolatinę įtampą keitiklis.

Valdiklio CJ1M procesoriaus modulis per RS232 sąsają sujungtas su lietimui jautriui skydeliui NS8-TV01B-V1. Valdiklio CJ1M lentynoje yra:

- Ethernet magistralės modulis ETN21;
- servo pavarų modulis NCF71;
- DeviceNet magistralės modulis DRM21
- RS485 sąsajų modulis SCU41-V1.



1 pav. Eksperimentinė schema: a – nepakeista schema; b – pakeista schema.
Žymėjimai: 1 – teigiamas maitinimo laidas (raudonas); 2 – CAN H laidas (baltas); 3 – ekranuotas laidas (be izoliacijos); 4 – CAN L laidas (mėlynas); 5 – nulinis maitinimo laidas (juodas); (+) reiškia teigiamą oscilografo spindulio laidą; (–) reiškia neigiamą oscilografo spindulio laidą

Per Ethernet magistralės modulį valdiklis gali būti sujungtas su internetu. Per servo pavarų modulyje esančią Mechatrolink II sąsają, valdiklis sujungtas su servo pavarą. Per DeviceNet magistralės modulį valdiklis, naudodamasis gali pasiekti DeviceNet magistralėje esančius mazgus:

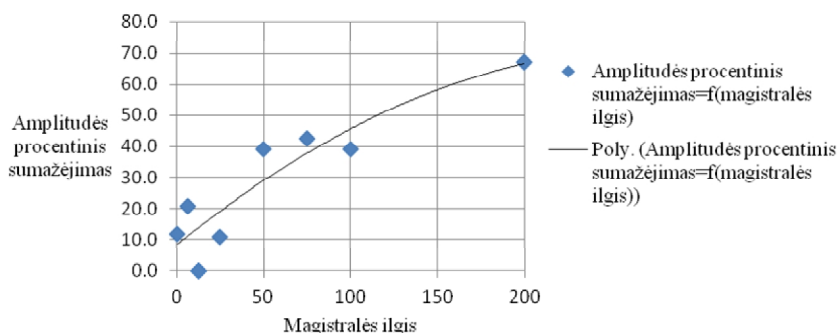
- nuotolinį įėjimų/išėjimų terminalą DRT2;
- inverterį 3G3MV;
- temperatūros reguliatorių E5ZN-DRT;
- įėjimų/išėjimų įtaisą GRT1-DRT; optinio pluošto atstumo jutiklį EX3-DA8.

Per RS485 sąsają modulį valdiklis sujungtas su atstumo jutikliu ZX-LDA41.

Laboratoriniame stende tyrinėjama DeviceNet magistralė, kurioje yra šeši mazgai (įskaitant ir magistralės modulio mazgą). Pasirinktoje magistralės atkarpoje nutraukiama magistralės šaka jungianti magistralę su mazgu. Prie nutrauktos magistralės atkarpos prijungiamas papildomas kabelis. Kai magistralė vėl gali funkcionuoti su prijungtu papildomu kabeliu, atliekami tyrimai nustatyti išorinių poveikių įtaką magistralėje perduodamų signalų kokybei ir patikimumui. Eksperimentinė tyrimo schema pateikiama paveiksle (1 pav.).

3.1. Stendo testavimas aukštos įtampos aplinkoje su įvairios būsenos kabeliais

Matuojant signalų amplitudes dviejuose taškuose pastebėtas signalų slopimas ir signalų amplitudės iškraipymai. Prailgintąją magistralę veikė ir išoriniai poveikiai, kurie turėjo įtakos signalų kokybei ir patikimumui. Matavimo rezultatai pateikti 2 pav.



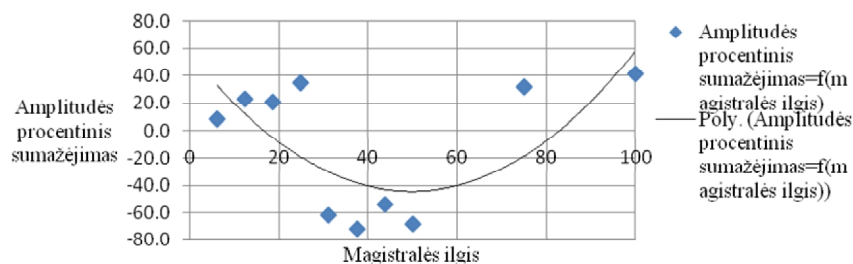
2 pav. Amplitudės procentinio sumažėjimo priklausomybė nuo magistralės ilgio, kai magistralė yra aukštos įtampos aplinkoje ir naudojami išvynioti bei suvynioti kabeliai

Didinant kabelio ilgį gaunamas didelis amplitudės slopimas. Amplitudės slopimui įtakos turėjo ir aplinkos veiksniai: silpnas magnetinis laukas, neišvyniotų kabelių induktyvumas, aukštos įtampos būvimas šalia.

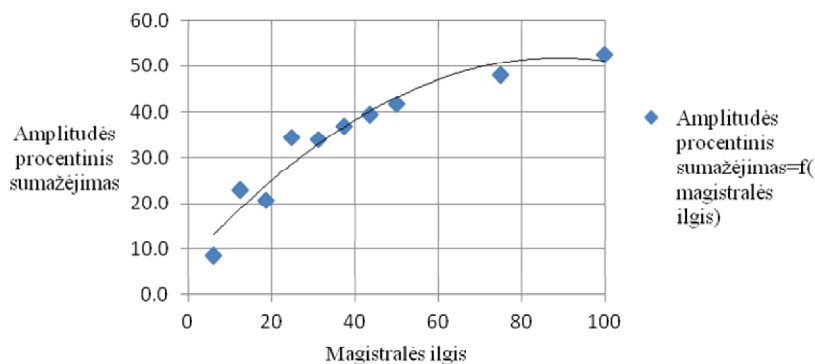
Matuojant magistralės amplitudės slopimo vertę, iki 75 metrų buvo naudojamas telefoninis dvilaidis kabelis, kuris buvo išvyniotas. Kadangi telefoninis kabelis buvo išvyniotas, jo induktyvumas nepadidėjo. Dvilaidėje telefono kabelio linijoje daugiausia įtakos turėjo banginė varža priklausanti nuo telefono kabelio ilgio. Kuo ilgesnis kabelis buvo, tuo daugiau triukšmų atsirasdavo. Matavimus atlikus su 100 ir 200 metrų susuktais į keliasluoksnes rites kabeliais, padidėja kabelių induktyvumas ir banginė varža, kurie įtakoja didesnius slopinimus ir triukšmus dvilaidėje komunikacijų linijoje. Kiti matavimai atlikti magnetiniame lauke ir su dvigubais laidais.

3.2. Stendo testavimas magnetinėje aplinkoje su įvairios būsenos kabeliais

Amplitudės procentinio sumažėjimo vertės kitimo nuo magistralės ilgio matavimas magnetiniame lauke susukus sukarpytus kabelius į ričių formas, pateiktas 3 pav., iš kurio matyti, kad 31,25 ... 50 m ilgio kabeliuose amplitudės slopimas pavirsta į amplitudės stiprinimą. Šiuo atveju gaunamas rezonansas, kuris galėjo įvykti dėl didesnio magnetinio lauko būvimo, suvyniotų kabelių induktyvumo ir padidėjusios banginės varžos. Viena susukta kabelio ritė buvo atsirėmusi į stendą. Stendas maitinimas iš kintamos srovės tinklo, 230 V įtampos, todėl parazitiniai viršįtampiai, turėjo įtakos tokiam rezonansui. Naudojant trumpus kabelius (iki 31,25 m) ir ilgus kabelius (nuo 50 m), yra nežymus amplitudės slopimas. Padidėjęs induktyvumas ir banginė varža, turėjo įtakos dažniams trikdžiams, amplitudės slopimui ir amplitudės iškreipymams.



3 pav. Amplitudės procentinio sumažėjimo priklausomybė nuo magistralės ilgio, kai magistralė yra magnetinėje aplinkoje ir naudojami suvynioti kabeliai

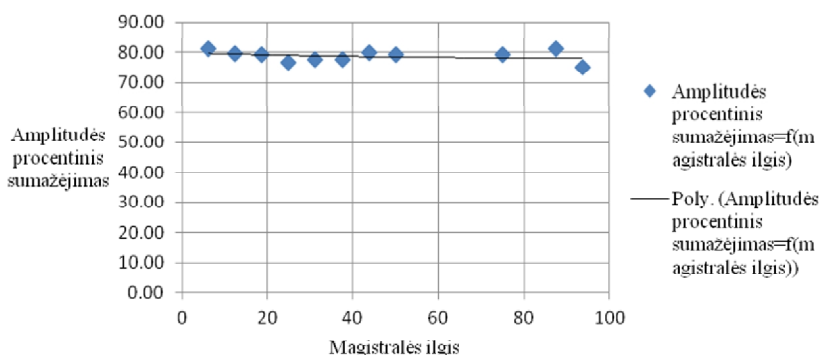


4 pav. Amplitudės procentinio sumažėjimo priklausomybė nuo magistralės ilgio, kai magistralė yra magnetinėje aplinkoje ir naudojami išvynioti kabeliai

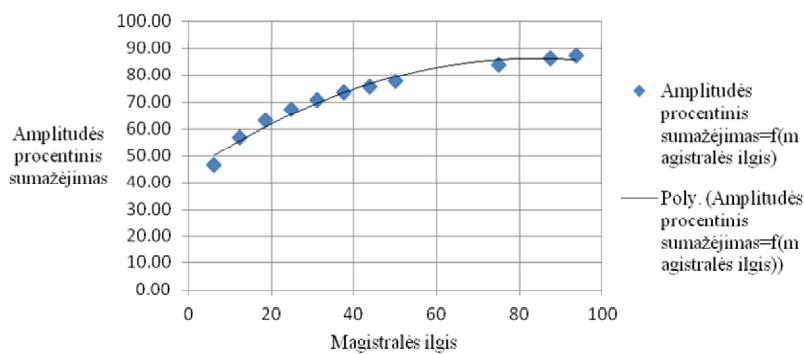
Matavimų, atliktų magnetiniame lauke išvyniotus kabelius, rezultatai pateikti 4 pav. Šiuo atveju laidų induktyvumas ir banginė varža sumažėjo, magnetinis laukas įtakos mažai turėjo slopimui, dėl jo atsirado daugiau trikdžių, matavimui naudojant ilgesnius kabelius.

3.3. Stendo testavimas normalioje aplinkoje su įvairios būsenos kabelių dvigubais laidais

Matavimų su neišvyniotų kabelių dvigubais laidais rezultatai pateikti 5 pav.



5 pav. Amplitudės procentinio sumažėjimo priklausomybė nuo magistralės ilgio, kai magistralė yra normalioje aplinkoje ir naudojami susukti kabeliai su dvigubais laidais



6 pav. Amplitudės procentinio sumažėjimo priklausomybė nuo magistralės ilgio, kai magistralė yra normalioje aplinkoje ir naudojami išvynioti kabeliai su dvigubais laidais

Iš 5 pav. matyti, kad amplitudės procentinis sumažėjimas, dėl laidų induktyvumo padidėjimo juos susukus ir silpno magnetinio lauko, yra tarp 70 ir 90 procentų verčių. Dėl susuktų kabelių padidėja induktyvumas, ko pasekoje padidėja ir banginė varža. Kadangi iš dviejų vytų porų kabelio panaudojami visi keturi laidai, kurie sujungiami po du sumažėja kabelių varža per pusę. Sumažėjus kabelių varžai per pusę, pro juos prateka didesnė srovė. Pratekanti didesnė srovė padidina įtampos nuostolius. Išvyniojus kabelius su dvigubais laidais gaunami nauji rezultatai, kurie pateikti 6 pav.

Išvyniojus kabelius su dvigubais laidais sumažėjo induktyvumas. Sumažėjus induktyvumui sumažėjo ir banginė varža. Bet amplitudės slopimas ir dažnų trikdžių buvimas didesniuose ilgiuose išliko.

4. Išvados

1. DeviceNet šalutinę magistralę galima pratęsti ilgesne, nei ji nurodoma specifikacijoje. Pratęsus šalutinę magistralės liniją atsirastų dažnesnių trikdžių ir amplitudės slopimų, bet DeviceNet tinklas turi filtrus, kuriais nufiltruojami visi trikdžiai, nes stende esanti DeviceNet komunikacija, nerodė jokio klaidos būvimo tinkle, visų atliktų tyrimų metu.
2. Parengtas bandymų stendas ir laboratorinio darbo aprašas leis susipažinti su komunikacijų savybėmis.

Literatūra

1. **Aleksa V., Galvanauskas V.** Technologinių procesų automatizavimas ir valdymas. – Kaunas: Technologija, 2008. 191-217 p. ISBN 978-9955-25-505-5.

2. Multisensorinių Sistemų Laboratorija. Prieiga per internetą: < <http://www.msl.ktu.lt/courses/KompKomunikacijos/KompKomunikacijuPaskaitos.pdf> > [žiūrėta 2012-11-20].
3. OMRON Corporation, Industrial Automation Company. Prieiga per internetą: < http://industrial.omron.eu/en/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj1m/communication_units/default.html > [žiūrėta 2012-11-22].
4. **Večkys A.** Pramoninės komunikacijos tinklai procesų valdyme. – Kaunas: Technologija, 2011. 156-161 p. ISBN 978-9955-25-296-2.
5. **Rutkauskas R.** Valdymo sistemų komunikacijos. – Kaunas: Technologija, 2012. 43-97p. e-ISBN 978-609-433-114-5.
6. Rutkauskas R., Petrauskas T., Valickas J. Integrated Mechatronic System Communications Test Stand. Proceedings of the 7th Int. Conf. ITELMS'2012, 3-4 May 2012 Panevėžys. – Kaunas: Technologija, 2012. 147-151 p.



SMULKIŲ KROVINIŲ SANDĖLIO TECHNOLOGINIO APRŪPINIMO TYRIMAS

R. Viltrakis, Ž. Bazaras

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: sandėlių įranga, sandėlio našumas.

1. Įvadas

Šiuolaikinis sandėlis – tai techniškai sudėtingas statinys, kurį sudaro daugybė tarpusavyje susijusių elementų; jis turi savo struktūrą, atlieka funkcijas susijusias su atsargų srautais, kaupimu, perdirbimu, krovinių paskirstymu vartotojams. Sandėlis taip pat suprantamas kaip vieta medžiagų atsargoms, kurios nedaro tiesioginės įtakos gamybai. Turimos medžiagos laiko požiūriu yra panaudojamos vėliau.

Vykdamas sandėlių užduotis, į optimalų medžiagų srautą dažnai nėra atsižvelgiama, nes praleidžiama medžiagų srauto analizė.

Medžiagų srauto analizė priskiriama nematerialioms logistikos priemonėms ir ne vien tik optimizuoja transportą, tačiau gali pateikti išsamią informaciją, svarbią įmonės strateginiams sprendimams [1].

Gerai išplanavus sandėlį, galima pagerinti klientų aptarnavimą, sumažinti išlaidas ir padidinti operacijų, atliekamų su atsargomis, našumą [2].

Tyrimo tikslas – palyginti dviejų tipų sandėlius ir nustatyti, kurio sandėlio veikla ekonomiškai pagrįsta labiau.

2. Tyrimo objektas

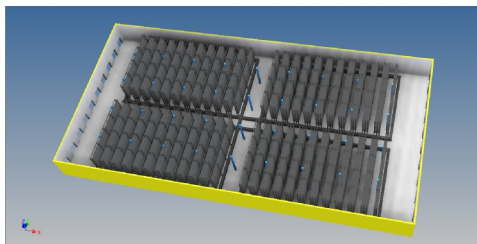
Lyginami iš dalies mechanizuotas ir automatizuotas sandėliai. Pirmuoju atveju kroviniai iškraunami, transportuojami, sandėliuojami, atrenkami bei pakraunami panaudojant žmogaus valdomus elektrokrautuvus. Antruoju atveju žmogaus valdomais elektrokrautuvais kroviniai yra tik iškraunami ir pakraunami. Transportavimas, sandėliavimas ir atrinkimas vykdomas automatizuotomis mašinomis panaudojant transporterius, aukštuminius štabeliavimo įrenginius bei rūšiavimo įrenginius. Abiem atvejais kroviniams saugoti skirtas plotas yra vienodas. Tačiau iš dalies mechanizuotame sandėlyje dėl riboto elektrokrautuvo pakėlimo aukščio stelažai numatomi žemesnio aukščio ir didesnį sandėlio grindų plotą užima

lyginant su aukštuminais stelažais, kurių aukštis nėra ribojamas. Iškrovimo ir pakrovimo zonos taip pat vienodos. Sandėlio pastato gabaritiniai matmenys abiem atvejais yra vienodi: 120 m ilgio ir 60 m pločio. Krovos vienetai – smulkios platus vartojimo buitinės prekės, sukrautos ant standartinių Euro padėklų (1200×800 mm) po 50 kartoninių dėžių ant kiekvienos. Vienos dėžutės masė 5 kg.

3. Atliktas skaitinis tyrimas

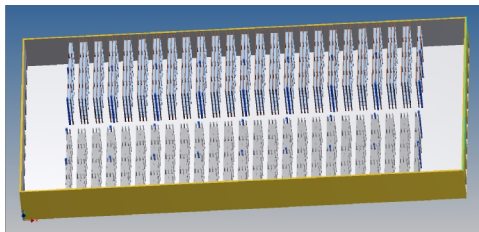
Iš pradžių "Autodesk Inventor" erdvinio modeliavimo programos pagalba sudaromas automatizuoto sandėlio planas (1 pav.). Iškrovimo darbams atlikti parenkamas elektrokrautuvas „Atlet Tergo UMS 160“, kurio techninės charakteristikos: keliamoji galia 1,6 t, judėjimo greitis 12,5 km/h.

Krovinių transportavimo juostų linijinis greitis 0,3m/s, štabeliavimo mašinos horizontalaus judėjimo greitis 0,5m/s, vertikalaus judėjimo greitis 0,5m/s. Numatomas rūšiavimo įrenginio našumas 60 dėžių/min.



1 pav. Automatizuoto sandėlio bendras vaizdas

Panaudojant tą pačią programą sudaromas iš dalies mechanizuoto sandėlio planas (2 pav.). Šiame sandėlyje iškrovimo, transportavimo, sandėliavimo, atrinkimo ir pakrovimo darbai atliekami naudojant modernius aukštuminius elektrokrautuvus „Atlet Omni DCR ESP 150“, kurių keliamoji galia 1,5 t, kėlimo aukštis iki 11 m, horizontalaus judėjimo greitis 12 km/h, krovinių pakėlimo/nuleidimo greitis 0,45 m/s.



2. pav. Automatizuoto sandėlio bendras vaizdas

Sandėlių parametrų nustatymui modeliuojama situacija, jog per parą sandėlys dirba 16 valandų, kas valandą atvažiuoja po du sunkvežimius, kiekvienas kurių atveža po 30 padėklų krovinį. Per valandą sukomplektuoti ir išsiųsti taip pat reikia du tiek pat pakrautus sunkvežimius.

Elektrokrautuvo techninis našumas randamas [3]:

$$W = \frac{3600}{T_c}; \quad (1)$$

$$T_c = t_{p1} + t_{p2} + \frac{2h}{v} + \frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}; \quad (2)$$

čia T_c – vieno ciklo trukmė, s; t_{p1} ir t_{p2} – krovinio pagriebimo ir padėjimo laikai, s; h – krovinio kėlimo aukštis, m; v – įrenginio darbo padargo kilimo/nusileidimo greitis, m/s; l – pervežamo krovinio kelio ilgis, m; v_1 ir v_2 – įrenginio judėjimo greitis atitinkamai su krovinio ir be jo, m/s.

Automobilio iškrovimo laikas randamas:

$$T_{iskrov} = n_{palet} T_c; \quad (3)$$

čia n_{palet} – Euro padėklų kiekis viename automobilyje, vnt.

Maksimalus galimas krovos posto našumas apskaičiuojamas:

$$Q_{pam} = \frac{T_{pam}}{T_{iskrov}}; \quad (4)$$

čia T_{pam} – pamainos trukmė, s.

Pusiau mechanizuotam sandėlyje reikalingų krovinius komplektuojančių elektrokrautuvų kiekis

$$n_{kraut} = \frac{n_{krov} T_c}{3600 T_{pam}}. \quad (5)$$

4. Tyrimo rezultatai

Atlikus skaičiavimus, remiantis pasirinktos įrangos techniniais parametrais, nustatėme, jog dirbant tokiam pusiau mechanizuotame sandėlyje turi nuolatos dirbti du elektrokrautuvai atvykstančių krovinių iškrovimo fronte bei 17 elektrokrautuvų be perstojo surinkinėti užsakymus, kad sąlyga būtų patenkinta. Tuo tarpu automatizuotame sandėlyje, norint įvykdyti iškeltą sąlygą, pakanka 1 elektrokrautuvo tiek iškrovimo, tiek pakrovimo operacijoms atlikti.

Atliktų skaičiavimų suvestinė

Parametras	Pusiau mechanizuotas sandėlys	Automatizuotas sandėlys
Iškrovimo ciklo trukmė	103 s	26 s
Elektrokrautuvo našumas	35 padėklai/h	138 padėklai/h
Sunkvežimio iškrovimo trukmė	51 min	13 min
Max. priimamų krovinių kiekis per parą	1110 padėklų	2220 padėklų
Reikalingas elektrokrautuvų kiekis	17 vnt	1 vnt
Darbuotojų skaičius vienai pamainai	20 vnt	5 vnt

4. Išvados

1. Automatizavus sandėlio darbą automobilio aptarnavimo laikas sumažinamas tris kartus, taip pat trigubai geriau išnaudojamas elektrokrautuvai.
2. Maksimalus per parą apdorojamų krovinių kiekis automatizuotame sandėlyje padidėja du kartus.
3. Įvertinus aptarnaujančio personalo poreikį automatizuotame sandėlyje vienai pamainai būtų reikalinga keturis kartus mažiau darbuotojų.

Literatūra

1. Įmonės sandėliavimo efektyvumą didina vangiai. Prieiga per internetą: < <http://www.prototechnika.lt/?lt=1283786007> > [žiūrėta 2012-11-29].
2. Equinox Europe Logistikos procesų optimizavimas. Prieiga per internetą: < <http://www.equinox.lt/automatizuotos-rusavimo-sistemos-sorteriai/oval-sorteris/> > [žiūrėta 2012-11-29].
3. **Meidutė I.** Sandėliavimo logistika. I dalis. – Vilnius: Vilniaus teisės ir verslo kolegija, 2007. – 79 p. ISBN 978-9955-19-086-8.



MOLINIO GRUNTO GNIUŽUMO IR KIRPIMO SAVYBIŲ TYRIMO METODIKŲ ANALIZĖ

A. Garuckas, J. Bareišis

Kauno technologijos universiteto Technologijų fakultetas

Raktiniai žodžiai: molinis gruntas, geotechniniai tyrinėjimai, laboratoriniai grunto kirpimo ir gniuždymo bandymai.

1. Įvadas

Projektuojant statinius sąnaudos pamatų konstrukcijoms didele dalimi priklauso nuo grunto stiprio įvertinimo. Grunto stiprio nustatymui atliekama daug įvairių tyrimų. Dažniausiai gruntų mechanikos laboratorijose atliekami kirpimo ir gniuždymo bandymai. Grunto gniužumo savybių tyrimas atliekamas pagal standarto Eurokodas-7, dalies Nr. 7 reikalavimus [1]. Grunto kirpimo savybių tyrimas atliekamas pagal standarto Eurokodas-7, dalies Nr. 10 reikalavimus [2].

Gruntai gali būti skirtingo drėgnumo. Natūralaus grunto drėgnis w yra vandens masė m_w , kurią galima pašalinti iš grunto jį džiovinant 105°C temperatūroje, kol masė tampa pastovi, išreikšta procentais sauso grunto masės m_s atžvilgiu [3]:

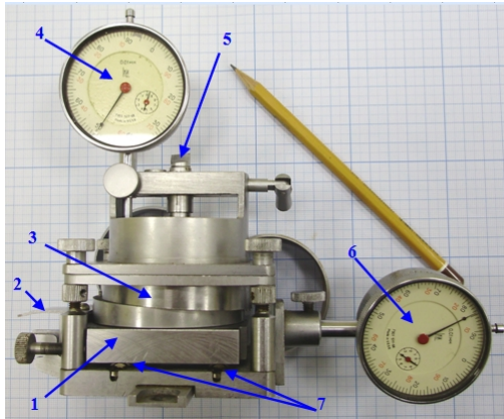
$$w = \frac{m_w}{m_s} 100\% . \quad (1)$$

Tiriamų bandinių drėgnis priklauso nuo dalelių tipo ir gruntinio vandens padėties. Pavyzdžiui, smėlių aeracijos zonoje drėgnio kaita priklauso nuo metų laiko ir kritulių kiekio. Molio gruntų drėgnis gana pastovus, nes vandens prasiskverbimo greitis labai mažas. Smėlių natūralusis drėgnis kinta nuo 2 iki 16% (aeracijos zonoje), o molių nuo 18 iki 48%. Grunto drėgnis laboratorinėmis sąlygomis dažniausiai nustatomas taikant svorinį metodą 0,1% tikslumu [3].

Darbo tikslas – apžvelgti senos, nebetinkamos naudoti gruntų tyrimo įrangos parametrus. Ir trumpai aprašyti naujos tyriamajame projekte naudotos įrangos techninius duomenis bei pagrindinius nustatymus tyrimų vykdymui.

2. Iki 2010 metų naudotos laboratorinės įrangos aprašymas

Iki 2010 metų, KTU Technologijų fakulteto Statybos technikos katedros mokomojoje laboratorijoje, gruntų tyrimams buvo naudojama Litvinovo PLL-9U1 (rusų k. ПЛЛ-9У1) lauko laboratorija [4, 5]. Prietaisas pagamintas 1975 metais, jį sudaro (žr. 1 pav.): 1 – paslankioji plokštuma; 2 – grunto kirpimo svirties tvirtinimo elementas; 3 – nepaslankus žiedas; 4 – gniužumo indikatorius; 5 – ašinės apkrovos svėrto atramos vieta; 6 – šlyties indikatorius. 7 – paslankios plokštumos guoliai.



1 pav. Grunto tyrimo prietaisas PLL-9U1

Grunto bandinio skersmuo 56,5 mm, aukštis 20 mm, maksimalus žiedų persislinkimas 6 mm. Indikatorių tikslumas $\pm 0,01$ mm. Apkrova sukeliamą 100, 200, 500 gramų svarelių ir svirčių pagalba. Atliekant grunto tyrimą, svareliai kabinami rankomis, stebint chronometro bei poslinkio indikatorių parodymus, todėl atsiranda „žmogiškojo“ faktoriaus tikimybė, kas gali ženkliai įtakoti tyrimo rezultatus. Atsižvelgiant į galimų klaidų atsiradimą ir prietaiso susidėvėjimą, jo tolesnis naudojimas tampa neįmanomu.

3. Laboratorinė įranga atitinkanti standartų reikalavimus

Kadangi aukščiau paminėti prietaisai yra pagaminti daugiau kaip prieš 30 metų ir nebetinkami naudoti, 2010 metais KTU Technologijų fakulteto Statybos technikos katedra įsigijo naują gruntų testavimo įrangą. Gruntų tyrimams bus naudojama tiesioginė kirpimo bei odometrinio testavimo įranga WILLE GEOTECHNIK ADR-1, LO3400/X-10 (žr. 2 pav.). Įrangos techniniai parametrai:

- jėgos jutiklis KAS-E//D Kl.: 0,2 tipo, didžiausia jėga 10 kN, tikslumas $\pm 0,0001$ kN;
- ašinės ir skersinės deformacijų jutikliai TRS 25 tipo, o jų tikslumas $\pm 0,001$ mm.

Tiriami grunto bandiniai yra cilindro formos, kurio skersmuo yra 70 mm. Kerpamojo stiprio tyrimui naudojami 20 mm aukščio cilindrai, o gniuždymo stiprio tyrimui – 150 mm aukščio cilindrai. Maksimali skersinė grunto bandinio deformacija gali būti iki 14 mm. Maksimali ašinė bandinio deformacija – iki 25 mm.

Įrenginio valdymo pultas – SIEMENS SIMATIC TD 200. Tyrimų duomenys kaupiami ir apdorojami kompiuteryje su Windows XP operacine sistema. Įrenginį aptarnaujanti programinė įranga Winbod Version 1.85.



2 pav. Gruntų testavimo įranga ADR-1, LO3400/X-10

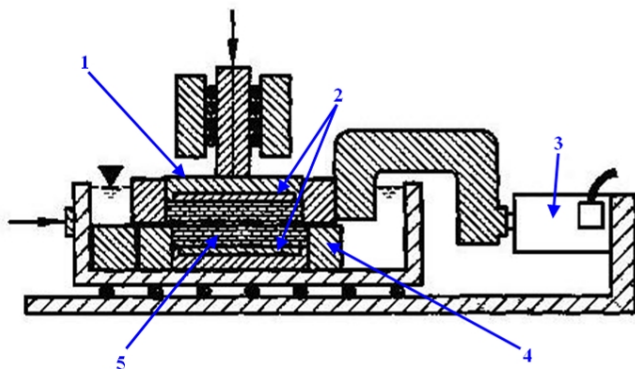
4. Gniuždymo ir kirpimo bandymų eiga

Nuo grunto kerno smulkiadančiu pjūkle ar peiliu atpjaunamas ruošinys, kuris būtų mažiausiai 5 cm aukštesnis už naudojamą žiedą. Atpjautas ruošinys pastatomas vertikaliai ant tvirto pagrindo, iš viršaus uždedamas pasirinktas žiedas ir šiek tiek paspaudžiamas žemyn (žr. 3 pav.).

Žiedas užspaudžiamas tiek, kad gruntas būtų išlindęs apie 5 mm. Tada peiliu atsargiai, kad nenutrupėtų gruntas, sulyginamas su žiedo kraštu. Nuo ruošinio žiedas su gruntu nupjaunamas paliekant taip pat 5 mm. Atskyrus gruntą su žiedu nuo ruošinio, grunto perteklius, peiliu nulyginamas iki žiedo



3 pav. Žiedo užpildymas gruntu



4 pav. Grunto kirpimo schema [2]: 1 – preso plokštelė; 2 – aktyta plokštelė; 3 – jėgos jutiklis; 4 – judančioji plokštuma; 5 – tiriamas gruntas

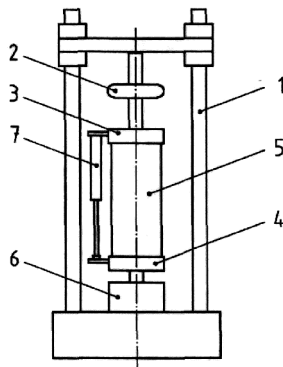
krašto. Pripildę žiedą gruntu uždedame ant bandinio abiejų pusių drėgnus filtracinio popieriaus skritulėlius [3]. Užpildžius žiedą jis pasveriamas ir įstatomas į kirpimo plokštumą borteliu žemyn bei specialaus stumtuvo pagalba įstumiamas į kirpimo konteinerį.

Toliau kompiuterio programos Winbod atitinkamuose langeliuose suvedami reikalingi duomenys, kirpimo atveju: konsolidacijos žingsnių „*Consolidation Stages*“ apkrovos ir apkrovų išlaikymo laikas (50; 100; 150; 200; 250 kN/m²), duomenų paėmimo dažnis „*Samplig Rate*“ (20 s), maksimalūs bandinio ašiniai įtempiai „*Normal Stress*“ (300 kN/m²), kirpimo greitis „*Strain Rate*“ (0,05 mm/min), maksimalus poslinkis „*Max Shear Displacement*“ (14 mm), bandinio skerspjūvio plotas „*Sample Area*“ (40 cm²), bandinio aukštis „*Sample Height*“ (20 mm).

Grunto gniuždymo atveju programos nustatymai tokie: nuskaitymo dažnis „*Sensing Time*“ (1 s), maksimalus susėdimas „*Maximal Upset*“ (16%), bandinio skerspjūvio plotas „*Sample Surface*“ (40 cm²), grunto bandinio aukštis „*Sample Height*“ (150 mm), gniuždymo greitis „*Strain Rate*“ (2 mm). Tarpas tarp kerpačiųjų plokštumų nustatomas 0,5 ... 1,0 mm. Visi nustatymai turi atitikti standarto Eurokodas-7 rekomendacijas [2].

Atlikus visus reikalingus nustatymus pradedamas grunto kirpimas (4 pav.). Pirmiausiai preso plokštelė 1 nuleidžiama ant bandinio ir bandinys užspaudžiamas nustatyta jėga. Išlaikius nustatytą laiką judančioji įrenginio plokštuma 4 pradeda judėti nustatytu greičiu. Jėgos jutiklis 3 išmatuoja kirpimo jėgą. Visi nuskaityti duomenys įrašomi kompiuteryje programos Winbod kataloge formatu 3EA. Įrašytus duomenis rekomenduojama transformuoti arba į TXT, arba į XLS (Microsoft Office Excel 2003) formatus, kad būtų galimybė atsidaryti rinkmenas bet kuriame kompiuteryje tolimesniam duomenų apdorojimui. Grunto gniuždymo tyrimas vykdomas taip (žr. 5 pav.): 150 mm aukščio molinio grunto bandinys 5 dedamas ant žemutinės

plokštumos 4, o viršutinė plokštuma 3 rankiniu būdu nuleidžiama žemyn tiek, kad tarp grunto ir plokštumos liktų ne didesnis kaip 10 mm tarpas. Toliau atlikus visus reikalingus programos Winbod nustatymus, paspaudus „Start“ mygtuką pradedamas tyrimas. Pavaros mechanizmas 6 sraigto pagalba nustatytu greičiu rėmą 1 traukia į įrenginio korpuso vidų taip spausdamas viršutinę plokštumą prie žemutinės. Jėgos jutiklis 2 fiksuoja apkrovą. Jutiklis 7 užfiksuoja ašinės deformacijas. Nuskaityti duomenys kaip ir kirpimo atveju įrašomi kompiuteryje 3EA formatu.



5 pav. Grunto gniuždymo schema [1]:
1 – rėmas; 2 – jėgos jutiklis;
3 – viršutinė, judanti plokštuma;
4 – žemutinė, nejudanti plokštuma;
5 – tiriamas grunto bandinys;
6 – pavaros mechanizmas;
7 – ašinių deformacijų jutiklis

5. Išvados

Pamatų racionalumas priklauso nuo grunto stiprio. Su turima įranga atlikti gniužumo ir šlyties tyrimai leis parinkti optimalias pamatų konstrukcijas, sumažinti statybinių medžiagų sunaudojamus kiekius bei statybos kaštus.

Literatūra

1. Eurokodas-7. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 7 dalis. Smulkaus grunto vienašio gniuždymo bandymas (ISO/TS 17892-7:2004).
2. Eurokodas-7. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 10 dalis. Tiesioginio kirpimo bandymai (ISO/TS 17892-10:2004).
3. **Doroševs V., Stelmokaitis G.** Gruntų mechanika. Laboratorinių darbų aprašai. Mokomoji knyga. Kaunas, 2011. – 84 p.
4. ИнтерСтройПрибор. Prieiga per internetą: < <http://interstroypribor.tiu.ru/p2981319-polevaya-laboratoriya-litvinova.html> > [žiūrėta 2012-11-04].
5. Геостройизыскания – официальный дистрибьютор TOPCON и SOKKIA. Prieiga per internetą: < <http://www.gsi.ru/good.php?id=753> > [žiūrėta 2012-11-04].



KROVINIŲ VEŽIMO KELIŲ TRANSPORTU OPTIMIZAVIMAS

M. Tuominis, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: puspriekabė, krovinys, pakrovimo laikas.

1. Įvadas

Transporto paslaugų sfera turi labai didelę reikšmę tarptautinei prekybai. Kroviniams transportuoti skirtos išlaidos atsižvelgiant į prekių rūšį įtakoja galutinę prekės kainą, nes kroviniams išvežti ir atvežti skirtos sąnaudos gali siekti nuo 2% iki 20% galutinės produkto kainos. Todėl įmonės, turinčios vidutines ir dideles vežimo sąnaudas, stengiasi mažinti krovinų vežimui skirtas išlaidas. Sąnaudas galima mažinti naudojant vis našesnes vežimo priemones, informacines technologijas, mechanines technologijas, nes pagrindinė transportuoti naudojama žaliava – kuras, yra nuolatos brangstantis produktas. Daugelis transporto įmonių jau seniai naudoja šiuolaikinius vilkikus su ekonomiškais dyzeliniais varikliais, didesnio įkrovumo priekabas, puspriekabas. Taip pat krovinų vežimui optimizuoti naudojama kita alternatyva – tai skaičiavimu pagrįstas krovinų įkrovimo bei optimalus transporto priemonės parinkimo metodas [1].

Krovinų gabenimui didelę reikšmę turi laikas. Šiuolaikinėje rinkoje gamintojai ar prekybininkai, savo prekes nori gauti kuo greičiau ir tiksliai numatyto laiku. Tai transporto įmonėms prideda nemažą dalį atsakomybės, bet kartu ir didina, transporto įmonių pelną, nes per trumpesnį laiką nuvežama daugiau krovinų ir nuvažiuojama daugiau apmokamų kilometrų.

Darbo tikslas – pateikti kuo daugiau įdėjų, inovatyvių priemonių padedančių pagreitinti krovinų gabenimą, kartu mažinant išlaidas ir didinant pajamas.

2. Transporto priemonių užtikrinančių optimizavimą parinkimas

2.1. Daugiaaukštė puspriekabė

Šiuo metu, ko gero, didžioji dalis visų keliais riedančių puspriekabių yra standartinės tentinės puspriekabės. Tačiau vis daugiau vežėjų domisi ir

naujos kartos dviaukštėmis, kurios, remiantis naudotojų patirtimi, pateisina visus įsigijusių tokių transporto priemonių lūkesčius. Talpi, saugi ir ekonomiška – tokia yra dviaukštė transporto priemonė (žr. 1 pav.).



1 pav. Daugiaaukštė puspriekabė [2]

Naudojant dviejų aukštų įrenginį, talpinamų krovinių skaičius, atsižvelgiant į jų svorį, gali padidėti dvigubai. Vieni gabenami kroviniai kraunami apačioje ant grindų, o kiti – ant sumontuotų aliuminių lentų, kurių kiekviena išlaiko 400 kg apkrovą. Toks būdas leidžia vežti įvairiausių krovinius: paletes, smulkias, mažagabarites pakuotes ar ilgas konstrukcijas – kartu vienu metu, nepadarant jokios žalos apatinėje dalyje sukrautam kroviniui ir taip įgyjant didelį konkurencinį pranašumą. Kai nereikalinga dviaukštė puspriekabė, ji lengvai vieno vairuotojo transformuojama į įprastinę užuolaidinę puspriekabę.

2.2. „Gigalaineriai“

Naujausia kelių transporto inovacija yra „gigalainerių“ bandymai. Nuo 2012 m. pradžios Vokietijoje yra bandomi „gigalaineriai“ – autotraukiniai, kurių bendras ilgis 25 m (žr. 2 pav.). Šiuos bandymus inicijavo Vokietijos transporto ministerija. Kol kas pirmieji bandymų rezultatai nėra skelbiami ir neaišku ar įstatymų leidėjai palaikys „gigalainerius“.

Tokie transporto priemonės valdyti reikia patyrusio vairuotojo, nes ji beveik 7 m ilgesnė už įprastą vilkiką su puspriekabe. Patys Vokietijos vairuotojai teigia, kad greitai priprantama prie didesnės transporto priemonės, kuri gali vežti iki 150 m³ krovinių.

Į du „gigalainerius“ telpa tiek pat krovinių kiekį tris įprastus vilkikus su puspriekabėmis. Dėl tikslių kuro sąnaudų sumažėjimo iki šiol yra ginčijamasi. Kaip privalumą visi pripažįsta tai, kad reikia mažiau personalo, o tai automatiškai mažina administracinį darbą. Kritikai teigia, kad tokios transporto priemonės yra per didelės, per lėtos ir per sunkios automagistralėms, tiltams ir pervažoms. „Gigalainerius“ eksploatuojančios įmonės gina šias transporto priemones teigdami, kad maksimalus transporto priemonės ilgis siekiantis 25,25 m yra pakankamai saugus.

Tokios transporto priemonės kartu su kroviniu gali sudaryti iki 60 t. masę, tačiau pagal atliekamo bandymo reikalavimus, masė negali būti didesnė nei 40 t., tad kol kas tokios transporto priemonės vežioja tik sąlyginai lengvesnius krovinius. „Gigalaineriams“ taip pat yra draudžiama atlikti lenkimą. Patyrę vairuotojai tokiomis transporto priemonėmis be vargo įveikia žiedus, siaurus išvažiavimus ar nuvažiavimus nuo autostradų. Transporto priemonė visada lieka savo važiuojamojoje juostoje. Puspriekabės ratai atliekant posūkį taip pat pasisuka, o tai ir padeda išvengti užvažiavimo ant bortelių ar šalikelės. Didžiausia problema kyla įveikinant geležinkelio pervažas. Dėl kelio nelygumų ir transporto priemonės specifikos, per jas judama labai lėtai, o pervaža gali užsidaryti, kol „gigalaineris“ dar bus pervažoje. Bandymų metu sunkvežimiams leidžiama važiuoti tik tomis kelių atkarpomis, kur nėra geležinkelio pervažų.



2 pav. „Gigalaineris“ [3]

2.3. Puspriekabės su aerodinaminiais gaubtais

Vis plačiau pradedama naudoti puspriekabės su aerodinaminiais gaubtais puspriekabės apačioje. Puspriekabės gaminamos dviašės (žr. 3 pav.) ir triašės. Dviašės puspriekabės pasižymi net keletu įdomių naujovių. Maksimali transporto junginio masė su šia puspriekabe galės būti 38 t vietoj įprastų 40 t. Taip yra dėl to, kad puspriekabė yra dviašė. Joje naudojamos dvi „Rotos“ ašys, kurių kiekviena gali būti apkrauta 10 t mase. Šioms ašims reikia 385/65 R 22.5

dydžio padangų, kurių minimali leistina apkrova yra 5 t. Vežėjai turėtų sutaupyti pirkdami padangas. Jų reikės mažiau, o ir pasipriešinimas riedėjimui su keturiomis padangomis bus žymiai mažesnis nei su įprastomis šešiomis.

Kuro taupymas garantuotas. Prie šio taupymo prisidės ir nauja aerodinamika, kuri mažina pasipriešinimą orui. Gamintojai teigia, kad tokia puspriekabė sutaupo iki 15 proc. kuro. Per metus galima sutaupyti apie 5 tūkst. EUR, jei vilkikas su puspriekabe nurieda 150 tūkst. km.



3 pav. Puspriekabė su aerodinaminiais gaubtais [4]

3. Maršruto perdavimas į mašinos navigacinę sistemą (Webfleet sistema)

„Webfleet“ sistema sujungta su navigatoriais visiškai atitinka šiuolaikinius logistikos ir krovinių pervežimo paslaugas teikiančių įmonių reikalavimus. Navigatorius suteikia galimybę greičiau orientuotis mažai pažįstamoje teritorijoje, o „Webfleet“ sistema suteikia galimybę operatyviai vairuotojui nusiųsti kelionės tikslą. Siųsti įvairią svarbią tekstinę informaciją nesirūpinant SMS ar skambučių įkainiais įvairiose šalyse. „Webfleet“ suteikia galimybę dispečeriui sudaryti visą kelionės maršrutą, jį optimizuoti vieno mygtuko paspaudimu ir nusiųsti tiesiai į vairuotojo kabinoje įmontuotą navigatorių. Kelionės eigą realiu laiku gali stebėti ir kontroliuoti dispečeris Webfleet darbo lange, o esant reikalui siųsti korekcijas (žr. 4 pav.).

„Webfleet“ taupo įmonės pinigus, nes vairuotojui nusiuntus tikslas kelionės tikslo koordinatas išvengiama klaidų, ilgų sukimų ratais ieškant kelionės tikslo. Su šia sistema visas bendravimas su vairuotoju yra be papildomų mokesčių – nekainuoja siunčiamos SMS nei dispečeriui, nei vairuotojui, taip pat nėra tikslo visos informacijos glaudinti į trumpą žinutę, nes jų kiekis neribojamas. Realio laiku stebint transporto priemones, turint galimybę operatyviai siųsti kelionės tikslą, pakeitimus ir svarbią tekstinę informaciją, padidėja darbo našumas, taigi vienas dispečeris gali aptarnauti kur kas daugiau transporto priemonių be didesnių pastangų. [5]



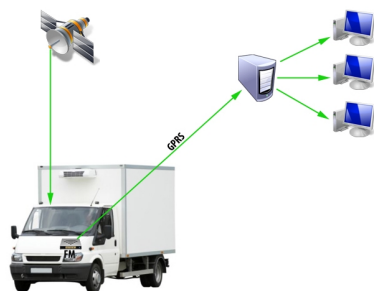
4 pav. Webfleet sistema [5]

4. Inovatyvios sistemos „tuščias-pilnas“ pritaikymas ir nauda

Kelių transporto kaštams mažinti diegiamos įvairios šiuolaikinės technologijos ir navigaciniai įrenginiai, kuriamos transporto valdymo sistemos, maršrutų planavimo programos, transporto sekimo programos, kuriamos technologijos kuro taupymui, didinamas transporto krovinio kiekis. Taip pat labai svarbus aspektas transporto kaštams mažinti yra transporto priemonės užimtumas. Krovininius vežančių įmonių pelnas priklauso nuo nuvažiuotų kilometrų kiekio, kuo daugiau krovininiai automobiliai nuvažiuoja kilometrų per mėnesį tuo didesnis gaunamas pelnas. Transporto kompanijos norėdamos užtikrinti mašinų užimtumą samdo transporto vadybininkus, kurių darbas kuo operatyviau pakrauti vilkikus, su minimaliu stovėjimo laiku, bei minimaliu kilometrų kiekiu reikalingu nuvažiuoti nuo iškrovimo vietos iki pakrovimo vietos. Esant dabatinei krovinio rinkai tai padaryti nėra lengva, būtina turėti pastovius klientus kurie veža krovininius transporto kompanijos darbo kryptimis. Transportą valdančios kompanijos naudoja krovinio biržos paslaugomis, kurioje yra rinkoje siūlomi kroviniai (Lietuvoje www.cargo.lt).

Inovatyvus pasiūlymas kaip pagerinti krovininių automobilių užimtumo laiką yra sistema „tuščias-pilnas“. Sistema padės sutaupyti brangiai kainuojantį laiką iki krovinio pasikrovimo.

Sistemos veikimo principas ganėtinai paprastas, ekspedicijos kompanija savo lėšomis įdiegia į krovininius automobilius sekimo įrangą arba jei sistema įdiegta į transporto priemonę, ją perkonfigūruoja kompiuteriniu būdu. Sistema „tuščias-pilnas“ veikia kartu su sekimo įrangos ir mašonoje įrengta svėrimo įranga. Svėrimo įranga teikia informaciją apie pakrauto krovinio svorį sekimo įrangai. Šią informaciją atpažįsta ir sistema „tuščias-pilnas“. Jei svėrimo įrangos vilkike nėra, vairuotojas turi paspausti mygtuką įrengtą sekimo sistemoje, taip sistema „tuščias-pilnas“ informuojama, kad mašina tuščia. Šią informaciją GPS/GPRS ryšiu perduoda į tarnybinę stotį, kur ji yra kaupiama ir pateikiama klientui. Klientas šią informaciją gali internetu prisijungęs matyti per internetinę naršyklę iš bet kurio kompiuterio, arba iš kompiuterio su įdiegta specializuota programa [6, 7] (žr. 5 pav.).



5 pav. Duomenų perdavimas klientui [8]

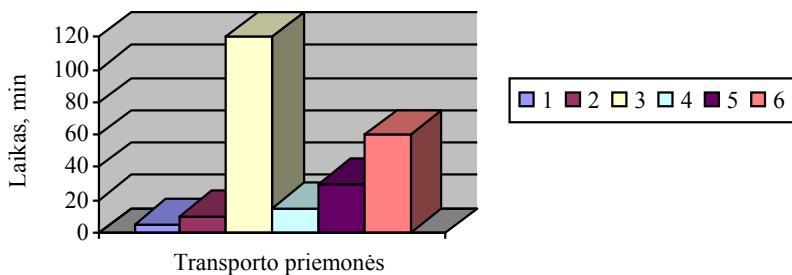
Ekspedicinės kompanijos vadybininkai savo kompiuterių ekranuose matys visas transporto priemones kuriose įdiegta sekimo programa, o sistemos „tuščias-pilnas“ pagalba ekspeditoriai turės galimybę matyti tuščius krovininius automobilius. Automobiliai kompiuterinėje programoje rodomi žemėlapyje, vienas automobilis vaizduojamas raudonu tašku kai jis pilnas, priešingu atveju kai automobilis iškraunamas ir yra tuščias taškas vaizduojantis transporto priemonę virsta žaliu. Ekspeditorius matydamas tuščias transporto priemones turi galimybę pasiūlyti patogioje geografinėje padėtyje esančius krovinius, tai leidžia pagerinti sunkiasvorių transporto priemonių užimtumo laiką ir sutaupyti kuro sąnaudas.

Sistemos efektyvumui įrodyti pasirenku dviejų rūšių transporto priemones, vilkiką su standartinė 92 m³ puspriekabe ir tentinį 120 m³ autotraukinį. Šias transporto priemones išskiriu į: su sistema „tuščias-pilnas“ ir su svėrimo įranga, į vien tik su sistema „tuščias-pilnas“ ir be jokios įrangos. Su šiais automobiliais atlikau tyrimą laiko atžvilgiu, kiek laiko užtrunka transportas iki krovinio gavimo ir iki krovinio pasikrovimo, lentelėje matomas didelis sistemos „tuščias – pilnas“ pranašumas laiko atžvilgiu (žr. 1 lent.).

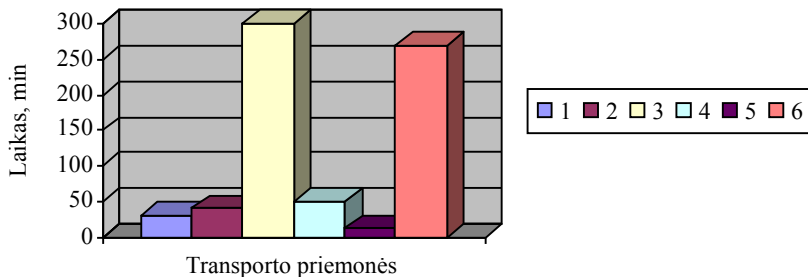
1 lentelė

Sistemos „tuščias-pilnas“ efektingumas laiko atžvilgiu

Nr.	Transporto priemonė	Svėrimo įranga	Sistema „tuščias-pilnas“	Laikas iki krovinio gavimo, min	Laikas iki krovinio pakrovimo, min
1.	Tentas 92 m ³	+	+	5	30
2.	Tentas 92 m ³	-	+	10	40
3.	Tentas 92 m ³	-	-	120	300
4.	Tentas 120 m ³	+	+	15	50
5.	Tentas 120 m ³	-	+	30	120
6.	Tentas 120 m ³	-	-	60	270



6 pav. Transporto priemonės laikas iki krovinio gavimo. Skaičiai 1, 2, ..., 6 atitinka transporto priemonių numerius, pateiktus 1 lentelėje



7 pav. Transporto priemonės laikas iki krovinio pasikrovimo. Skaičiai 1, 2, ..., 6 atitinka transporto priemonių numerius, pateiktus 1 lentelėje

Sistemos „tuščias-pilnas“ efektyvumo pavaizdavimas grafiniu būdu atsižvelgiant į laiko sąnaudas iki krovinio gavimo ir iki krovinio pasikrovimo, skirtingos transporto priemonės sužymėtos skaičiais pagal lentelės eiliškumą (žr. 6 ir 7 pav.).

Diagramos dėka galime matyti kokį pranašumą laiko atžvilgiu turi krovininiai automobiliai su sistema „tuščias-pilnas“. Laiko skirtumas ne daug skiriasi ir vien tik su sistema „tuščias-pilnas“, tai laikas kurį sugaišta vairuotojas mygtuko paspaudimui.

Krovininių automobilių be jokios sistemos laiko kaštai skiriasi daug kartų, tą laiką pasikrautos mašinos gali išnaudoti važiavimui iki iškrovimo vietos, bei greičiau gali būti pakraunami kiti kroviniai.

5. Išvados

1. Krovininių automobilių tobulinimas niekuo nenusileidžia lengvųjų automobilių naujovėms, daug dėmesio skiriama kuro kiekio ir taršos

mažinimui, stengiamasi kuo efektingiau išnaudoti sunkiojo transporto įkrovumo galimybes, kuo efektingiau ir tiksliau sudaryti maršrutus. Šiais tikslais siekiama sumažinti vežamos produkcijos galutinę kainą, kad ji būtų kuo priimtinesnė vartotojams.

2. Inovatyvios sistemos „tuščias – pilnas“ privalumas aiškiai matomas gautais skaičiais bei grafiniu pavidalu. Su sistema „tuščias – pilnas“ krovinio gavimo laikas nuo 5 iki 30 minučių priklausomai nuo transporto rūšies, o be sistemos tai užtrunka nuo 4 iki 5 valandų. Laikas labai svarbus transporto priemonių savininkams, kurie tai jaučia pinigine išraiška, kas jiems yra svarbiausias aspektas krovinių pervežimo versle.

Literatūra

1. **Baublys A.** Krovinių vežimas. – Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla, 1998. – 360 p.
2. Ligranta UAB – naujų puspriekabių pardavimas. Prieiga per internetą: < <http://www.puspriekabe.lt/lt/index;projects;show,id.25,item.45> > [žiūrėta 2012-02-25].
3. Technologinių naujienų portalas. Prieiga per internetą: < http://www.technologijos.lt/n/technologijos/automobiliai_ir_motociklai/S-14770/straipsnis?name=S-14770&l=2&p=1 > [žiūrėta 2012-04-22].
4. Sunkvežimių ir komercinių transporto priemonių svetainė. Prieiga per internetą: < <http://www.kamionhirek.hu/20080310/szuperkonnyu-treler-kogel-phoenixx> > [žiūrėta 2012-11-28].
5. „AKTKC“ – Apsaugos, konsultacijų ir transporto kontrolės centras. Prieiga per internetą: < www.apsaugoscentras.lt/navigacija_ir_susirasinejimas > [žiūrėta 2012-03-15].
6. **Batarlienė N.** Informacinės transporto sistemos. – Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla, 2011. – 340 p.
7. Krovinių ir transporto naujienos, krovinių birža Lietuvoje ir Europoje. Prieiga per internetą: < www.cargonews.lt/autotransportas/Vokietijoje-bandomi-%W2%80%9Egigalaineriai/ > [žiūrėta 2012-04-27].
8. Eljunga UAB. Prieiga per internetą: < www.eljunga.lt/lt/sekimas/ > [žiūrėta 2012-11-17].



AUTOMOBILIŲ IŠMETAMŲJŲ DUJŲ SISTEMOS SUKELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS

K. Čiūras, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: automobilių triukšmas, garsas.

1. Įvadas

Triukšmu vadinamas nepageidaujamas žmogui garsas, sklindantis iš įvairių (natūraliųjų ir dirbtinių) garso šaltinių [1].

Pagrindinis aplinkos triukšmo šaltinis yra transporto sistemos, tiek motorinių transporto priemonių, tiek aviacinis bei geležinkelio linijų triukšmas. Vienas iš miestų planavimo uždavinių yra siekti minimalaus aplinkos triukšmo [2].

Triukšmas yra nuolatinis ir neišvengiamas, todėl didelė dalis gyventojų nėra nuo jo apsaugoti. Europos Sąjungos (ES) Žaliojoje knygoje triukšmo ateities politika teigia, kad apie 20% ES gyventojų kenčia nuo triukšmo, kuris sveikatos specialistų nuomone, yra nepriimtinas, t. y. triukšmas, kuris gali sukelti susierzinimą, miego sutrikimus ir neigiamą poveikį sveikatai. Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) apskaičiavo, kad apie 40% ES gyventojų yra veikiami kelių eismo triukšmo, kurio lygis viršija 55 dB(A), ir kad daugiau nei 30% yra veikiami didesnio nei 55 dB(A) nakties metu [3].

Didelis triukšmas labai kenkia žmogaus sveikatai ir trikdo kasdienę žmonių veiklą mokykloje, darbe, namuose ir laisvalaikio metu. Tai gali trikdyti miegą, sukelti širdies ir kraujagyslių ligas bei psichofiziologinį poveikį, sukelti susierzinimą ir pokyčius socialiniame elgesyje [4].

2. Teisės aktai reglamentuojantys triukšmą

2002 metais patvirtinta Europos Parlamento ir Komisijos direktyva 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo. Ši direktyva pateikia nuostatas, kaip plėtoti ir užbaigti esamą Bendrijos priemonių dėl pagrindinių šaltinių spinduliuojamo triukšmo rinkinį. O ypač dėl kelių ir geležinkelių transporto priemonių bei infrastruktūros, orlaivių, lauko mechanizmų ir

pramonės įrangos bei mobilių įrenginių. Taip pat parengti papildomas trumpalaikes, vidutinės trukmės ir ilgalaikes priemonės jam mažinti.

Taip pat įgyvendinant Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo nuostatas, ES valstybės pagal triukšmo strateginio kartografavimo rezultatus rengia triukšmo prevencijos veiksmų planus. 2002/49/EB direktyvos nuostatos į Lietuvos teisinę bazę perkeltos Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymu (žin., 2004, Nr. 1645971), o triukšmo prevencijos veiksams įgyvendinti sudaryta Valstybinė triukšmo prevencijos veiksmų 2007-2013 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2007 m. birželio 6 d. nutarimu Nr. 564 (žin., 2007, Nr. 67-2614).

Triukšmo prevencijos ar mažinimo priemonių įgyvendinimo prioritetą yra triukšmo ribinių verčių, nustatytų atliekant triukšmo strateginį kartografavimą, viršijimai. Triukšmo ribinės vertės yra nurodytos Lietuvos higienos normoje HN 33:2007 "Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje" (žin., 2007, Nr. 75-2990) [5].

Manoma, kad per artimiausius 20 metų didžiuosiuose Vidurio ir Rytų Europos miestuose dėl transporto triukšmas padidės vidutiniškai 0,5 ... 1,0 dBA per metus. Jei nebus imtasi triukšmo mažinimo priemonių, tai transporto srauto padidėjimas 25% sukels triukšmo lygio padidėjimą 1 dBA. Todėl šiuo metu didėjantis triukšmas (55 ... 65 dBA) siejamas su augančiu transporto priemonių skaičiumi. Greičio didėjimas bei padangų ir kelio dangos sąveikos procesai taip pat susiję su kylančiu triukšmo lygiu.

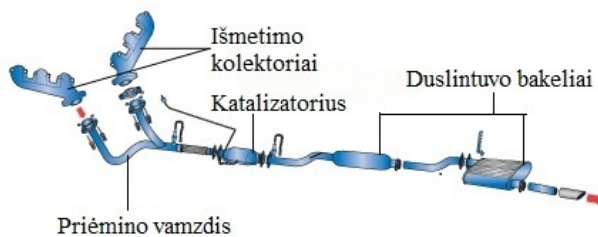
Lietuvoje galioja higienos normos, kuriose nurodomas leistinas triukšmo lygis įvairiu paros metu. Leidžiamas triukšmo lygis nuo 6 iki 18 val. – 45 dBA, nuo 18 iki 22 val. – 40 dBA, nuo 22 iki 6 val. – 35 dBA.

30 dBA garsą skleidžia laikrodžio tiksėjimas, lapų šnarėjimas, 35 dBA – žmonių šnabždesys, 40 dBA – negarsi kalba, 50 dBA – įprasta kalba, 60 dBA – elektrinė barzdos skutimo mašinėlė, 90 dBA – riksmas [6].

3. Automobilių išmetimo sistema

Automobilio dujų išmetimo sistemos paskirtis – nepavojingai pašalinti variklio darbo metu susikaupiančias dujas ir slopinti išmetimo garsą. Be garso slopinimo dujų išmetimo sistema atlieka sekančias funkcijas: neleidžia toksiškoms dujoms patekti į automobilio saloną, katalizatoriaus pagalba sumažinama kenksmingų dujų išmetimas į aplinką.

Pagrindinės išmetimo sistemos dalys yra: išmetimo kolektorius, priėmimo vamzdis, katalizatorius, jungiamasis vamzdis, duslintuvo bakelis ar bakeliai (1 pav.).



1 pav. Išmetimo sistema [7]

4. Automobilių variklių skleidžiamo triukšmo nustatymas

Automobilių variklių keliamo triukšmo ribinius dydžius ir jų nustatymo tvarka Lietuvoje reglamentuoja Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakymu patvirtintas Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribinių dydžių ir jų nustatymo tvarkos aprašas. Šis aprašas pateikia naudojamų kelių transporto priemonių skleidžiamo variklio triukšmo reikalavimus. Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribiniai dydžiai skirti stovinčių transporto priemonių keliamam triukšmui kontroliuoti ir mažinti jo neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai.

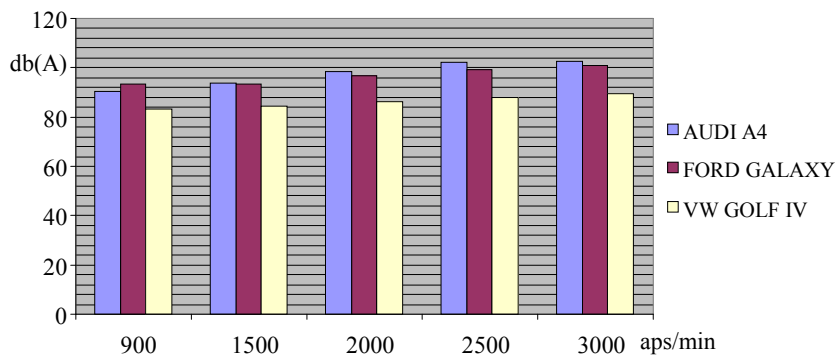
Bandymo vieta gali būti kiekviena vieta, kuriai nedaro įtakos dideli akustiniai trikdžiai. Šiam tikslui ypač tinka betono, asfalto arba koks nors kitas labai gerai garsą atspindintis plokščias paviršius. Bandymui atlikti netinka suplaktos žemės paviršiai. Bandymo vieta būtinai turi būti stačiakampio formos, kurio kraštinės nuo transporto priemonės yra bent už 3 m [8].

5. Eksperimentinių triukšmo tyrimų objektas ir metodika

Matavimai buvo atliekami „SVAN 958“ 4 kanalų garso lygio ir vibracijos matuokliu – analizatoriumi. Atliekant tyrimą buvo tiriami 5 automobiliai.

Matavimai atliekami prie išmetimo vamzdžio. Mikrofono padėtis turi būti viename aukštyje su išmetamųjų dujų išleidimo anga arba 0,3 m virš bandymo kelio paviršiaus. Mikrofono didžiausio jautrio ašis turi būti lygiagreti kelio paviršiui ir nukreipta į išmetamųjų dujų išleidimo vamzdį $45^\circ \pm 10^\circ$ kampu [9]. Tirti trys dyzeliniai ir du benzininiai automobiliai.

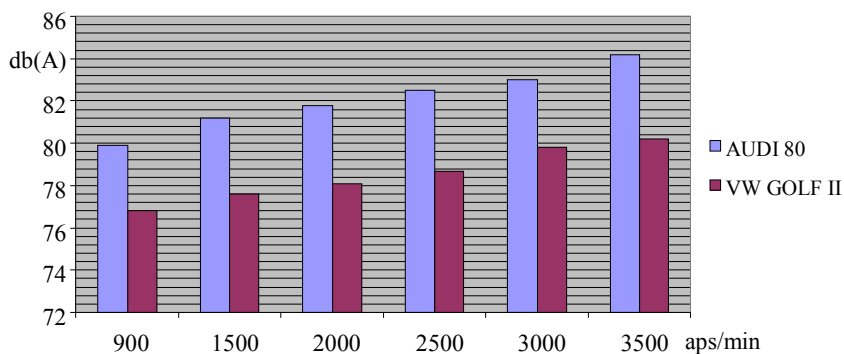
Lyginant visų dyzelinių automobilių matuotus triukšmo lygius prie išmetimo vamzdžio „VW Golf IV“ markės automobilis tyliausias – skleidžia 89,5 dB(A) triukšmą. Didžiausią triukšmą skleidžia „Audi A4“ dyzelinis variklis – triukšmo lygis 102,8 dB(A). Remiantis Lietuvos standarte nustatytais dydžiais, tik VW markės automobilis neviršija 90 dB(A) ribos esant 3000 aps/min (2 pav.).



2 pav. Dyzelinių automobilių sukeliama triukšmo palyginimas

Benzininių automobilių, kurių pirmą registraciją atlikta iki 2002 metų sausio 1 dienos, leistina maksimali triukšmo norma yra 91 dB(A) esant 3500 aps/min. Toks dydis yra nustatytas Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro įsakyme dėl kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribinių dydžių ir jų nustatymo tvarkos aprašo [10].

Benzininiai automobiliai parinkti senesni, 1985 ... 1989 m. gamybos, tačiau triukšmo lygis neviršija normų. „Audi 80“ pasiekė 84,2 dB(A) triukšmo lygį, o „VW Golf II“ – 80,2 dB (A) (3 pav.).



3 pav. Benzininių automobilių sukeliama triukšmo palyginimas

6. Išvados

Matuojant triukšmo lygius senesniems dyzeliniams automobiliams gauta, jog jų skleidžiamas triukšmas viršija LR nustatytą normą.

Visi benzininiai automobiliai, įskaitant mažalitražius ir didesnio litražo automobilius, nepasižymi labai dideliu triukšmingumu, o jų skleidžiamo triukšmo lygis yra 15...20 dB(A) mažesnis už dyzelinių automobilių.

Literatūra

1. Triukšmas. Prieiga per internetą: < http://www.radviliskisvbs.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=121:kaip-kenkia-triukšmas&catid=34:naujienos&Itemid=1 > [žiūrėta 2012-12-01].
2. Triukšmo tarša. Prieiga per internetą: < http://lt.wikipedia.org/wiki/Triuk%C5%A1mo_tar%C5%A1a > [žiūrėta 2012-10-10].
3. About noise. European Environment Agency. Prieiga per internetą: < <http://www.eea.europa.eu/themes/noise/intro> > [žiūrėta 2012-11-19].
4. Noise. World Health Organization. Prieiga per internetą: < <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise> > [žiūrėta 2012-11-19].
5. Akustinis triukšmas. Prieiga per internetą: < http://www.realierdve.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=171 > [žiūrėta 2012-04-10].
6. Triukšmo normos. Prieiga per internetą: < <http://www.akustika.lt/triukšmaujantys%20kaimynai.html> > [žiūrėta 2012-11-30].
7. Išmetimo sistema Prieiga per internetą: < <http://www.radiatoriukas.lt/ismetimas.html> > [žiūrėta 2012-11-30].
8. Automobilių variklių skleidžiamo triukšmo nustatymas. Prieiga per internetą: < <http://www.thefreelibrary.com/The+study+of+vehicle+traffic+noise%2FAutomobiliu+keliamo+triukšmo...-a0227598742> > [žiūrėta 2012-05-16].
9. Mikrofono didžiausio jautrio ašis. Prieiga per internetą: < <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31981L0334:lt:NOT> > [žiūrėta 2012-11-10].
10. Variklių triukšmo ribiniai dydžiai. < <http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=504CEC4A-A22D-415B-A88E-726CDE08F5BB> > [žiūrėta 2012-11-10].



DVIEJŲ JUDRUMO LAIPSNIŲ ŠARNYRINĖS ROBOTO RANKOS VALDOMO JUDESIO TYRIMAS

E. Vasiliūnas, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: roboto ranka, dinamikos modelis, du judrumo laipsniai.

1. Įvadas

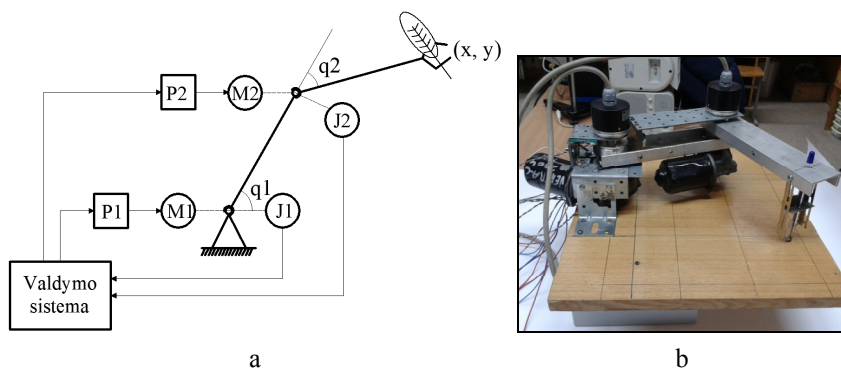
Robotų šarnyrinės rankos yra naudojamos atlikti įvairius darbus, tokius kaip surinkimas, krovimas, suvirinimas, šlifavimas, dažymas ir kt. Jų judesio tikslumui ir greitaveikai užtikrinti yra sprendžiami mechanikos statiniai ir dinaminiai uždaviniai.

Robotų mechanikos uždaviniai yra specifiniai, nes robotai yra valdomos sistemos, jie turi būti pakankamai tikslūs ir greitaeigiai, atliekant reikalingus objekto manipuliavimo veiksmus. Roboto darbo įtaisas turi judėti nustatyta trajektorija tam tikrais greičiais ir pagreičiais, atlikti reikalingus orientavimo judesius. Konstruojant robotus ir juos valdant tenka nagrinėti kinematikos ir dinamikos uždavinius [1].

Darbe tyrinėjama dviejų judrumo laipsnių šarnyrinė roboto ranka, kurios darbo įtaisas juda horizontalioje plokštumoje (1 pav.). Ši konstrukcija yra pranašesnė už kitokios konstrukcijos horizontalioje plokštumoje dirbančius robotus, nes užima mažiau vietos ir yra manevringesnė. Darbe nagrinėjamos šarnyrinės rankos paskirtis yra reklamuoti robotikos galimybes, kai tokia ranka piešia kompiuterio kamera užfiksuoto vaizdo fragmentą ar net visą vaizdą.

2. Tyrimų objektas

Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos principinė schema pateikta 1 pav. Roboto rankos galo taško (pieštuko) padėtis keičiama valdant dviejų, M1 ir M2, nuolatinės srovės variklių kampinius greičius. Variklių greičiams valdyti panaudotos dvi pavaros, P1 ir P2. Grandžių posūkio kampui matuoti panaudoti optiniai absoliutaus kampo keitikliai J1 ir J2. Visi šie komponentai prijungti prie valdymo įtaiso – mikrovaldiklio, kuris vykdomo komandas ir duomenis gauna iš personalinio kompiuterio.



1 pav. Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinė roboto ranka: a – principinė schema; b – sukonstruota konstrukcija

Sukonstruotą šarnyrinės roboto rankos konstrukciją (1 pav. b) sudaro: du 12 V nuolatinės srovės varikliai su sliekiniais reduktoriais; du absoliutiniai kampo keitikliai ($N = 4096$ imp/aps); stalas prie kurio standžiai pritvirtintas pirmasis variklis; dvi grandys ir rankos galo padėties įtaisas (tušinukas).

3. Roboto rankos dinamikos matematinis modelis

Bet kurio roboto rankos dinamiką apibūdina judėjimo lygtys, kurios aprašo mechanines grandis veikiančias jėgas ir momentus. Šios lygtys naudojamos roboto rankos judėjimui modeliuoti, valdymo dėsniams parinkti ir kinematinės schemos kokybei įvertinti. Todėl būtina sudaryti sukonstruotai roboto rankai valdyti tinkamas judėjimo lygtis [1].

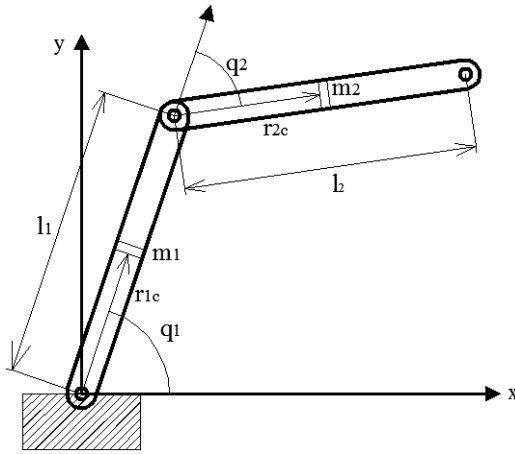
Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos kinematinė schema pateikta 2 pav. Roboto ranka dirba horizontalioje plokštumoje, todėl jos judesio neveikia gravitacinės jėgos.

Roboto rankos dinamiką aprašo tokia lygčių sistema [2]:

$$\begin{cases} (J_1 + m_2 l_1^2) \ddot{q}_1 + m_2 l_1 r_{2c} \ddot{q}_2 \cos(q_2 - q_1) - \\ - m_2 l_1 r_{2c} \dot{q}_2 (\dot{q}_2 - \dot{q}_1) \sin(q_2 - q_1) = T_1; \\ J_2 \ddot{q}_2 + m_2 l_1 r_{2c} \ddot{q}_1 \cos(q_2 - q_1) - \\ - m_2 l_1 r_{2c} \dot{q}_1 (\dot{q}_2 - \dot{q}_1) \sin(q_2 - q_1) = T_2; \end{cases} \quad (1)$$

čia $J_1 = 1/3 l_1^2 m_1$ ir $J_2 = 1/3 l_2^2 m_2$ – grandžių masių inercijos momentai, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$; $r_{2c} = l_2/2$ – atstumas iki antros grandies masės centro, m;

$m_{1,2}$ – grandžių masės, kg; $l_{1,2}$ – grandžių ilgiai, m; $q_{1,2}$ – grandžių posūkio kampai, rad; $\dot{q}_{1,2}$ – grandžių kampiniai greičiai, rad/s; $\ddot{q}_{1,2}$ – grandžių kampiniai pagreičiai, rad/s²; $T_{1,2}$ – sukimo momentai ties grandžių sujungimų ašimis, Nm.



2pav. Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos kinematinė schema

Roboto rankos pagrindiniai vykdymo įtaisai yra nuolatinės srovės varikliai, kurie kuria sukimo momentus, taip judindami atskiras roboto rankos grandis. Todėl rankos dinamikos modelį reikia papildyti nuolatinės srovės variklio modeliu.

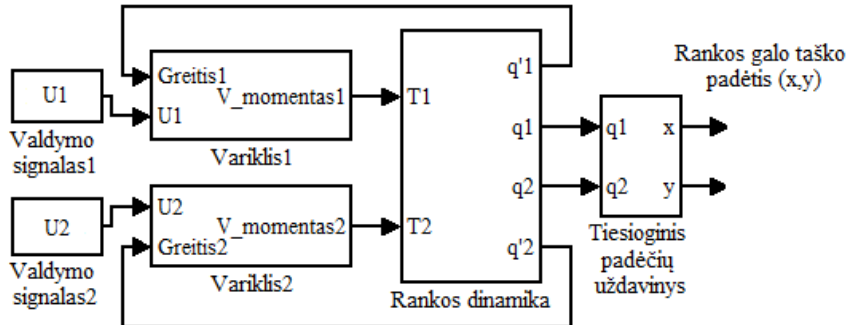
Nuolatinės srovės variklio modelis įvertinant trinties jėgas [3, 4]:

$$\begin{cases} L \frac{di}{dt} = u - i r - \omega C_E; \\ J \frac{d\omega}{dt} = i C_M - M_A - \omega f_S - [T_C \operatorname{sign}(\omega) + \\ + (T_S - T_C) \exp(-\alpha |\omega|) \operatorname{sign}(\omega)]; \end{cases} \quad (2)$$

čia L – variklio inkaro grandinės suminis induktyvumas, H; i – elektros srovės, tekančios inkaro grandine, stipris A; u – prie inkaro grandinės prijungta įtampa, V; r – inkaro grandinės suminė varža, Ω ; ω – variklio veleno kampinis sukimosi greitis, rad/s; C_E – generatorinės elektrosvaros jėgos konstanta, V·s/rad; J – variklio inkaro masės inercijos momentas, kg·m²; C_M – elektromechaninis perdavimo koeficientas, Nm/A; M_A – pasipriešinimo

momentas, Nm; f_s – skystosios trinties pasipriešinimo koeficientas, Nm·s/rad; T_C – sausosios trinties momentas, Nm; T_S – statinės trinties momentas, Nm; α – laiko pastovioji, s.

Taigi, visas dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos dinamikos modelis su nuolatinės srovės varikliais pateiktas žemiau esančiame paveikslėlyje (3 pav.).



3 pav. Dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos modelis

Roboto rankos modelį sudaro keli blokai (3 pav.):

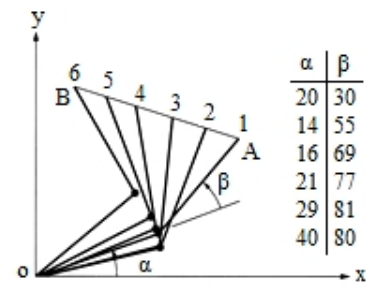
- blokai *Variklis1* ir *Variklis2* yra nuolatinės srovės variklio modeliai sukurti pagal (2) formulę;
- blokas *Rankos dinamika* yra sudarytas pagal (1) formulę;
- bloke *Tiesioginis padėčių uždavinys* iš roboto rankos grandžių santykinų koordinatų gaunama visos roboto rankos galo taško x ir y padėtis Dekarto koordinatų sistemoje pagal formules [5]:

$$x = l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2); \quad (3)$$

$$y = l_1 \sin(q_1) + l_2 \sin(q_1 + q_2). \quad (4)$$

4. Trajektorijos planavimas

Yra įvairių roboto rankos galo taško judesio trajektorijos planavimo algoritmų [6]. Šiame darbe panaudotas algoritmas, kai roboto rankos galo taškas juda iš taško A į tašką B tiesia linija. Jo esmė, kad interpoliuojant randama tiesės funkcija tarp pradžios ir pabaigos taškų. Po to tiesė suskaidoma į segmentus ir sprendžiant atvirkštinius padėčių uždavinius apskaičiuojami grandžių kampai kiekviename taške (4 pav.).



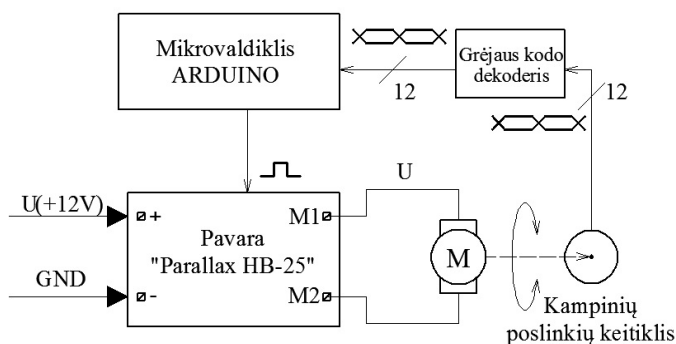
4 pav. Trajektorijos planavimas [6]

Kai žinomi visi roboto rankos grandžių pasukimo kampai kiekviename trajektorijos tiesės taške ir didžiausi grandžių sukimosi greičiai, apskaičiuojama, kuri grandis maksimaliu greičiu lėčiausiai įveiks kiekvieno segmento poslinkį. Tada šiai grandžiai konkrečiame segmente nustatomas didžiausias greitis, o kitos grandies greitis yra mažinamas, kad abi roboto rankos grandys apskaičiuotus poslinkius įveiktų per tą patį laiką.

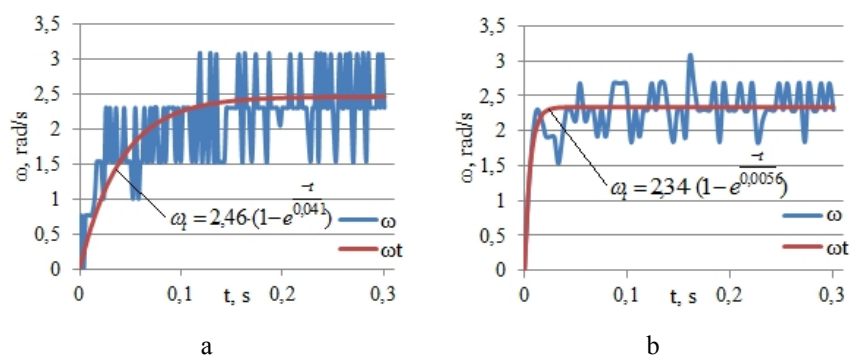
5. Laiko pastoviųjų tyrimas

Norint sudaryti sukonstruotos roboto rankos matematinį modelį, reikia ištirti naudojamų variklių dinamines charakteristikas ir apskaičiuoti reikiamus koeficientus. Tik tokiu atveju modeliavimo rezultatai bus adekvatūs realios šarnyrinės rankos judesio rezultatams.

Darbe tyrinėtos naudojamų variklių elektromechaninės laiko pastoviosios. Tyrimo schema pateikta 5 pav. Atliekant tyrimą gauti variklių kampinio greičio kitimo laike grafikai. Analizei paimta ta greičio grafiko dalis, kurioje greitis didėja nuo nulio iki nusistovėjusios vertės (6 pav., a ir b).



5 pav. Elektromechaninės laiko pastoviosios tyrimo schema



6 pav. Roboto rankos variklių kampinio greičio kitimo laike grafikai:
a – pirmo variklio; b – antro variklio

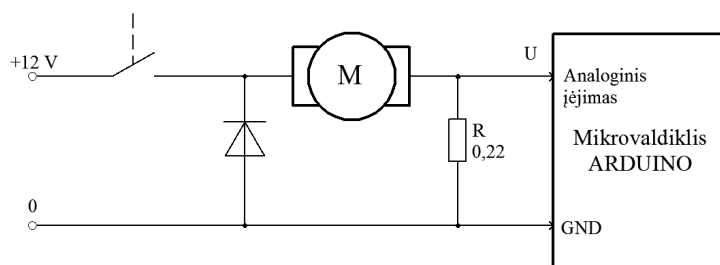
Roboto rankos variklių kampinio greičio kitimo laike duomenis apdorojus mažiausių kvadratų metodu gauta:

$$\omega_T = \omega_{\max} [1 - \exp(-t/T_M)]; \quad (5)$$

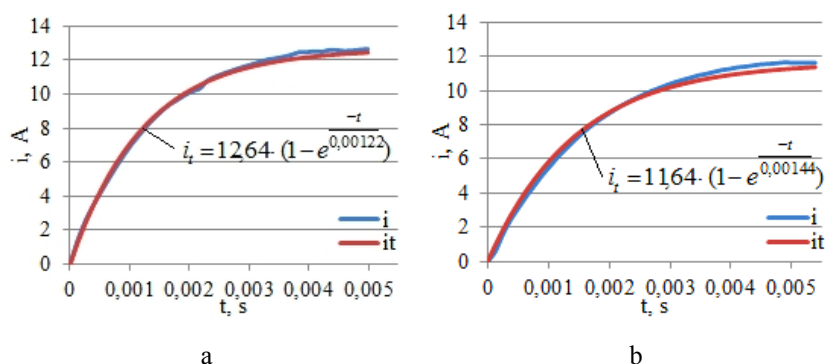
čia ω_T – variklio kampinio greičio reakcijos funkcija; $\omega_{\max}$ – nusistovėjusio kampinio greičio reikšmė; t – laikas; T_M – elektromechaninė laiko pastovioji ($T_{M1} = 0,041$ s ir $T_{M2} = 0,0056$ s).

Darbe taip pat tyrinėta elektrinė laiko pastovioji, kurią galima apskaičiuoti iš inkaro srovės kitimo grafiko variklio paleidimo metu. Tyrimo schema pateikta 7 pav. Eksperimento metu variklio įtampa buvo įjungiamą rankiniu būdu.

Atlikus tyrimą ir apdorojus gautus duomenis, sudaryti grafikai, kurie pateikti 8 paveikslėlyje.



7 pav. Elektrinės laiko pastoviosios tyrimo schema



8 pav. Roboto rankos pirmojo (a) ir antrojo (b) variklių elektros srovės kitimo grafikai paleidimo metu

Roboto rankos variklių elektros srovės kitimo laike duomenis apdorojus mažiausių kvadratų metodu gauta:

$$i_T = i_{\max} [1 - \exp(-t / T_E)]; \quad (6)$$

čia i_T – variklio srovės kitimo funkcija; $i_{\max}$ – nusistovėjusios inkaro srovės reikšmė; t – laikas; T_E – elektrinė laiko pastovioji ($T_{E1} = 0,00122$ s ir $T_{E2} = 0,00144$ s).

6. Modelio tyrimas

Iš gautų nuolatinės srovės variklių laiko pastoviųjų, paskaičiuoti visi kiti variklio parametrai, kurie reikalingi modelio sudarymui. Apskaičiuoti ir eksperimento metu išmatuoti parametrai pateikti 1 lentelėje.

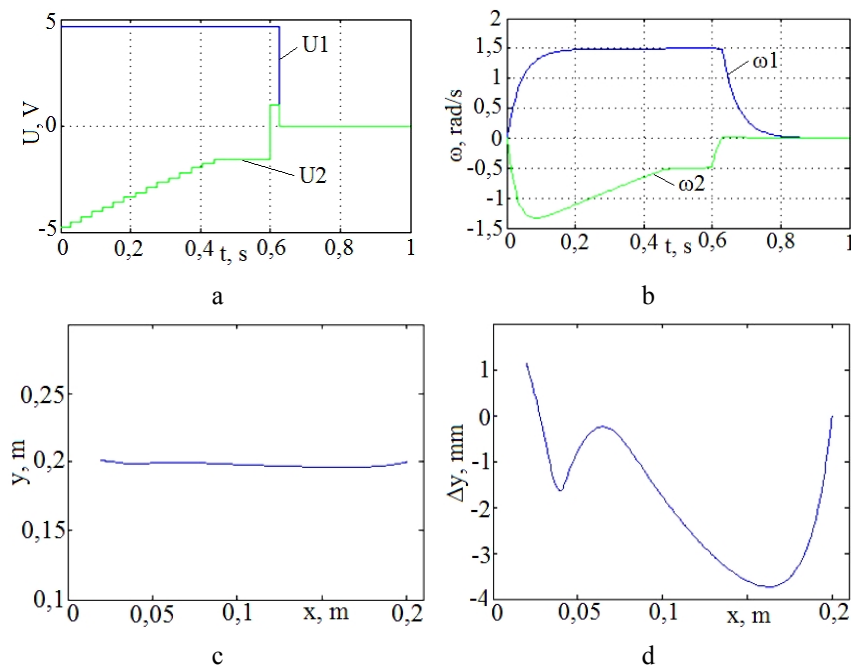
1 lentelė

Nuolatinės srovės variklių charakteristikos

Parametro pavadinimas ir matavimo vienetas	Žymėjimas	Reikšmė	
		1 variklis	2 variklis
Induktyvumas, H	L	0,00147	0,00216
Varža, Ω	R	1,0	1,0
Inercijos momentas, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$	J	0,0264	0,0500
Elektromechaninis koeficientas, $\text{N} \cdot \text{m/A}$	C_M	0,59	0,55
Generatorinės evj. konstanta, $\text{V} \cdot \text{s/rad}$	C_E	3,08	3,20
Elektrinė laiko pastovioji, s	T_E	0,00122	0,00144
Elektromechaninė laiko pastovioji, s	T_M	0,0410	0,0056

Roboto rankos dinamikos modelio sudarymui dar yra reikalingi grandžių ilgiai ir masės: $l_1 = 0,2$ m; $m_1 = 3,42$ kg; $l_2 = 0,2$ m; $m_2 = 0,36$ kg.

Sugeneravus roboto rankos sujungimų varikliams valdymo signalus (9 pav., a) pagal 4 skyriaus algoritmą, gauta roboto rankos judesio trajektorija, kuri pateikta 9 pav., c. Gautos trajektorijos paklaida nuo norimos trajektorijos pavaizduota 9 pav., d.



9 pav. Roboto rankos galo taško judėjimo tiese modeliavimo rezultatai: a – variklių valdymo įtampos kitimo grafikas; b – grandžių kampinio greičio kitimo grafikas; c – roboto rankos galo taško trajektorija Dekarto koordinačių sistemoje; d – paklaidos nuo norimos trajektorijos grafikas

7. Išvados

1. Darbe nagrinėjamas dviejų judrumo laipsnių šarnyrinės roboto rankos dinamikos matematinis modelis tiksliau atitinka realios roboto rankos dinamiką, nes įvertintos ir variklių statinės charakteristikos.
2. Atlikus naudojamų variklių elektromechaninės laiko pastoviosios tyrimus, gautos laiko pastoviosios $T_{M1} = 0,041$ s ir $T_{M2} = 0,0056$ s.

3. Atlikus naudojamų variklių elektrinės laiko pastoviosios tyrimus, gautos laiko pastoviosios $T_{E1}=0,00122s$ ir $T_{E2}=0,00144s$.
4. Modeliavimo rezultatai rodo, kad roboto rankos galo taško trajektorija nukrypsta nuo norimos trajektorijos iki 3,7 mm. Norint sumažinti paklaidą reikia tobulinti trajektorijos planavimo algoritmą.

Literatūra

1. **Bakšys B., Fedaravičius A.** Robotų technika. – Kaunas: Technologija, 2004. – 492 p. ISBN 9955-09-802-3.
2. **Jer-nan Juang, Minh Q. Phan.** Identification and control of mechanical systems. Cambridge university press, 2004. – 334 p. ISBN 0-511-03123-8.
3. **Chun Htoo Aung, Khin Thandar Lwin.** Modeling motion control system for motorized robot arm using MATLAB // World academy of science, Engineering and Technology (18), 2008. P. 372-375.
4. **Shuang Cong, Guodong Li.** Parameters identification of nonlinear DC motor model using compound evolution algorithms // Proceedings of the World Congress on Engineering Vol. I, London, 2010. ISBN: 978-988-17012-9-9.
5. **Nakamura M., Iwanaga T.** High Accuracy Control of Industrial Articulated Robot Arms with Trajectory Allowance Under Torque and Speed Constraint: Trajectory Generation and Taught Data Generation // Trans. of the Society of Instrument and Control Engineers Vol. E-2, No.1, 2002. P. 33-41.
6. Manipulator trajectory planning. Prieiga per internetą: <<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac/TeachPresEn/55IntelligentRobotics/080ManipulatorTrajectoryPlanning.pdf>> [žiūrėta 2012-11-10].



BRŪKŠNINIŲ KODŲ PANAUDOJIMO MOBILIŲ ROBOTŲ ORIENTACIJAI TYRIMAS

K. Valentinavičius, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: brūkšniniai kodai, roboto orientacija.

1. Įvadas

Orientacijos problema robotų technikoje yra labai svarbi. Robotas gali judėti ir atlikti užduotis tik tada, kai jis žino kur yra esamu momentu ir kokia jo orientacijos kryptis. Mobilus robotas turi žinoti absoliutines arba santykinės koordinatas tam, kad galėtų nustatyti savo padėtį erdvėje ar nedidelėje veikimo aplinkoje. Tik tada galima planuoti tolesnius veiksmus, saugiai judėti iš taško A į tašką B. Absoliutinės koordinatės dažniausiai nustatomos naudojant GPS (Globalaus Pozicionavimo Sistemą). Tačiau uždaroje patalpose, daugiaaukščių pastatų žemutiniuose aukštuose, rūsiuose, angaruose su metaliniu stogu ir metalinėmis konstrukcijomis GPS imtuvai dirba nepatikimai arba apskritai negali priimti signalų iš palydovų. Tokiu atveju gali būti naudojamos lokalias navigacijos sistemos – radijo ar infraraudonųjų spindulių švyturiai. Tačiau tai tinka gana atvirose patalpose, kur švyturiai yra neužstojami kitų objektų. Mobilaus roboto būvimo tikslios koordinatės gana dažnai negali padėti išspręsti roboto orientacijos problemų, kadangi robotas turi aptikti konkretų objektą ir jį atpažinti. Tai gali būti durys, vartai, dėžės, kroviniai, lentynos ir kiti objektai. Galima naudoti sudėtingas vaizdo atpažinimo sistemas, tačiau jos yra brangios, jas reikia iš anksto apmokyti.

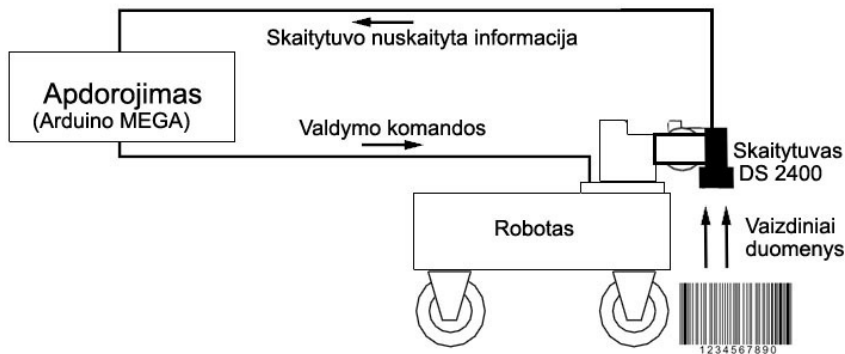
Mobilaus roboto traseje ar ant ieškomų objektų galima patalpinti lapelius su brūkšniniais kodais. Jie yra viena iš šiuolaikinių technologijų, vadinamų "automatinio atpažinimu" (auto identification, AutoID). Iš visų automatiškai skaitomų optinių žymėjimų brūkšniniai kodai yra patogiausia ir patikimiausia informacijos kodavimo priemonė, pelnusi visuotinį pripažinimą. Brūkšniniais kodais galima užkoduoti bet kokią informaciją – prekės numerį, serijinį numerį, sandėliavimo vietą lentynoje, žmogaus pavardę, absoliučias ar santykinės koordinatas ir kt. Brūkšniniai kodai, kaip viena iš automatizuotų sistemų sudėtinių dalių, turi labai dideles pritaikymo galimybes. Šiuo metu brūkšniniai kodai naudojami prekių, dėžių, detalių ar kitų surinkimo vienetų

žymėjimui. Dar viena jų savybė tai, kad lapelius su kodu labai lengva pašalinti ar užklijuoti naujus, su kitokia informacija.

2. Brūkšninių kodų panaudojimas

Brūkšniniai kodai mobiliųjų robotų orientavimuisi aplinkoje naudojami gana neseniai. Galima sutikti automatines sistemas, naudojančias brūkšninius kodus moderniuose sandėliuose, kuriuose jie naudojami atpažinti ar reikiama prekė padėta lentynoje. Tačiau yra žymiai daugiau sričių kuriose šis atpažinimo būdas gali būti pritaikytas. Pavyzdžiui, ligoninės transportinis mobilusis robotas skaito ant durų užklijuotus brūkšninius kodus ir taip sužino, prie kurių durų jis tuo metu randasi, ar tai jam skirta patalpa. Brūkšninių kodų lapeliai gali būti užklijuoti koridorių sankirtose ant sienų ar grindų, patalpose ant sienų ar baldų. Robotas, nuskaityęs brūkšninį kodą, gali tiksliai sužinoti savo buvimo vietą patalpoje.

Tipiška eksperimentinio roboto struktūra parodyta 1 pav. Čia brūkšniniai kodai skaitomi nuo lapelių, kurie priklijuoti ant grindų arba sienų. Nuskaityta informacija apdorojama ir roboto valdymo sistema priima sprendimą tolimesniems veiksams. Pavyzdžiui, priešais robotą yra zona, kurioje vaikšto žmonės. Brūkšninis kodas turi informaciją, kuri robotui reiškia, kad reikia apriboti maksimalų judėjimo greitį (analogiškai greičio apribojimo ženklui, kuris naudojamas keliuose).

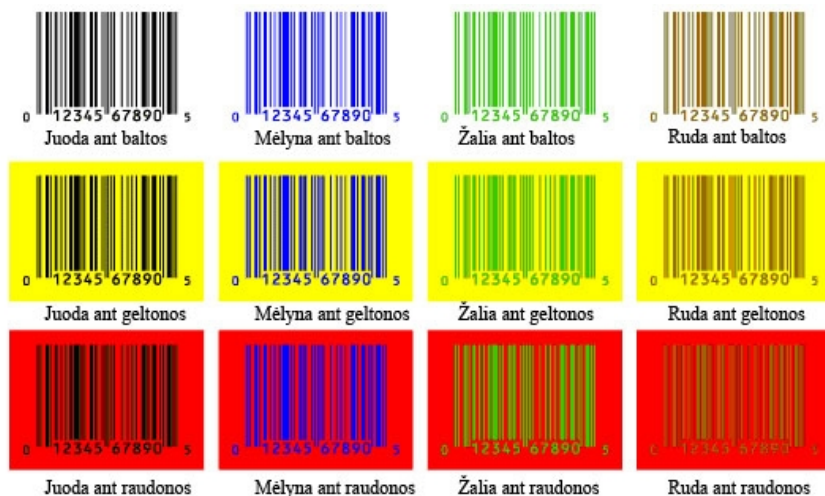


1 pav. Mobilaus roboto su brūkšninių kodų skaitytuvu struktūra

3. Sistemos analizė

Brūkšninio kodo simbolis, kuris būtų atpažintas skaitytuvu, turi būti tinkamo kontrasto tarp tamsių linijų ir šviesių tarpų. Kadangi dauguma

brūkšninių kodų skaitytuvų veikia su lazeriu, kuris identifikuoja "raudonas" bei „geltonas“ kaip baltas, nepaprastai svarbu, kad tinkamos stulpelio ir tarpo spalvos būtų nustatytos. Tinkamų spalvų deriniai parodyti 2 pav. Kiti deriniai nuskaitymi nepatikimai arba apskritai skenerio nepastebimi.



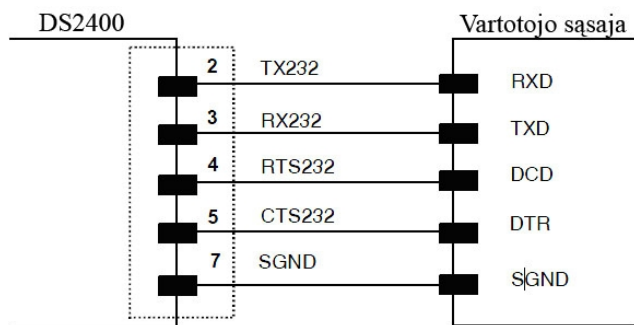
2 pav. Skaitytuvo nuskaitymos spalvų kombinacijos

Nagrinėjamas brūkšninių kodų skaitytuvas Datalogic DS2400A turi kelias sąsajas su kitais įrenginiais, tačiau dažniausiai naudojama RS232 – nuoseklaus ryšio sąsaja. Ja galima perduoti duomenis ir programuoti skaitytuvą. Tai yra numatytasis nustatymas. 1 lentelėje ir 3 pav. pavaizduoti sujungimai yra panaudoti RS232 sąsajos ryšiui (išskyrus RTS232 ir CTS232, nes jie nėra būtini).

1 lentelė

Skaitytuvo DS2400A sąsaja su kitais įrenginiais

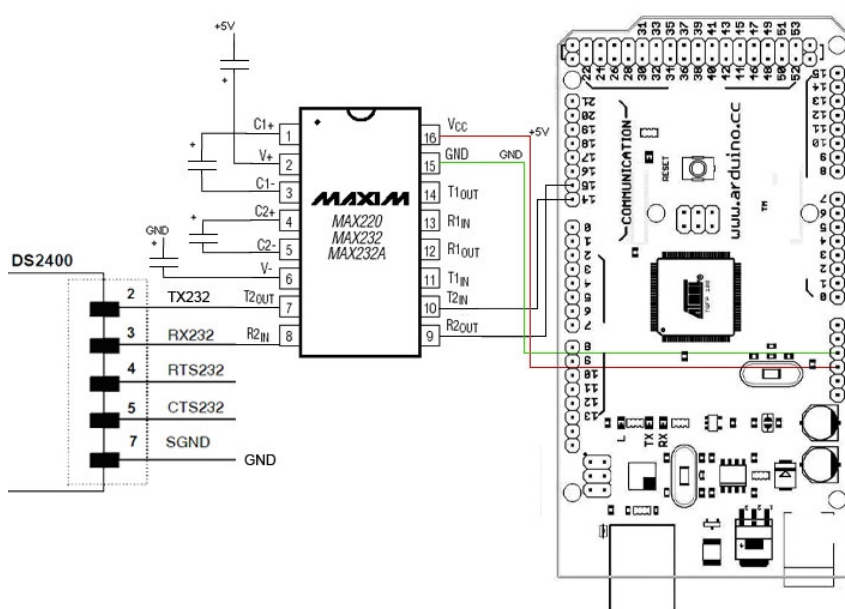
Kontaktas	Pavadinimas	Funkcija
2	TX232	siųsti duomenis
3	RX232	gauti duomenis
4	RTS232	prašyti siųsti
5	CTS232	valyti siuntimui
7	SGND	įžeminimo kontaktas



3 pav. RS232 sąsajos sujungimai naudojant aparatūros ryšio patvirtinimą (hardware handshaking)

4. Brūkšninių kodų skaitytuvo sujungimas su roboto valdymo plokšte

KTU Panevėžio institute sukurti keli eksperimentiniai mobilūs robotai, kurie, pagrindinėms operacijoms atlikti bei orientuotis aplinkoje naudoja Arduino valdymo plokštes, kurios priima jutiklių signalus, ir pagal parašytą programą vykdo joms užduotas funkcijas. Taigi, pagrindinis



4 pav. MAX232 jungimo schema

uždavinys – sujungti brūkšninių kodų skaitytuvą su turima (Arduino mega 2560) plokšte bei nusiųsti signalus, kuriuos skaitytuvas nuskaitytų brūkšniniam kode, į šią valdymo plokštę.

Tiek skaitytuvas, tiek Arduino plokštė turi RS232 sąsają, tačiau signalams apdoroti papildomai naudojama MAX232 mikroschema (4 pav.).

Skaitytuvas sujungiamas su MAX232 mikroschema bei Arduino plokšte, kuri valdo mobilų robotą. Įkėlus programą, kuri nuskaitytų brūkšninį kodą iš skaitytuvo į valdymo plokštę, buvo atliekami patikimumo bandymai. Čia buvo tirta, kokių maksimalių greičių gali važiuoti robotas, kad dar patikimai nuskaitytų brūkšninį kodą. Atlikti greičio bandymai parodė, kad robotui važiuojant maksimaliu greičiu (0,33 m/s), skaitytuvas nuskaitytų kodą visus 20 kartų, tai yra 100%. Bandymų metu lapeliai su brūkšniniais kodais buvo priklijuoti ant grindų ir roboto trajektorija buvo išilga brūkšninio kodo linijai.

5. Apšvietos ir skirtingų paviršių nuskaitymo eksperimentinis tyrimas

Siekiant sužinoti, kokią įtaką nuskaitymo atstumui daro ant skirtingų paviršių atspausdinti brūkšniniai kodai, buvo panaudotas paprastas popierius, foto popierius ir peršviečiama plėvelė. Brūkšniniai kodai buvo atspausdinti skirtingų spalvų ir bandoma, kokių atstumu skaitytuvas juos nuskaitys dienos šviesoje ir visiškoje tamsoje. Rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Apšvietos ir skirtingų paviršių nuskaitymo eksperimentinio tyrimo rezultatai

Brūkšnių spalvos	Atstumas, iš kurio skaitytuvas Datalogic DS2400A brūkšninį kodą nuskaitytų 100% patikimumu (iš 20 bandymų), cm			
	Paprastas popierius tamsoje	Blizgus popierius tamsoje	Paprastas popierius šviesoje	Blizgus popierius šviesoje
Juoda	45	41	45	41
Mėlyna	41	40	41	40
Ruda	39	37	38	37
Žalia	39	39	39	39

Skaitytuvas negalėjo nuskaityti kodų nuo peršviečiama skaidrių popieriaus, nes tarpai tarp kodo brūkšnelių visai neatspindi šviesos.

6. Išvados

1. Teoriškai išanalizuoti brūkšninių kodų aspektai: būtina teisingai parinkti kodo tipą, kodo spalvinę gamą, nes neteisingai parinkus spalvų derinius, skaitytuvas visiškai negalėtų nuskaityti kodų.

2. Ištirta jog geriausiai lazerinis skaitytuvas Datalogic DS2400A skaito tamsoje, nuo neblizgių paviršių. Kai brūkšninio kodo juodi brūkšniai yra baltame fone, didžiausias nuskaitymo atstumas – 45 cm.
3. Nustatyta, kad robotui judant 0,33 m/s greičiu (didžiausias roboto pasiekiamas greitis), brūkšninių kodų nuskaitymo patikimumas iš 20 bandymų buvo 100%.

Literatūra

1. **Hernaández S., Torres J. M., Morales C. A. and Acosta L.** A New Low Cost System for Autonomous Robot Heading and Position Localization in a Closed Area // *Autonomous Robots*, vol. 15, no. 2, 2003, p. 99-110.
2. **Jinwook Huh, Woong Sik Chung, Sang Yep Nam.** Mobile Robot Exploration in Indoor Environment Using Topological Structure with Invisible Barcodes. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, 2006, 29(2), p. 5265-5272.
3. **Zheng Rui, Yuan Kui, U Yuan.** A 2D code for mobile robot localization and navigation in indoor environments. Chinese High Technology Letters, 2008, 18(4), p. 369-374.
4. Color Selection for Barcode Symbols. Prieiga per internetą: < <http://www.barcode-us.com/upc/upcColorChart.html> > [žiūrėta 2012-11-06].



DVIPUSIO RADIJO RYŠIO SISTEMOS MOBILIAM ROBOTUI VALDYTI TYRIMAS

L. Papreckis, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: robotas, nuotolinis valdymas, radijo ryšys, valdymo pultas.

1. Įvadas

Robotų panaudojimo galimybės labai plačios: buityje, mokslo ir tyrinėjimų srityse, pramonėje, karyboje ir kt. Robotika yra viena sparčiausiai besivystančių sričių. Stacionarius (laidinius) robotus vis sparčiau keičia bevielio ryšio robotai. Pagrindinis tokių robotų privalumas – duomenų signalai perduodami radijo bangomis. Taip išvengiama laidinių sujungimų ir padidėja valdymo atstumas.

Stacionarių robotų panaudojimas ir efektyvumas gana ribotas. Pagrindinis jų trūkumas – darbas tik toje vietoje, kurioje jie yra pastatyti ar pritvirtinti. Ši problema išsprendžiama panaudojus bevielės sistemas. Jų praktinė nauda didelė, nes su tokiais robotais galima pasiekti vietas, kur žmogus negali net patekti. Didelis jų pritaikymas planetų, žemės vietovių tyrinėjimuose, gamybinėje ir socialinėje pramonėje ir kt. Tokiems mobiliams robotams būtini, stabilų ir patikimą radijo ryšį užtikrinantys, moduliai (siųstuvai ir imtuvai).

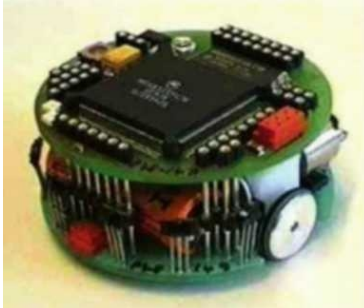
2. Mobilių robotų apžvalga

Mobilusis robotas yra platforma, galinti judėti tam tikroje aplinkoje (ore, sausumoje, vandenyje, po vandeniu), fiksuoti aplinkos parametrų pokyčius ir gebanti savarankiškai priimti sprendimus, kurie leidžia spręsti jai numatytus uždavinius surandant kelią iki tikslo ar atliekant konkretų darbą. Visi mobilieji robotai pasižymi keletu bendrų charakteristikų:

- mobilumu – gebėjimu autonomiškai judėti juos supančioje aplinkoje;
- jutimu – gebėjimu fiksuoti vidinius ir išorinius parametrus;
- intelektu – gebėjimu reaguoti į aplinkos poveikius ir savarankiai priimti tinkamiausius sprendimus.

Šiandien sunku rasti sritį, kurioje nebūtų taikomi arba tik pradedami diegti mobilieji robotai (1 pav.). Mobilūs robotai jiems iškeltas užduotis gali

atlikti įvairiose aplinkose: sausumoje, ore, kosmose, vandens paviršiuje ir po vandeniu, griuvėsiuose, vamzdynuose, cheminių medžiagų talpose, žmogaus ar gyvūno organizme ir kitose aplinkose. Tose aplinkose mobilūs robotai gali būti pritaikyti [1]: įvairiuose mokymo procesuose, moksliniams tyrimams, pramogoms, buitinių ar paslaugų problemų sprendimui, pramonėje, karyboje, medicinoje, aplinkos žemėlapių sudaryme, statyboje, žemės ūkyje, miškininkystėje.



a



b

1 pav. Mobilūs robotai: a – mokomasis robotas; b – karinis robotas [1]

2. Radijo ryšio sistemų tyrimas

Dėl sparčiai besivystančių elektronikos galimybių, sparčiai plečiasi įvairių nuotolinio valdymo įtaisų rinka, kurios dalis yra orientuota į robotų valdymą. Mobilūs robotai gali atlikti gausybę funkcijų įvairiausiose srityse, todėl jų gamyba tapo pakankamai pelningu verslu. Mobilius robotus gamina pasaulinio garso firmos, mažai žinomos firmos, universitetai ir šiaip entuziastai, bandantys palengvinti savo ar kitų žmonių gyvenimą. Nuotoliniam robotų valdymui, kai robotas yra tiesioginio matomumo ribose, dažnai naudojamas radijo ryšys, nulemiantis pakankamą bevielio ryšio kokybę tarp siųstuvo ir imtuvo sistemų. Yra įgyvendintų projektų, kuriuose robotai valdomi infraraudonaisiais (IR) spinduliais ar Bluetooth (BTM) sąsaja. Populiarėja ir GPRS ryšys, kurį taip pat galima panaudoti nuotoliniam roboto valdymui. Lietuvos rinkoje siūlomų radijo ryšio siųstuvų ir imtuvų yra labai daug, tačiau ryšio modulių, kurie tikėtų valdyti mobilių robotą nėra tiek daug. Visos šios priemonės yra skirtos automobilių, laivų ar lėktuvų modelių valdymui ir praktiškai neturi dvipusio ryšio priemonių. Tos nedidelės išimtys, kai pulte galima matyti du ar tris parametrus, atsiųstus iš valdomo objekto, robotų valdymui taip pat netinka.

Keleto radijo ryšio modulių charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

Radijo ryšio modulių pagrindiniai parametrai [2]

Ryšio moduliai	 HM-TR	 RFM50	 ZigBee	 BTM
Siunčiamo signalo dažnis, MHz	315; 434; 869; 915	433; 470; 868; 915	700; 800; 900; 2400	nuo 2402 iki 2480
Darbo įtampa, V	5,0	0,9 ... 3,6	3 ... 3,6	3,0; 1,8
Duomenų perdavimo greitis, kbps	nuo 0,293 iki 18,75	0,293	250 kbps	iki 3072
Perdavimo atstumas, m	~220 ... 330	~200	Su išorine antena iki 4000	iki 100
Modulio kaina, Lt	50	37	180	70
Dvipusio ryšio sistemos kaina, Lt	100	150	360	140

Pateikti ryšio moduliai, turi daugybę papildomų parametru, kurie palengvina arba apsunkina jų panaudojimą. Pavyzdžiui Bluetooth modulis sunku konfigūruoti bei paruošti darbui, o HM-TR moduliams yra sukurtos programų bibliotekos Arduino platformai, kurių naudojimas labai supaprastina programinio kodo kūrimą. Pasirenkant radijo ryšio modulių buvo atsižvelgta ir į ryšių reguliavimo tarnybos radijo dažnių naudojamų be atskiros leidimo sąrašus [3]. Atsižvelgta ir į tai, kad galingus siųstuvus (kurių išėjimo galia viršija leistinas normas) Lietuvoje be leidimų draudžiama naudoti. Taip pat kai kurie moduliai nepasirinkti dėl universalaus dažnių panaudojimo galimybių ar dėl jų dažnio naudojimo buitinėje ar pramoninėje aplinkoje (pvz., 2,4 GHz). Apibendrinant sukauptus duomenis dvipusio radijo ryšio sistemai, tinkamai robotui valdyti arba informaciniam ryšiui tarp kelių robotų užtikrinti pasirinkti HM-TR moduliai, nes jų parametrai optimalūs tarp tiriamų sistemų.

3. Mobilų robotų valdymo informacijos srautų tyrimas

Siekdami išgyventi mus supančioje aplinkoje, privalome visiškai pasikliauti savo regos, klausos, skonio, uoslės ir lytėjimo organais. Robotai, kaip ir gyvi organizmai, turi daugelį jutimo organų – jutiklių, kurie padeda jiems orientuotis juos supančioje aplinkoje ir išvengti kliūčių, trukdančių jiems įvykdyti numatytas užduotis ar pagal tipiškus kliūčių požymius susiorientuoti reikiama kryptimi ar indentifikuoti savo buvimo vietą.

Funkciniu požiūriu jutikliai skirstomi į vidinės būsenos jutiklius: enkoderiai, giroskopiai, potenciometai, jėgos jutikliai, akselerometrai, taktiliniai jutikliai, posvyrio jutikliai, akumuliatorių pakrovimo lygio jutikliai,

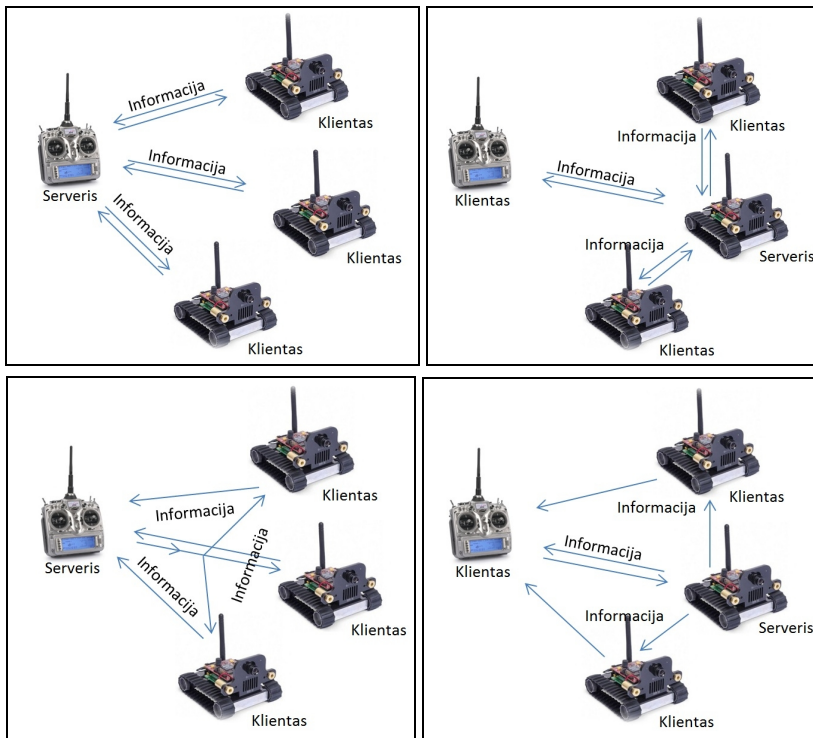
naudojamos srovės jutikliai, borto įtampos jutikliai. Šie jutikliai skirti roboto vidinių sistemų parametrų ir roboto būsenos matavimams. Kitos paskirties jutikliai yra išorinės būsenos jutikliai: GPS, elektroniniai kompasai, skenuojantys lazeriai, vaizdo atpažinimo sistemos, smūgio jutikliai, ultragarsiniai atstumo jutikliai, infraraudonųjų spindulių jutikliai, lazeriniai atstumo jutikliai, dujų ir temperatūros jutikliai. Jie skirti robotą supančios aplinkos parametrų matuoti bei užtikrinti teisingą roboto ir išorinės aplinkos tarpusavio sąveiką [1].

Tačiau iš esmės jutikliai yra informacijos keitikliai ir iš jų gauta informacija laikoma roboto valdiklio atmintyje. Priklausomai nuo jutiklio tipo, užimamos atminties vieta varijuoja labai įvairiai. Pavyzdžiui, taktilinis jutiklis išduoda loginį signalą (yra kontaktas arba nėra), kurio laikymui užtenka vieno bito. Kiti jutikliai išduoda baitą ar kelis baitus kaip skaičius arba tekstinę informaciją, sudarytą iš vieno, kelių ar keliolikos baitų. Dalis informacijos yra transformuojama borto kompiuteryje. Pavyzdžiui, enkoderių impulsai yra sumuojami ir jų sumai laikyti naudojami `long int` tipo kintamieji. Tipiški borto kompiuterio kintamųjų tipai, jų užimama vieta atitinka C kalbos kintamųjų užimamą informacijos dydį. Kuriam dvipusio ryšio sistema, įvertinus visų jutiklių įvairovę, turi užtikrinti baitų paketų perdavimą, kuriame informacija išdėliota pagal iš anksto paruoštą protokolą.

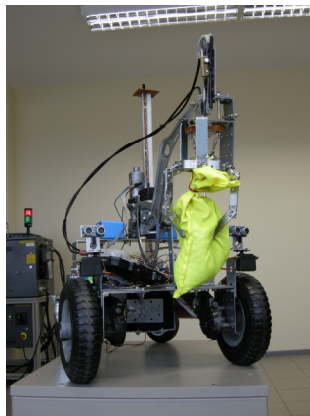
3. Kuriamo nuotolinio valdymo pulto tyrimas

Kuriamas dvipusio ryšio valdymo pultas stabiliai valdys mobilių robotą didesniu nei 100 metrų atstumu bei užtikrins duomenų srautų reakcijos laiką tarp valdymo pulto ir roboto trumpesnį nei 1 sekundė. Nuotolinis valdymo pultas turės galimybę kontroliuoti ir stebėti vieną ar kelis robotus vienu metu ar leis bendrauti robotams tarpusavyje (2 pav.). Vienu metu pultu bus valdomas tik vienas robotas, kiti tuo metu vykdys autonomines programas. Planuojama, kad bus bendros Stop ir Start N komandos visiems robotams, kur N – vykdomos programos numeris.

Sukūrus valdymo pulto prototipą bus ištirtos veikimo atstumo tarp roboto ir pulto priklausomybės nuo radijo ryšio modulių parinktų parametrų. Šiam tyrimui bus panaudotas mokomasis robotas (3 pav.), kuriame sumontuoti jutikliai, bei įgyvendintas valdymas, leis ištirti valdymo pulto technines charakteristikas. Bus ištirta trikdžių įtaka perduodamo signalo kokybei. Šiuo metu sukurti schemotechniniai sprendimai užtikrina dvipusį ryšį nedideliu atstumu, kadangi pagrindinis dėmesys skirtas duomenų apsikeitimo protokolui sukurti.



2 pav. Informacinių srautų perdavimo schemos



3 pav. Mobilus mokomasis robotas

4. Išvados

1. Šiuo metu rinkoje siūlomų valdymo pultų galimybės ir pritaikymas yra ribotas. Jie negali būti pritaikyti pilnaverčiam robotų valdymo dvipusiam ryšiui.
2. Dvipusis ryšys įgalina į pultą iš roboto persiųsti visų roboto ar kelių robotų jutiklių informaciją, todėl pulte turi būti numatytas informacinis displejus tai informacijai atvaizduoti.
3. Dvipusio ryšio apsikeitimo protokole turi būti numatytas perteklinės informacijos perdavimas, tai leistų lanksčiai adaptuoti pultą prie atsiradusių naujų jutiklių.

Literatūra

1. Česnulevičius A., Garuckas D., Sinkevičius V., Vaičiulis D. Robotikos sistemų modeliavimas ir valdymas. Mokomoji knyga. – Vilnius: UAB TEV, 2012. – 249 p. e-ISBN 978-609-433-096-4.
2. Transfer Multisort Elektronik – On-line Catalogue Over 90 000 products offered. Prieiga per internetą: < <http://www.tme.eu/en/katalog> > [žiūrėta 2012-11-10].
3. Lietuvos Respublikos Ryšių reguliavimo tarnyba. Prieiga per internetą: < <http://rrt.lt/lt/verslui/istekliai/radijo-dazniai/sarasas.html> > [žiūrėta 2012-11-17].
4. C Data types. Prieiga per internetą: < http://www.lix.polytechnique.fr/~liberti/public/computing/prog/c/C/CONCEPT/data_types.html > [žiūrėta 2012-11-24].



MOBILAUS ROBOTO POSŪKIO PAVAROS VALDYMO TYRIMAS

M. Gaurilka, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: mobilus robotas, posūkio pavarą, pavaros valdymas.

1. Įvadas

Robotas – tai mechanizmas, galintis atlikti tam tikrus užprogramuotus veiksmus ir jų atsiradimas glaudžiai susijęs su kompiuterių atsiradimu. Robotai gali atlikti užduotis, kurios yra pavojingos žmogui, dirbti žmonėms kenksmingoje aplinkoje, atlikti monotoniškas, dažnai pasikartojančias užduotis, tokiu būdu išlaisvindamas žmogų kūrybiniam darbui. Robotai neveikia be energijos šaltinio. Mobilaus roboto energijos suvartojimas priklauso nuo konstrukcijos, jo judėjimo būdo ar kitų mechaninių veiksmų. Judėjimo metu daugiausiai energijos suvartoja elektros varikliai, ypač jei jie dažnai stabdomi ir iš naujo paleidžiami. Paleidimo metu variklio maitinimo srovė išauga iki kelių ar net keliolikos kartų. Posūkio pavarą – tai viena iš dažniausiai paleidžiamų ir stabdomų pavarų kuomet robotas manevruoja. Energijos sąnaudos lemia mobilaus roboto nepertraukiamo veikimo trukmę. Didelės srovės alina akumuliatorių baterijas ir sukelia įtampos svyravimus, kurie gali pabloginti jutiklių veikimą ar kitus matavimus.

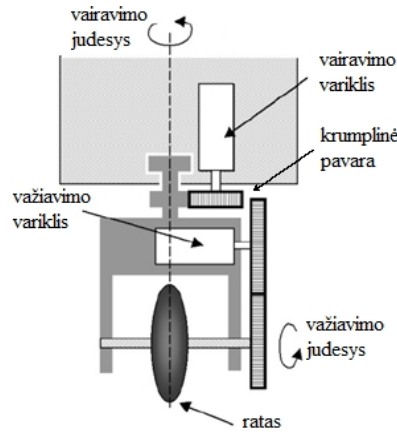
Posūkio pavaros valdymas užtikrinantis nuoseklų posūkio kampo kitimą sumažintų roboto energijos sąnaudas ir vibraciją posūkio metu, taip pat sumažės skleidžiami elektromagnetiniai trikdžiai. Valdymas be perreguliavimų leis tiksliau valdyti mobilųjį robotą, sudarys mažiau elektrinių bei mechaninių trikdžių.

2. Posūkio pavaros

Mobilieji robotai su vairuojamu ratu turi posūkio pavaras. Jų paskirtis pasukti vairuojamąjį ratą užduotu kampu. Vairuojamasis ratas gali būti vienas (triratis robotas) (1 pav.), du (keturračio automobilio tipas) arba net keturi (robotas gali judėti bet kuria kryptimi). Tiriamajame robote sliekinė pavarą (1pav. a) valdoma impulso pločio moduliacija, taikant PID padėties reguliavimo algoritmą [1], valdo posūkio pavarą.



a



b

1 pav. Posūkio pavara: a – sliekinė [1]; b – krumplinė [2]

Sliekinis reduktorius naudojamas sukimosi dažniui mažinti ir sukimo momentui padidinti, todėl sliekas yra varančioji, o sliekratis varomoji grandis. Šie reduktoriai yra savistabdziai. Ši jų savybė puikiai tinka robotų vairavimo mechanizmuose. Jos kompaktiškos, sklandžiai ir tyliai dirba, turi didelį perdavimo skaičių. Jų trūkumai: mažas naudingumo koeficientas, didelis šilumos išsiskyrimas susikabinimo zonoje, sliekračio darbinė dalis turi būti gaminama iš brangių antifrikcinių medžiagų, didelės ašinės jėgos. Sliekinių reduktorių efektyvumas siekia nuo 40% iki 70% [3].

Krumplinis reduktorius sudarytas iš cilindrinų krumpliaračių, kurie, tarpusavyje kabindamiesi, perduoda varančiojo veleno judesį ir sukimo momentą varomajam. Trūkumai: blogai slopina dinamines apkrovas, neturi savistabdos, mažesnis redukcijos koeficientas [3].

Tyrinėjamas mobilus robotas, kurio posūkio pavara yra su sliekiniu reduktoriumi, sukurtas KTU Technologijų fakultete.

3. Posūkio pavaros tyrimas

Realizuoti švelnų posūkio pavaros valdymą galima dviem būdais:

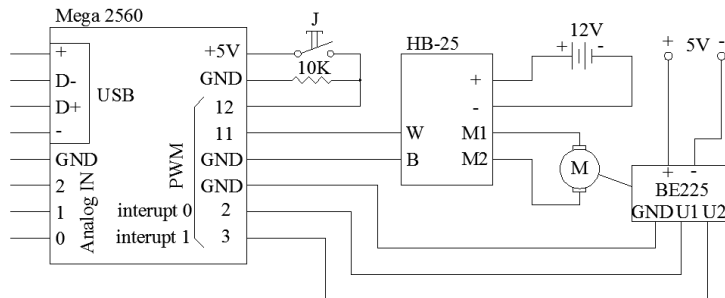
- 1 – eksperimentiškai, rašant valdymo programą ir parenkant algoritmus;
- 2 – modeliuojant pavarą matematiškai ir parenkant tinkamiausią reguliavimo dėsnį pagal užsiduotus parametrus.

Pirmasis būdas iš pirmo žvilgsnio yra lengvesnis, nereikalaujantis daug žinių, tačiau jo rezultatai yra nenuspėjami. Antrasis būdas, kurį mes pasirinkome, yra sudėtingesnis, reikalaujantis daugiau žinių ir laiko, tačiau jis aktualus tuo, kad išsamių realios pavaros tyrimo pavyzdžių nepavyko rasti.

Tyrime siekiama gauti variklio laiko pastoviąsias, kurios bus reikalingos sudarant matematinį variklio modelį. Pavaros modeliavimui reikalingi kiek įmanoma tikslesni variklio duomenys. Jie buvo gauti atliekant eksperimentinius tyrimus su pavara. Naudota įranga:

- posūkio pavara (variklis su sliekinio reduktoriumi);
- optinis posūkio kampo enkoderis BE225;
- mikrovaldiklis Arduino Mega 2560;
- galios stiprintuvas Parallax HB-25;
- šuntas 75IICM3 20A;
- elektromechaninis tyrimų stendas.

Pirmasis tyrimas – pavaros įsibėgėjimo kreivės radimas su tikslu identifikuoti elektromechaninę laiko pastoviąją. Elektrinė tyrimo schema pateikta 2 pav.

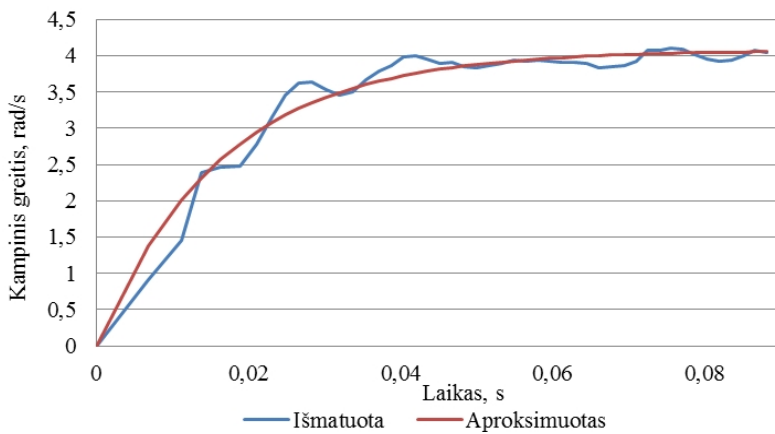


2 pav. Įsibėgėjimo tyrimo elektrinė schema, sudaryta autoriaus

Eksperimento metu elektros variklis valdomas galios stiprintuvu HB-25. Pavaros veleno posūkio kampas matuojama optiniu enkoderiu, kuris duoda 1000 diskretinius impulsus vienam veleno apsisukimui. Galios stiprintuvui valdyti, enkoderio duomenims nuskaityti bei išsaugoti naudojamas mikrovaldiklis.

Eksperimentas pradedamas J mygtuko paspaudimu (žr. 2 pav.). Tada į 12-tą įėjimą paduodamas +5V signalas ir mikrovaldiklis įjungia galios stiprintuvą taip, kad į variklį būtų paduota maksimali maitinimo įtampa. Eksperimento pradžioje ramybės būsenoje buvęs variklis pradeda sukis ir didina sukimosi greitį. Enkoderio fazių signalai generuoja pertraukimus, kuriuos mikrovaldiklis sumuoja. Vidinis laikrodis vienodais laiko tarpais generuoja pertraukimus ir įrašo į masyvo atmintį tuo metu esantį veleno posūkio kampą.

Po eksperimento matavimo rezultatai persiunčiami į personalinį kompiuterį, čia greitis perskaičiuojamas į kampinį greitį rad/s, o laikmačio intervalų ilgis perskaičiuojamas į sekundes (3 pav.).



3 pav. Posūkio pavaros kampinio greičio kitimas laike įsibėgėjimo stadijoje

Kreivė sudaryta iš 47 gautų reikšmių. Tai riboja optinio enkoderio diskretų skaičius – 1000 diskretų per apsisukimą. Eksperimentinius duomenis aproksimuojančios funkcijos koeficientai buvo nustatyti mažiausių kvadratų metodu. Aproksimuojančios kreivės išraiška:

$$Y = k [1 - \exp(-t/T_M)]; \quad (1)$$

čia $k = 4,075$ – statinis perdavimo koeficientas; e – natūrinio logaritmo pagrindas; $T_M = 0,016$ – laiko pastovioji; t – laikas.

Kitas tyrimas – variklio inkaro grandinės srovės kitimo dinamikos matavimas. Elektrinė schema pateikta 4 pav.

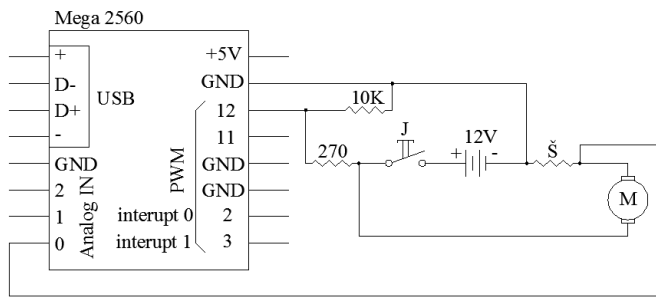
Srovės matavimui panaudotas šuntas ir mikrovaldiklio analoginės įtampos matavimo įėjimas. Matavimas pradamas paspaudžiant J mygtuką (4 pav.). Matavimas baigiamas tada, kai srovė jau nebesikeičia – pereinamasis procesas pasibaigė.

Po eksperimento matavimo rezultatai persiunčiami į personalinį kompiuterį, čia šunto įtampos reikšmės perskaičiuojamos į srovės stiprį, o laikmačio intervalų ilgis perskaičiuojamas į sekundes (5 pav.).

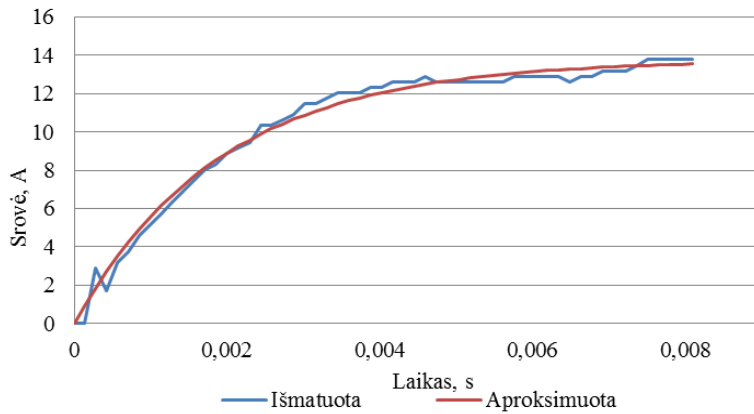
Srovės stipris, varikliui dar nepradėjus sukis, pasiekia nusistovėjusią reikšmę per 7 ms. Užfiksuotos 52 skirtingos srovės stiprio reikšmės. Eksperimentinius duomenis aproksimuojančios funkcijos koeficientai buvo nustatyti mažiausių kvadratų metodu. Aproksimuojančios kreivės išraiška:

$$Y = k [1 - \exp(-t/T_E)]; \quad (2)$$

čia: $k = 13,745$ – statinis perdavimo koeficientas; e – natūrinio logaritmo pagrindas; $T_E = 0,0019$ – inkaro grandinės elektrinė laiko pastovioji; t – laikas.



4 pav. Srovės kitimo matavimo elektrinė schema



5 pav. Posūkio pavaros srovės stiprio kitimas laike įsibėgėjimo stadijoje

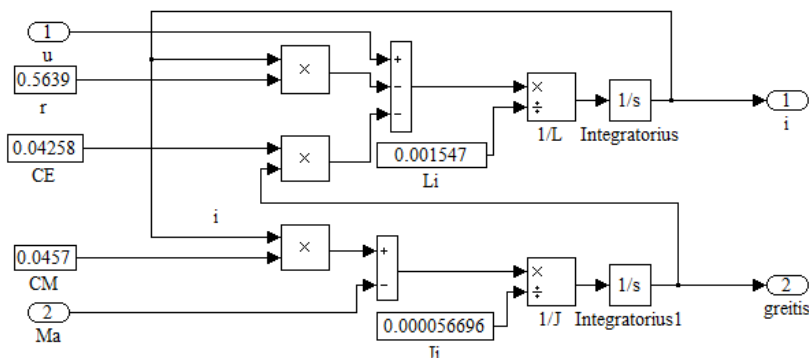
3. Posūkio pavaros modeliavimas

Posūkio pavara sudaryta iš nuolatinės srovės variklio ir reduktoriaus. Ją galima aprašyti diferencialinėmis lygtimis [4]:

$$\left. \begin{aligned} L \frac{di}{dt} &= u - i r - \Omega C_E ; \\ J \frac{d\Omega}{dt} &= i C_M - M_A ; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

čia: L – induktyvumas; u – įtampa; i – srovės stipris; Ω – kampinis greitis; C_E – generatorinė EVJ konstanta; J – inkaro masės inercijos momentas; C_M – elektromechaninis koeficientas; M_A – pasipriešinimo momentas; di/dt – srovės kitimo greitis; $d\Omega/dt$ – kampinis pagreitis [4].

Eksperimentu gautos laiko pastoviosios, apskaičiuotas inkaro induktyvumas L ir inercijos momentas J , išmatuota inkaro grandinės varža ir eksperimentiškai surasta pavaros tyrimo stende trintis buvo panaudoti sudarant matematinis pavaros modelį „MatLab Simulink“ aplinkoje. Modelio struktūra pateikta 6 pav.

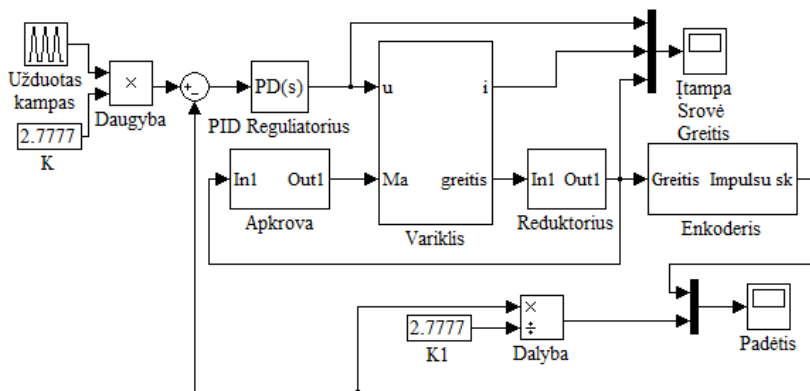


6 pav. Variklio modelis

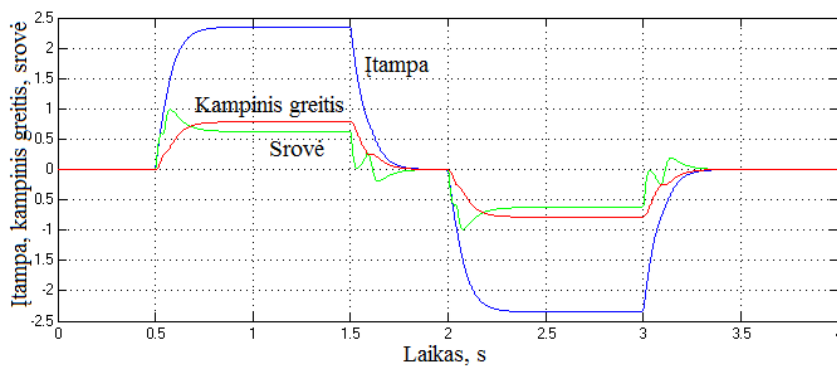
Modelio dinamika iš dalies atitinka eksperimento duomenis (neatitikimai neviršija 5%), todėl galima daryti prielaidą, kad pavaros variklis identifiкуotas teisingai. Gauti tikslesnius duomenis trukdo sliekinis reduktorius, nes parametrai matuojami už reduktoriaus, kurio perdavimo skaičius mažina padėties tikslumą. Eksperimento rezultatus galima būtų ženkliai patikslinti, jei enkoderis būtų sujungtas tiesiogiai su variklio inkaro ašimi. Neardant variklio tai padaryti neįmanoma.

Pavaros srovės stipris priklauso nuo prijungtos įtamos ir inkaro grandinės varžos. Variklio varža yra pastovi, todėl apriboti inkaro grandinės srovės stiprį galima keičiant įtampą. Švelniam pavaros pasisukimui panaudosime PID tipo reguliatorių. Modelyje įvertintas reduktoriaus perdavimo koeficientas, enkoderio diskretų kiekis vienam apsisukimui ir galios stiprintuvo perdavimo koeficientas. Visos vairavimo sistemos modelis pavaizduotas 7 pav. Čia variklio modelis įkeltas kaip atskiras blokas su dviem įėjimais ir dviem išėjimais.

Derinant PID reguliatorių pastebėta kad šiam procesui suvaldyti pakanka PD – proporcinio ir diferencinio reguliavimo dėsnų [5]. PD reguliatoriaus koeficientai parinkti panaudojus „MatLab Simulink PID tuning tool“ įrankiu. Užduotas pasisukimo kampas – 45°. Pereinamojo proceso įtamos, greičio ir srovės stiprio kreivės pavaizduotos 8 pav.



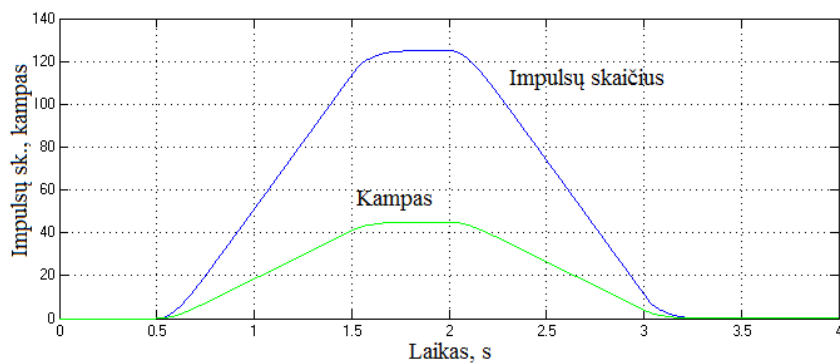
7 pav. Pavaros ir valdymo sistemos modelis



8 pav. Posūkio pavaros įtampos, greičio ir srovės kitimas laike

Atliktas modeliavimas, kai užduotas 45° posūkio kampas, leido pasiekti norimus rezultatus. Padėties pasikeitimas vyksta nuosekliai, be perreguliavimų. Pastebėti modeliavimo netikslumai tada, kai posūkio pavaros judesio greitis pasiekia nulinę reikšmę. Dėl netikslaus pasipriešinimo momento modeliavimo atsiranda nedideli greičio švytavimai aplink nulinę reikšmę.

Padėties kitimas išreikštas posūkio kampu ir enkoderio impulsų skaičiumi pateiktas 9 pav. Padėties pasikeitimas 45° kampu trunka apie 1 s. Pasisukimas didesniu kampu reguliavimo dėsnio dėka užtrunka ne ką ilgiau, tačiau tuomet suvartojama daugiau energijos.



9 pav. Posūkio pavaros padėties kitimo dinamika

4. Išvados

1. Variklio parametrų identifikavimas nėra toks tikslus kokio tikėtasi. Tikslumui padidinti reikėtų naudoti tikslesnius prietaisus, pavyzdžiui, enkoderį.
2. Pasipriešinimo momento modeliavimas, kai variklis paleidžiamas iš ramybės būsenos ir stabdomas iki nulio greičio, turi trūkumų ir neleidžia sumodeliuoti tikrojo sustojimo.

Literatūra

1. **Kordic V., Lazinica A., Merdan M.** Cutting Edge Robotics. ARS/plv, Germany, 2005. – 784 p. ISBN 3-86611-038-3.
2. **Woojin Chung, Channg-bae Moon, Changbae Jung, Jiyong Jin.** Design of Dual Offset Active Caster Wheel for Holonomic Omin-directional Mobile Robots // International Journal of Advanced Robotic System, Vol. 7, No. 4, 2010. 101-106 p.
3. **Kiškis A.** Elektros pavarų valdymo sistemų elementai. – Klaipėda, 2009. – 122 p.
4. **Chee-Mun Ong.** Dynamic simulation of electric machinery. – New Jersey: Prentice Hall ptr, 1997. – 626 p. ISBN 0-13-723785-5.
5. **Januševičius V. S.** Automatinis valdymas. Vadovėlis. – Kaunas: Technologija, 2003. – 550 p. ISBN 9955-09-316-1.



DVIEJŲ AŠIŲ ROBOTO RANKOS MODELIAVIMAS

A. Lukoševičius, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Technologijų fakultetas

Raktiniai žodžiai: robotas, modeliavimas, simulink.

1. Įvadas

Projektuojant ir gaminant šarnyrinius robotus visada sprendžiama tinkamų pavarų parinkimo norimai užduočiai atlikti problema. Neretai, konstruojant megejiškos konstrukcijos humanoidinius robotus ar valdomus egzoskeletus, kuriais bus atliekamas tam tikras darbas, yra atsižvelgiama tik į statines roboto ranką ar manipuliatorių veikiančias jėgas, o dinamika yra paliekama antrame plane. Pavyzdžiui, planuojama kilnoti didelio svorio objektus, kurių žmogus savo jėgomis pakelti negalėtų. Svarbiausiu uždaviniu čia pasirenkama tai, kad robotas gebėtų pakelti ir išlaikyti krovinį. Tokiu atveju, kai pavaros parinktos atsižvelgiant tik į statines jėgas, iškyla problemos su roboto dinamika. Roboto ranka juda lėtai, pavaros nespėja judinti roboto ašių taip, kaip žmogus judina egzoskeleto jutiklinius mazgus, nelieta galimybės atlikti greitaiveikos užduočių.

Šiame darbe dinamikos įvertinimui yra panaudojami modeliai [1], kuriais roboto projektuotojas įgauna galimybę įvertinti roboto ašis veikiančias jėgas. Taip pat atsiranda galimybė nesunkiai keisti roboto parametrus, tokius kaip roboto ašių ilgiai bei masės, masių centrai, keliamo objekto dydis ir masė, laisvojo kritimo pagreitis, taip pat atsiranda galimybė įvertinti veikiančias trinties jėgas. Jei yra poreikis galima modeliuoti roboto judėjimo trajektorijas, parinkti reikiamus reguliatorius ir jų parametrus norimai užduočiai atlikti, patikrinti roboto grandžių judesių tikslumą.

2. Modeliavimo programos

Modelis yra [2] fizikinis, matematinis, ar loginis sistemos būsenos pristatymas, juo galima imituoti įvairius reiškinius ar procesus. Simuliavimas yra modelio veiksmas laiko bėgyje, matematinio modelio sprendinys laike. Simuliavimas suteikia modeliui gyvybę, parodo kaip objektas modelyje elgiasi bėgant laikui. Tai yra naudinga sistemų testavimui, analizei ar apmokymui, kur

realaus pasaulio sistemos gali būti pristatytos kaip modeliai ir dirbti pagreitinintai ar sulėtintai.

Roboto rankos modeliavimą galima atlikti įvairiomis kompiuterinio modeliavimo programomis. Bene populiariausia universali modeliavimo aplinka, tinkama modeliuoti įvairius objektus, taip pat robotų kinematiką ir dinamiką, yra Matlab [1]. Įvairių sričių dinaminių sistemų modeliavimui, simuliacijai ir analizei Matlab programa turi Simulink įrankį. Simulink yra plačiai naudojamas spręsti įvairių signalų apdorojimo ir valdymo uždaviniams naudojant pirminę grafinę aplinką kurią sudaro modifikuojami blokiniai įrankiai [5].

Taip pat yra daugybė robotų modeliavimo programų, tačiau jos turi specifinius pritaikymus. Pavyzdžiui, programos pritaikytos tik vienos firmos pramoninių robotų darbo aplinkos simuliacijai ar mobilių robotų judėjimo simuliacijai. Mažiau populiarios robotų modeliavimo programos:

- RoKiSim – PUMA tipo robotų 3D simulatorius;
- Robologix – Penkių laipsnių robotų simulatorius programų testavimui, klaidų aptikimui virtualioje aplinkoje;
- Opensim – mobilių robotų realaus laiko simuliacijos programa;
- V-REP – pramoninių robotų programų vykdymui tikrinti.

3. Dviejų ašių robotų rankos modelis

Dviejų ašių antropometrinio robotų manipulatoriaus su cilindriniais sąnariais (2 pav.) modelyje padarytas supaprastinimas – visos ašis veikiančios jėgos sutelktos į masių centrus. Pasinaudodami masės centru, kūnų slenkamąjį judėjimą nagrinėjame nekreipdami dėmesio į jų formą, laikydami, kad masė yra sukoncentruota kūno masės centre. Užduotieji robotų rankos parametrai:

- $r_1 = r_2 = 1 \text{ m}$ – robotų rankos grandžių ilgiai;
- $m_1 = 15 \text{ kg}$ – pirmos grandies masė;
- $m_2 = 10 \text{ kg}$ – antros grandies masė;
- $m_{pl} = 10 \text{ kg}$ – keliamo objekto masė.

Roboto ranka pradinėse sąlygose yra kabėjimo padėtyje veikiamas laisvojo kritimo pagreičio. Statiniai sukimo momentai, reikalingi robotų rankos ašims išlaikyti lygiagrečiai abscisų ašiai:

$$T_2 = (r_2 m_{pl} + r_{c2} m_2) g ; \quad (1)$$

$$T_1 = ((r_1 + r_2) m_{pl} + (r_1 + r_{c2}) m_2 + r_{c1} m_1) g ; \quad (2)$$

čia: T_1 – pirmos grandies sukimo momentas T_2 – antrosios grandies sukimo momentas; r_{c1} – pirmos grandies ilgis nuo sąnario iki masės centro; r_{c2} – antros grandies ilgis nuo sąnario iki masės centro; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – laisvojo kritimo pagreitis.

Atlikus skaičiavimus gauta, kad statiniai sukimo momentai yra:
 $T_1=147 \text{ Nm}$, $T_2=416 \text{ Nm}$.

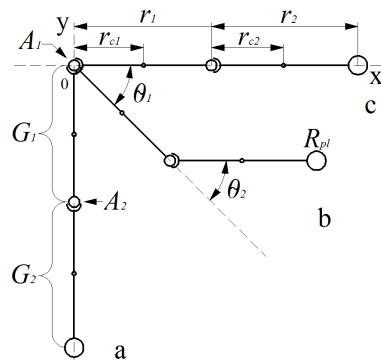
Roboto rankos galinio apkrovos taško vektorius R_{pl} randamas taip:

$$\vec{R}_{pl} = \vec{r}_1 + \vec{r}_2 . \quad (3)$$

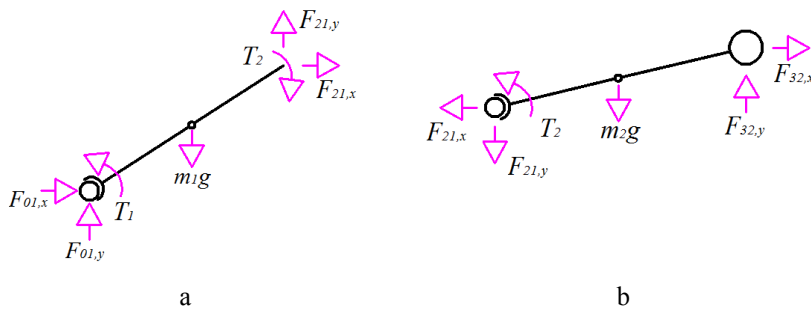
Rankos galinio taško m_{pl} koordinatės x ir y :

$$\begin{cases} x_{pl} = r_1 \cos \theta_1 + r_2 \cos(\theta_1 + \theta_2); \\ y_{pl} = r_1 \sin \theta_1 + r_2 \sin(\theta_1 + \theta_2). \end{cases} \quad (4)$$

Dviejų ašių roboto rankos jėgų vektorių diagrama parodyta 3 pav.



2 pav. Dviejų ašių roboto rankos schema: a – pradinė rankos padėtis; b – tarpinė rankos padėtis; c – galinė rankos padėtis; A_1 – pirmą ašis, A_2 – antra ašis; G_1 – pirmą grandis; G_2 – antra grandis; θ_1 – G_1 grandies posūkio kampas; θ_2 – G_2 grandies posūkio kampas



3 pav. Jėgų skaičiavimo schema: a – G_1 grandis, b – G_2 grandis

Pirmosios ašies judesio lygčių sistema:

$$\begin{cases} F_{01,x} + F_{21,x} = m_1 a_{c1,x} \\ F_{01,y} + F_{21,y} - m_1 g = m_1 a_{c1,y} \\ T_1 - T_2 - F_{21,x} r_1 \sin \theta_1 + F_{21,y} r_1 \cos \theta_1 - m_1 g r_{c1} \cos \theta_1 = I_1 \alpha_1 \end{cases} \quad (5)$$

čia: $a_{c1,x}$ ir $a_{c1,y}$ – G_1 grandies masės centro pagreitis x ir y ašių kryptimis; θ_1 – G_1 grandies kampas x ašies atžvilgiu; θ_2 – G_2 grandies kampas G_1 grandies atžvilgiu; I_1 – G_1 grandies inercijos momentas; α_1 – G_1 grandies kampinis pagreitis.

Antrosios ašies judesio lygčių sistema:

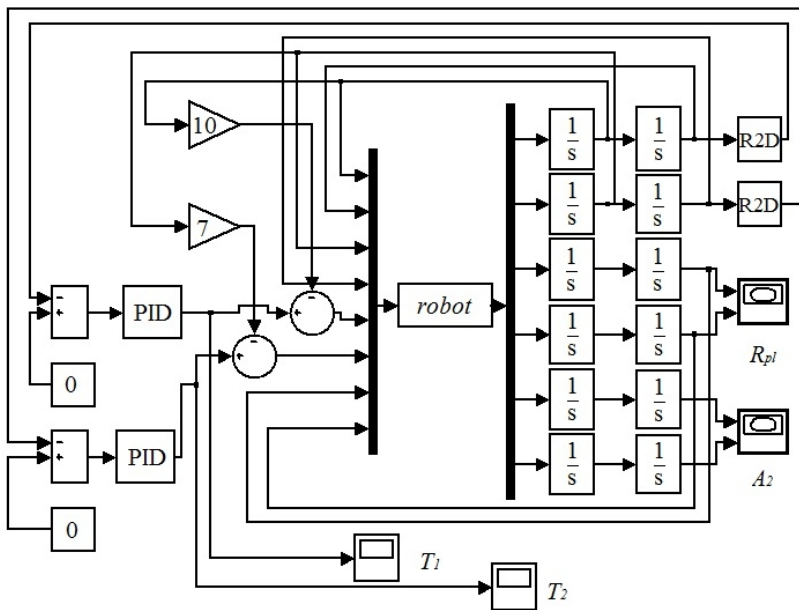
$$\begin{cases} F_{32,x} + F_{21,x} = m_2 a_{c2,x} \\ F_{32,y} + F_{21,y} - m_2 g = m_2 a_{c2,y} \\ T_2 - F_{21,x} r_{c2} \sin(\theta_1 + \theta_2) + F_{21,y} r_{c2} \cos(\theta_1 + \theta_2) - \\ - F_{32,x} (r_2 - r_{c21}) \sin(\theta_1 + \theta_2) + F_{32,y} (r_2 - r_{c2}) \cos(\theta_1 + \theta_2) = I_2 \alpha_2 \end{cases} \quad (6)$$

čia: $a_{c2,x}$ ir $a_{c2,y}$ – G_2 grandies masės centro pagreitis x ir y ašių kryptimis; I_2 – G_2 grandies inercijos momentas; α_2 – G_2 grandies kampinis pagreitis.

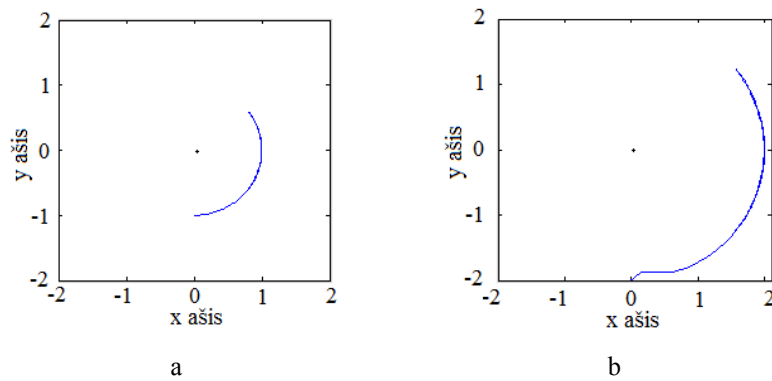
Sudarytu modeliu galima sumodeliuoti dviejų ašių roboto rankos judesį, parinkti PID reguliatorių koeficientus, optimalų ašių pavarų sukimo momentą. Modelyje galima keisti roboto rankos parametrus, įvertinti skystąją trintį, užduoti pradines ašių padėtis. Modeliuojant roboto ašių optimalią greitaveiką yra pasirenkami ašių posūkio kampai. Atlikus simuliaciją sužinome kokių sukimo momentų reikia roboto pavaroms, kad realus robotas elgtųsi taip pat kaip modeliuojamas. Taip pat yra atvaizduojamos ašių judėjimo trajektorijos bei G_1 grandies kampas koordinačių ašių atžvilgiu ir G_2 grandies kampas G_1 grandies atžvilgiu (2 pav.). Taip pat yra galimybė sužinoti simuliacijos metu apskaičiuotus kampinius greičius bei pagreičius.

Modelio pagrindinis blokas pavadinimu „robot“ apskaičiuojantis roboto rankos judesį parodytas 4 pav. Viso naudojamos aštuonios lygtys, sudarytos pagal (5) ir (6) išraiškas, parodytas 3 pav. Abiems ašims sudedamos jėgos veikiančios x ir y kryptimis ir momentų sumos apie masių centrus. Taip pat bloke apskaičiuojamos lygtys, išreiškiančios mechanizmo abiejų masių centrų bei galinio apkrovos taško padėtį.

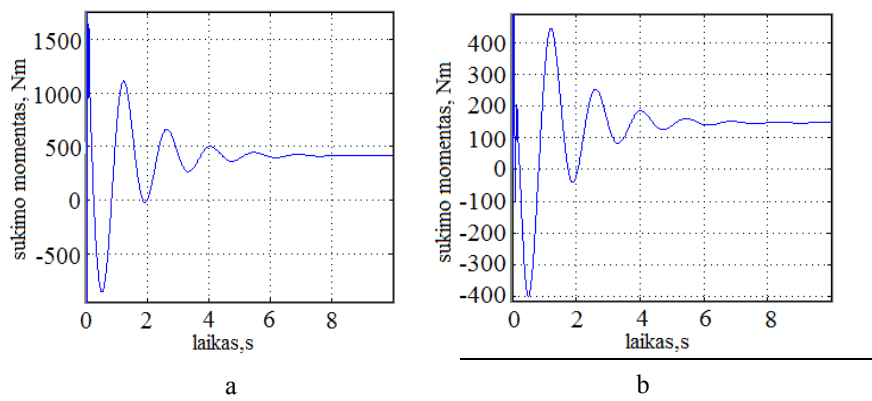
Atlikus simuliaciją gautos roboto rankos A_2 ašies ir R_{pl} apkrovos taško judėjimo trajektorijos (5 pav.), roboto rankos ašių kampų kitimas veikiant ašis sukimo momentais (7 pav.). Ašis veikiantys nusistovėję sukimo momentai yra lygūs paskaičiuotiems statiniams momentams (6 pav.).



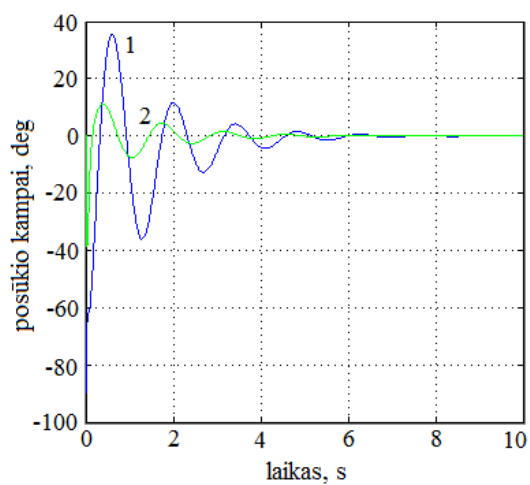
4 pav. Dviejų ašių roboto rankos Matlab Simulink modelis



5 pav. Judesio trajektorijos: a – A_2 ašies judėjimo trajektorija, b – R_{pl} apkrovos taško judėjimo trajektorija



6 pav. Sukimo momentai: a – A_1 ašies sukimo momento kitimas; b – A_2 ašies sukimo momento kitimas



7 pav. Modeliavimo rezultatai: 1 – G_1 grandies posūcio kampo θ_1 kitimas; 2 – G_2 grandies posūcio kampo θ_2 kitimas

4. Išvados

1. Nusistovėję ašių sukimo momentai $T_1 = 416$ Nm ir $T_2 = 147$ Nm yra tokie, kaip ir apskaičiuotieji statiniai sukimo momentai, todėl galime teigti, kad roboto ašių modelis yra teisingas.

2. Pradinis sukimo momentas prasideda ne nuo nulio, nes tik pradėjus modeliuoti veikia proporcinė reguliatoriaus dedamoji, to būtų išvengta įvertinus realių pavarų dinamines charakteristikas.

Literatūra

1. **Marghitu Dan B.** Mechanisms and Robots Analysis with MATLAB. Springer-Verlag London 2009. – 480 p. ISBN 978-1-84800-3903.
2. Systems engineering fundamentals. Supplementary text prepared by the defence acquisition university press fort Belvoir, Virginia 2001. – 217 p.
3. **Gardner John F.** Simulations of machines using Matlab and Simulink. Brooks/Cole, 2001. – 137 p.
4. **Shil Randy H.** Parametric Modeling with SolidWorks 2012. Mission, Kan.: SDC Publications, 2012. – 583 p.
5. Mathworks. Prieiga per internetą: < <http://www.mathworks.se/products/simulink/> > [žiūrėta 2012-11-25].



EKOVAIRAVIMO IR ĮPRASTO VAIRAVIMO PALYGINIMAS EKONOMINIU POŽIŪRIU

T. Šilinskas, L. Pelenytė-Vyšniauskienė

Kauno technologijų universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: ekovairavimas, kuras, automobilis.

1. Įvadas

Ekovairavimas – šiuolaikinis, sumanus ir atsakingas vairavimo būdas, padedantis taupyti degalus, tausoti automobilį bei saugiai pasiekti kelionės tikslą. Tai lyg žaidimas su automobiliu ir jį supančia aplinka stengiantis pasiekti maksimalius taupymo ir saugumo rodiklius.

Ekovairavimo stilius didžiosiose Europos šalyse yra ne tik pripažįstamas kaip naujas modernus vairavimo stilius, bet ir sparčiai populiarėja, ypač jaunų vairuotojų tarpe. Kai kuriose šalyse, pavyzdžiui Didžiojoje Britanijoje, Olandijoje, ekovairavimo principai jau yra integruoti į pradedančiųjų vairuotojų apmokymus [1].

Nepriklausomai nuo vairuojamo automobilio markės, amžiaus ar techninių parametrų, be jokių papildomų investicijų vien tik vairuotojo pastangomis degalų sąnaudas galima sumažinti 5...10% [2]. Taikant ekovairavimo principus kasdieniniame vairavime, sumažėja ir transporto priemonių techninės priežiūros bei eksploatacinės išlaidos, mažėja remonto išlaidos dėl autoįvykių.

Ekovairavimo nauda [3]:

- ekonomija – mažesnės degalų sąnaudos.
- ekologija – mažesnė aplinkos tarša.
- saugumas – mažiau autoįvykių.
- sveikata – švaresnė aplinka, mažiau triukšmo ir streso.

Šis straipsnis padės geriau suprasti kokią ekonominę naudą galime pasiekti pritaikius pagrindinius ekovairavimo principus. Palyginimui pasirinkome du skirtingo amžiaus bei kuro naudojimo automobilius. Prieš atliekant testą, buvo išklaustyti 7 val. trukmės ekovairavimo mokymai (anksti perjungti pavaras, numatyti judėjimą eismo sraute, palaikyti pastovų greitį varikliui dirbant žemomis apsukomis).

2. Ekovairavimo naudos tyrimo aprašymas

Pagrindiniai ekovairavimo bruožai pritaikyti šiame eksperimente:

1. Kaip galima ilgiau važiuoti pastoviu greičiu, važiuojant kuo aukštesne pavarą ir išlaikant kuo žemesnes variklio apsukas. Savo eksperimento metu buvo stengtasi neviršyti 1500 aps/min.
2. Vengti transporto kamščių, kad kuo mažiau reikėtų stabdyti bei vėl didinti greitį.
3. Norint sumažinti greitį (leidžiantis nuo kalno, artėjant prie šviesoforo), pavaros neišjungti, tik kaip galima anksčiau nukelti koją nuo akseleratoriaus pedalo.
4. Reguliariai tikrinti padangų slėgį. Buvo patikrinta prieš atliekant testą.
5. Oro kondicionierių ir kitus elektrinius prietaisus automobilyje naudoti tik tada, kai jie būtini.

Buvo atlikti keturi važiavimai tuo pačiu maršrutu. Maršruto atstumas – apie 15 km (1 pav.). Maršrutas nėra atsitiktinai pasirinktas. Tai, kiek yra žinoma autoriui, Šiaulių VĮ “Regitra” devintasis maršrutas, kuriuo tenka važiuoti laikant B kategorijos praktinio vairavimo egzaminą. Atlikimo laikas prasidėjo nuo 9 val. 26 min., baigėsi 11 val. 32 min.

Dyzelinio kuro vieno litro kaina yra 4,54 Lt su PVM. Dujų vieno litro kaina yra 2,47 Lt su PVM.

Įprasto vairavimo (važiuojant žemesnėmis pavaromis, 2000-3000 sūkliai per minutę, ir nesilaikant šiame skyriuje nurodytų ekovairavimo taisyklių) vieno kilometro kuro išėiga, vairuojant dyzelinu varomą automobilį, yra $1,84 \text{ l} / 15 \text{ km} = 0,12 \text{ l/km}$; vieno nuvažiuoto kilometro kaina yra $0,12 \text{ l/km} \times 4,54 \text{ Lt} = 0,54 \text{ Lt}$.



1 pav. Tyrimo maršrutas

Ekovairavimo vieno kilometro kuro išeiga, vairuojant dyzelinu varomą automobilį – $1,69 \text{ l} / 15 \text{ km} = 0,11 \text{ l/km}$; vieno nuvažiuoto kilometro kaina yra $0,11 \text{ l/km} \times 4.54 \text{ Lt} = 0.50 \text{ Lt}$.

Skirtumą, vairuojant įprastu būdu ir „eko“ būdu, turime akivaizdų: tai 4 centai kiekvienam mieste pravažiuotam kilometrui. Jei vidutinis vairuotojas per mėnesį mieste pravažiuoja apie 1 000 km, tai pritaikęs ekovairavimo įgūdžius, sutaupytų apie 40 Lt arba apie 8,8 litro kuro. Per metus būtų sutaupyta apie 106 litrai kuro arba 481,24 Lt.

Tuo tarpu vairuojant dujomis varomą automobilį įprasto vairavimo stiliumi, vieno kilometro kuro išeiga – $1,72 \text{ l} / 15 \text{ km} = 0.11 \text{ l/km}$; vieno nuvažiuoto kilometro kaina yra $0,11 \text{ l/km} \times 2,47 \text{ Lt} = 0.27 \text{ Lt}$.

Ekovairavimo vieno kilometro kuro išeiga, vairuojant automobilį varomą gamtinėmis dujomis – $1 \text{ l} / 15 \text{ km} = 0.07 \text{ l/km}$; vieno nuvažiuoto kilometro kaina yra $0,07 \text{ l} \times 2.47 \text{ Lt} = 0.17 \text{ Lt}$.

Taigi, išlaidų skirtumas vairuojant dujomis varomą automobilį įprastu ir „eko“ būdu dar didesnis, nei buvo nustatytas vairuojant dyzelinu varomą automobilį: tai net 10 centų nuo kiekvieno pravažiuoto kilometro mieste.

Jei vairuotojas, pritaikęs ekovairavimo žinias, važiuotų 1 000 km per mėnesį mieste, tai sutaupytų 100 Lt, o per metus – 1 200 Lt arba 486 litrus gamtinių dujų.

3. Tiriamoji dalis

Gauti tyrimo rezultatai pavaizduoti 1, 2 ir 3 lentelėse bei 2, 3, 4 ir 5 paveiksluose.

1 lentelė

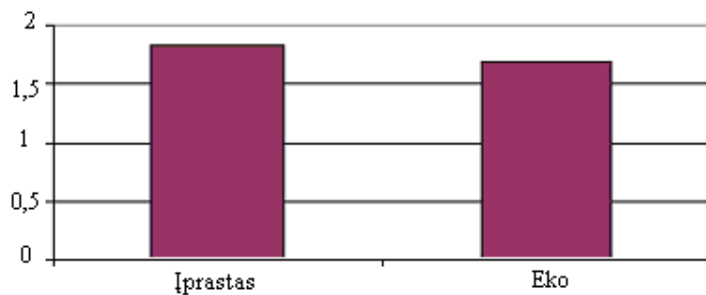
Parametrų palyginimas Hyundai i30 ir Volkswagen Golf

Automobilio duomenys	Įprastas vairavimas		Ekovairavimas	
	Kuro sąnaudos, l	Laikas, min	Kuro sąnaudos, l	Laikas, min
Hyundai i30 (2009m., 1.6l. dyzelis)	1,84	21	1,69	23
Volkswagen Golf (1988m., 1.6l. dujos)	1,72	20	1,00	22

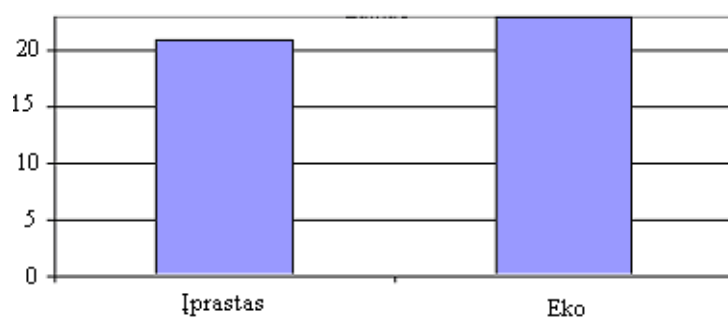
1 lentelėje matyti, kad važiuojant „eko“ būdu kuro sąnaudos Hyundai i30 automobiliui sumažėjo 8,2%. Važiuojant Volkswagen Golf automobiliu buvo sutaupyta 41,9% kuro. Laiko skirtumas tarp įprasto vairavimo ir „eko“ važiuojant pasirinktu maršrutu yra vos dvi minutės. Šis laiko skirtumas vienodas abiem automobiliams.

Antrame paveiksle matome kuro sąnaudas Hyundai i30 važiuojant įprastu bei ekovairavimo būdu.

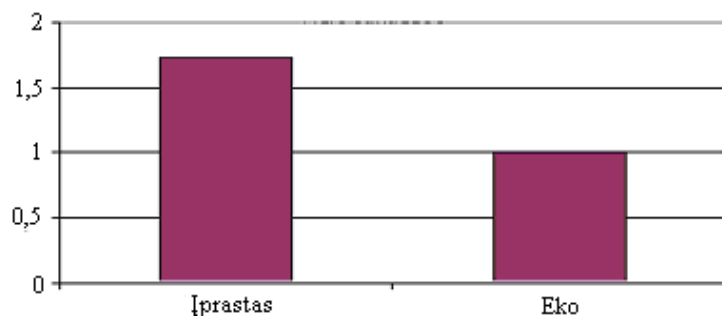
Trečiame paveiksle matome laiko sąnaudas Hyundai i30 važiuojant įprastu ir ekovairavimo stiliumi.



2 pav. Hyundai i30 kuro sąnaudos

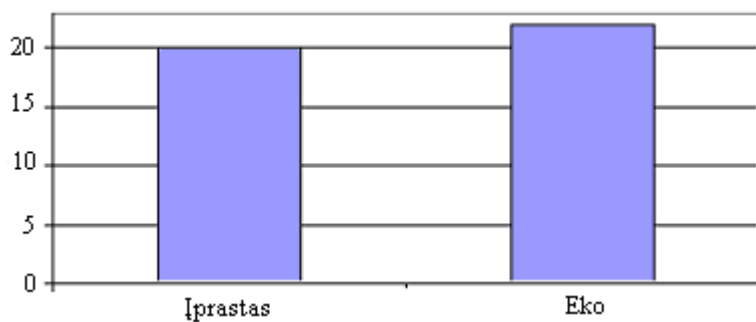


3 pav. Hyundai i30 laiko sąnaudos



4 pav. Volkswagen Golf kuro sąnaudos

Ketvirtame paveiksle matome kuro sąnaudas VW Golf važiuojant įprastu bei ekovairavimo būdu.



5 pav. Volkswagen Golf laiko sąnaudos

2 lentelė

Hyundai i30 (2009 m., 1,6 l dyzelis)

Sąnaudų tipas	Nuvažiuotas atstumas, km					
	Įprastas vairavimas			Ekovairavimas		
	15	90	1000	15	90	1000
Kuras, l	1,84	11,04	118,94	1,69	10,14	110,13
Kaina, Lt	8,10	48,60	540,00	7,50	45,00	500,00

3 lentelė

Volkswagen Golf (1988 m., 1,6 l dujos)

Sąnaudų tipas	Nuvažiuotas atstumas, km					
	Įprastas vairavimas			Ekovairavimas		
	15	90	1000	15	90	1000
Kuras, l	1,72	10,32	109,31	1,00	6,00	68,83
Kaina, Lt	4,05	24,3	270,00	2,55	15,30	170,00

VW Golf važiuojant įprastu ir ekovairavimo stiliumi laiko sąnaudos pateiktos 5 pav.

Iš duomenų, pateiktų 2 ir 3 lentelėse, matome atitinkamai nuvažiuotų kilometrų dviejų vairavimo stilių kuro išėigą ir finansines išlaidas.

4. Išvados

Kaip patvirtino šis eksperimentas, taikant ekovairavimą kuro sąnaudos vairuojant Hyundai i30 sumažėjo 8,2%. Vairuojant Volkswagen Golf markės automobiliu buvo sutaupyta net 41,9% kuro sąnaudų.

Laiko skirtumas tarp įprasto vairavimo ir ekovairavimo važiuojant pasirinktu maršrutu yra vos dvi minutės. Šis laiko skirtumas toks pat abiem vairuojamiems automobiliams.

Įvertinus nedidelį laiko skirtumą, galime teigti, kad ekovairavimas padeda sutaupyti pinigų. Šiuo atveju su Hyundai i30 kiekvienas pravažiuotas kilometras mieste ekovairavimo būdu vairuotojui sutaupo po 0,04 Lt. Vairuojant VW Golf, varomą gamtinėmis dujomis, sutaupome po 0,1 Lt. pravažiavus kiekvieną kilometrą mieste.

Be to, įvertinus gautus parametrus, galime teigti, kad „eko“ vairavimas prisideda prie aplinkos taršos mažinimo.

Literatūra

1. Julliette Jowit. Now drivers have to pass green test. The Guardian, 2006-04-30.
2. ECO vairavimas kiekvienam norinčiam – Šiaulių darbo rinkos mokymo centro vairavimo mokykla. Prieiga per internetą: < <http://www.mokymocentras.lt/vairavimas/eco-vairavimas-kiekvienam-norinciam/> > [žiūrėta 2012-11-10].
3. Kas yra "Ecodriving LT" ir ekovairavimas? Prieiga per internetą: < <http://www.ecodriving.lt/> > [žiūrėta 2012-11-01].



TOLYGLIAI KINTANČIOS TEMPERATŪRINĖS KREIVĖS FORMAVIMAS VALDIKLIU

A. Sasnauskas, M. Mikolajūnas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: arduino, kaitinimo plytelė, temperatūros jutiklis.

1. Įvadas

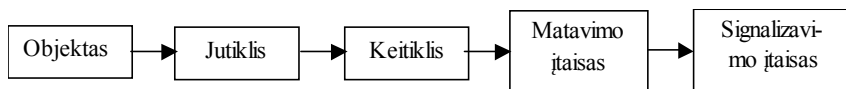
Atliekant tiriamuosius darbus ir analizuojant jų rezultatus, dažnai nėra iki galo įvertinama, jog rezultato tikslumui įtaka turi net menkos sąlygos, apie kurias ne visada gali pagalvoti ir numatyti darbo eigoje. Jutiklių tvirtinamosios medžiagos, tvirtinimo būdai, maitinimo šaltinio parinkimas, taip pat skirtingų charakteristikų naudojama įranga, aplinkos įtaka, sukelia skirtingus rezultatus, gaunamos paklaidos. Jeigu darbas reikalauja didelio tikslumo, tai gali sukelti dideles problemas, todėl reikia įvertinti anksčiau paminėtas sąlygas.

Darbo tikslas – atlikti techninių sąlygų kaitinančios plytelės temperatūros valdymui analizę, sudaryti temperatūrinio valdymo technologinę kreivę.

2. Temperatūriniai jutikliai

Jutikliai yra pirminiai matavimo sistemos elementai, reikalingi gauti informacijai apie kintamą fizikinį dydį. Paprastesnių technologinių procesų valdymo sistemose dažniausiai taikomi slėgio, temperatūros, lygio, medžiagos srauto ir medžiagų sudėties matavimo jutikliai. Bendresniuose fizikiniuose matavimuose, fundamentaliuose eksperimentuose naudojami didesnio fizikinių dydžių skaičiaus jutiklių grupės [1].

Matavimo sistemos valdymui funkcinė schema gali būti parodyta kaip blokų seka (1 pav.). Pirminė informacija apie tiriamo objekto fizikinį parametą gaunama sąveikaujant objektui ir jutikliui ir pasikeičiant jutiklio būsenai.



1 pav. Matavimo sistemos valdymui funkcinė schema

Jutiklio išėjimo signalas patenka į keitiklį, kuris informaciją apie objektą atitinkamu būdu perduoda į matavimo įtaisą, kur jis gali būti sugraduotas matuojamojo parametro vienetais. Signalizavimo įtaisas šviesiniu ar garsiniu signalu gali įspėti apie ribines arba nominaliąsias parametro vertes.

Jutiklio parametro, tokio kaip varža, paklaidos prie atitinkamos temperatūros labai įtakoja visos matavimo grandinės veiklos kokybę. Todėl jutiklių parametrų valdymui ir jutiklių kokybei skiriamas didelis dėmesys.

Temperatūros matavimui reikia mažą objekto šiluminės energijos dalį pateikti jutikliui, kurio užduotis yra paversti šią energiją į elektrinį signalą. Jutiklis šilumos energiją gauna arba šilumos laidumo būdu, t.y. jį suglaudžiant su objektu arba šiluminio spinduliavimo būdu per atstumą. Bet kuris jutiklis įtakoja matuojamą objektą. Techninio įrenginio uždavinys yra sumažinti paklaidas parenkant tinkamą konstrukciją ir matavimo būdą. Darbe naudoti silicio varžiniai jutikliai, jie turi teigiamą temperatūrinį varžos koeficientą. Philips gamyklos jutikliai KTY yra gana tiesiški ir stabilūs.

Monokristalinis ir polikristalinis silicis turi neigiamą temperatūrinį varžos koeficientą (TVK). Tačiau į jį įdėjus n tipo priemaišų tam tikrame temperatūrų ruože TVK tampa teigiamu (iki 200°C).

3. Valdikliai

Pirmąjį programuojamąjį loginį valdiklį (PLV) 1968 metais sukūrė General Motors kompanijos inžinierių grupė, ieškodama alternatyvių sprendimų, galinčių pakeisti sudėtingas ir nelanksčias relines valdymo sistemas. Pagal tarptautinį IEC 1131 standartą PLV apibrėžiamas kaip „Pramoninėje aplinkoje naudoti pritaikyta skaitmeninė elektroninė sistema, turinti programuojamą atmintį, į kurią įrašomos vartotojo valdymo programos, skirtos specifinėms loginėms, valdymo nuoseklumo, laiko intervalų nustatymo, įvykių skaičiavimo, aritmetinėms funkcijoms realizuoti ir, pasitelkus skaitmeninius bei analoginius įėjimo/išėjimo modulius, įvairiems įrenginiams bei procesams valdyti“.

4. Tiesioginių matavimų paklaidų skaičiavimas

Dydžio X matavimui keliami du pagrindiniai reikalavimai:

- nustatyti verčių intervalą $\bar{x} - \Delta x_p \leq x_t \leq \bar{x} + \Delta x_p$, kuriame yra tikroji matuojamojo dydžio vertė;
- nurodyti intervalo pasiklovimo tikimybę P , kad tikroji matuojamojo dydžio vertė yra tame intervale.

Tiesioginių matavimo paklaidų skaičiavime gali būti skaičiuojamos paklaidos kaip atsitiktinės, sistemingosios, atsitiktinės atskaitymo, suminė neapibrėžtis.

5. Darbe naudota ir ištirta įranga

Šiame darbe buvo naudoti termojutikliai KTY81-120, KTY81-121, KTY81-152. Philips KTY n-tipo silicio jutiklis turi tokius matmenis: $500 \times 500 \times 240 \mu\text{m}$. Jis metalizuotas iš vienos pusės ir turi kontaktus iš kitos pusės. Dėl tokios konstrukcijos varža priklauso nuo srovės krypties, todėl sujungiamos dvi tokios varžos priešpriešais. Jutiklio jautris $0,7\%/^{\circ}\text{C}$. Varžos kitimo funkcija gali būti aprašyta taip:

$$R_T = R_0 \left[1 + A (T - T_0) + B (T - T_0)^2 \right] \quad (1)$$

čia R_0 , Ω ir T_0 , K – yra varža ir pradinė temperatūra. Jutiklių KTY koeficientai temperatūros diapazone $-55^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$ yra: $A = 0,007874 \text{ K}^{-1}$ ir $B = 1,874 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-2}$.

Darbe naudoti Arduino valdiklis ir specializuotas valdiklis EC5500R. Arduino – tai faktiškai pilnavertis kompiuteris, kurio pagalbą galima valdyti daviklius, ekranėlius, variklius, duomenų perdavimą bei daugeli kitų elementų. Elementai pateikiami kaip priedeliai (Shields), kurie, standartinių jungčių pagalbą, prijungiami ant Arduino plokštės viršaus. Norint išplėsti standartinį Arduino funkcionalumą naudojami patobulinimai (Tinkerkit), kurie jungiami tiesiogiai prie Arduino. Tam, kad visus prijungtus priedelius ir patobulinius valdyti reikia į kompiuterį įdiegti Arduino programinę įrangą, kurią galite rasti šaltinyje [2]. Prijungus Arduino prie kompiuterio USB kabeliu ir įkeliame jau egzistuojančią arba sukuriame naują programą, kurią sumanėme. Programavimo kalba labai panaši į C++, todėl ją valdyti yra paprasta. Na, o tie, kurie neprogramuoja, irgi nenusivils, nes Arduino – tai atvirojo kodo produktas. Arduino bendruomene jau yra sukūrusi daugybę programų – tereikia jas tik įkrauti!

Specializuotas valdiklis EC5500R yra $48 \times 48 \text{ mm}$ matmenų kompaktinis skaitmeninis valdiklis, galintis gauti įėjimo signalą iš plataus diapazono termoporų ir varžinių temperatūros jutiklių ir turintis PID valdymo sistemą, naudojančią algoritmus "Rationaloop PID (Ra-Pid)" ir "Just-FiTTER". Galima naudoti iki dviejų valdomų išėjimo signalų (priklausomai nuo modelio, šių signalų skaičius gali skirtis), ir tai gali būti relės kontakto, įtampos impulsinis arba srovės išėjimai. Įtaisas gali būti montuojamas dvejopai: prietaisų skyde arba jungiamajame lizde. Reguliatorius gali dirbti ryšio tinkle (3 laidų RS-485 sąsaja). Parametrų mygtukams galima priskirti iki aštuonių taškų, taip užtikrinant lengvą darbą su reguliatoriumi.

6. Darbo eiga ir rezultatai

Naudojant Arduino platformą [3] su termojutikliais buvo siekiama suformuoti tolygiai kintančią temperatūrinę kreivę.

Jutiklio tvirtinimas prie elektrinės kaitlentės buvo daromas su skirtingomis medžiagomis, kad ištirti jų poveikį gaunamiems rezultatams.

Pirmiausia, kad jutiklį pritvirtinti prie elektrinės kaitlentės buvo naudojama Polylite poliesterinė derva. Jos reakcijos cheminės savybės, klampumas tenkino mano sąlygas, kaip netoksiškumas, ir paprastumas naudoti. Kai kaitlentė įkaitinama daugiau nei 150°C, patalpoje atsiranda nemalonūs kvapas, bei svylančios medžiagos sukelti dūmai. Todėl jutiklio tvirtinimui buvo panaudota kitos medžiagos, kaip epoksivalestirininė derva, karščiui atsparus klijai, bei mastika.

Programa, skirta kaitlentės temperatūrai valdyti, veikia PID algoritmo principu Arduino platformoje. Tikslesnį PID bibliotekos veikimo principą galima rasti [internete](#) [4]. Pagrindinėje programoje taip pat panaudojama LCD ekrano biblioteka. LCD ekrano veikimo principą bei paleidimą Arduino platformoje galime rasti [internete](#) [5].

Darbe naudoti komponentai:

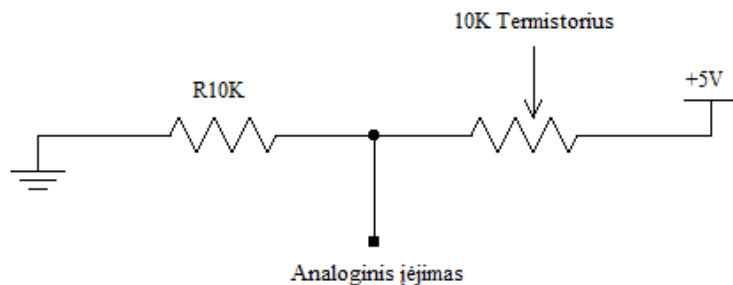
1. Temperatūros matavimui pasirinkti jutikliai, kurie atlaiko maksimalią 150°C temperatūrą. Naudojantis Arduino analog Read funkcija yra matuojamas įtampos kritimas sensoriuje ir išskaičiuojama varža pagal formulę:

$$R = \frac{4740}{\text{float}(V_s) \cdot 4,74/1023} - 1000;$$

čia V_s – nuskaityta jutiklio reikšmė, V.

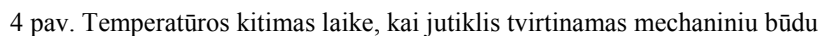
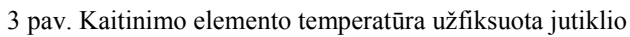
Vėliau varža yra verčiama į laipsnius pagal Celsijų. Formulės sudarymui į Matlab programa yra suvedamos gamintojo pateikiamos temperatūros, varžos koordinatės ir nubrėžiamas grafikas. Programos pagalba randami varžos kitimą aproksimuojančio ketvirtojo laipsnio polinomo koeficientai.

2. Naudojamas LCD ekranas yra 16×2 eilučių. Jo paleidimui naudojama Arduino funkcijas antraštinių failas „LiquidCrystal.h“.



2 pav. Jungimo schema

- Arduino pagalba gauname temperatūros rezultatus programos lange

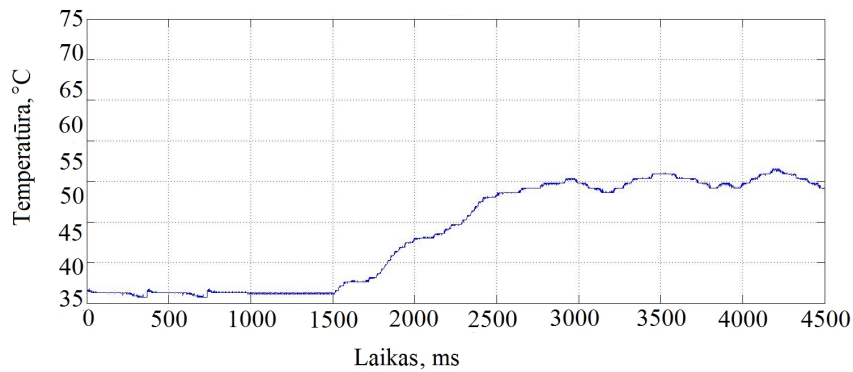


Taip pat buvo tiriama tvirtinimo medžiagų įtaka gautiems rezultatams. Pradžioje termojutiklis metalinio kronšteino pagalba buvo pritvirtintas prie kaitinimo elemento. Kaip temperatūra kito laike pateikta 4 pav.

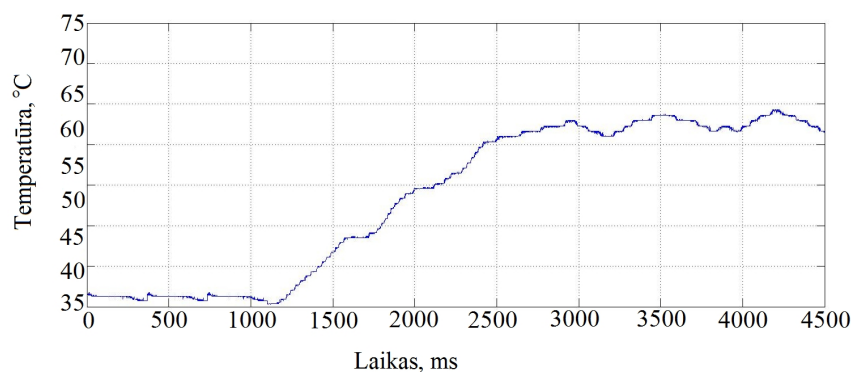
Kaitlentės temperatūros kitimas laike, kai termojutiklis pritvirtintas su epoksivalestirinine derva pateiktas 5 pav.

Toliau termojutiklį pritvirtinau su mastika. Kaip jos fizinės savybės įtakojo tyrimo rezultatus pateikta 6 pav.

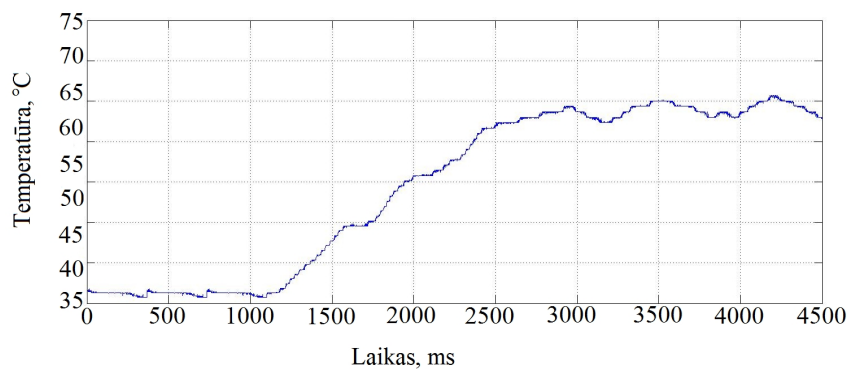
Toliau termojutiklį pritvirtinau su karščiui atspariais klijais. Klijų fizinės savybės įtakojo gaunamus rezultatus (7 pav.).



5 pav. Temperatūros kitimas laike, kai jutiklis tvirtinamas epoksivalestirinine derva

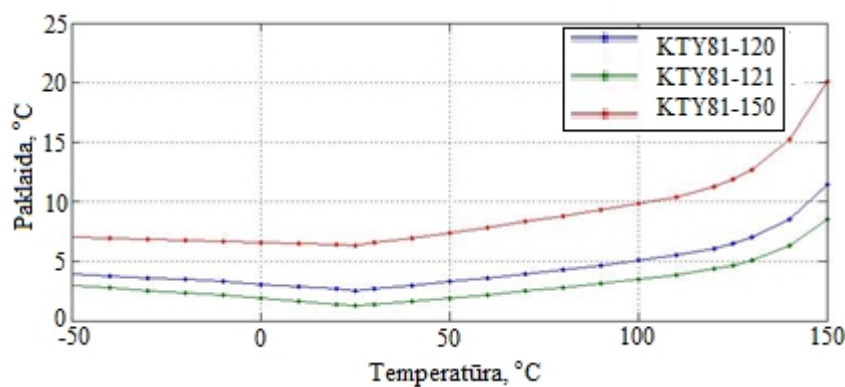


6 pav. Temperatūros kitimas laike, kai jutiklis tvirtinamas mastika



7 pav. Temperatūros kitimas laike, kai jutiklis tvirtinamas karščiui atspariais klėjais

Įvertinus skirtingus termojutiklius ir išanalizavus gautus tyrimo rezultatus, bei juos palyginus su išoriniu infraraudonųjų spindulių matuoklio parodymais, nustatiau didžiausią ir mažiausią paklaidą turinčius jutiklius (8 pav).



8 pav. Termojutiklių paklaidos priklausomybė nuo temperatūros

6. Išvados

1. Įvertinus termojutiklių skirtingus parametrus prie kintančių temperatūrų, galime parinkti man pagal tikslumą labiausiai tinkanti jutiklį.
2. Išbandžius keletą skirtingų tvirtinimo būdų kaip, mechaninis, ir klįjavimas skirtingomis medžiagomis prie kaitinimo elementų, pagal gautus rezultatus

parinktas geriausias tvirtinimo būdas kaip tvirtinimas karščiui atspariais klėjais, kuris mažiausiai įtakoja galutinį rezultatą.

3. Darbo eigoje buvo pastebėti maitinimo šaltinio įtaka rezultatams, kurie svyravo ~5% tiek į vieną, tiek į kitą pusę, kai Arduino platformą buvo maitinama iš nešiojamo kompiuterio per USB sąsają, lyginant su stabiliu šaltiniu.

Literatūra

1. **Stanevičius S.** Arduino visiems. – Vilnius: Darysiupats.lt, 2012. 12-15 p.
2. Download the Arduino Software.: Prieiga per internetą: < <http://arduino.cc/en/Main/Software> > [žiūrėta 2012-12-01].
3. Arduino Mega 2560. Prieiga per internetą: < <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560> > [žiūrėta 2012-12-06].
4. Arduino Playground.: Prieiga per internetą: < <http://playground.arduino.cc/Code/PIDLibrary> > [žiūrėta 2012-11-28].
5. Arduino. Prieiga per internetą: < <http://arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal> > [žiūrėta 2012-11-28].

BIOPOTENCIALŲ PANAUDOJIMAS ROBOTŲ VALDYME

A. Žymantas, T. Jukna

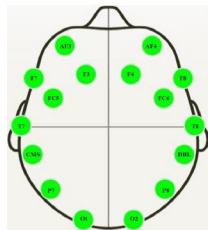
Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: biomedicininė kibernetika, biomechatronika, biopotencialų registravimas.

1. Įvadas

Smegenų ir kompiuterio sąsajos leidžia smegenis veikt kaip duomenų valdymo terpe, manipulatorius ar protezavimo galūnių ir programas, pavyzdžiui, vaizdo žaidimų. Dažniausiai naudojama Elektroencefalografija (EEG), skaityti galvos smegenų elektrinį aktyvumą. Analizuojant EEG, galime stebėti smegenų veiklą ir apdoroti gautus duomenys (EEG signalai). EEG smegenų elektriniam aktyvumui užfiksuoti naudojami elektrodai esantys ant galvos (1 pav.).

Srovės virpesių priežastys – fiziologiniai procesai, vykstantys tarp atskirų ląstelių smegenyse, kurių elektrinės būklės pakitimai padeda smegenims perduoti informaciją. Dėl specifinės erdvinės struktūros generuotos atskirų neuronų (mini) srovės susijungia taip, kad virš jų esančius įtampos pakitimus galima išmatuoti. Tarp elektrodų ir smegenų yra kliūtis (kaukolė), todėl atsiranda duomenų triukšmai. Elektrodai paprastai sudrėkinami tam tikros rūšies geliu ar pasta, tam kad pagerinti signalo kokybę. Stipresniems, tikslesniems signalams išgauti, pacientams implantuojami elektrodai į smegenis, arba po galvos odą. Šie metodai yra invaziniai. EEG signalas yra santykinai mažos skiriamosios gebos, triukšmingas. Vis dėlto



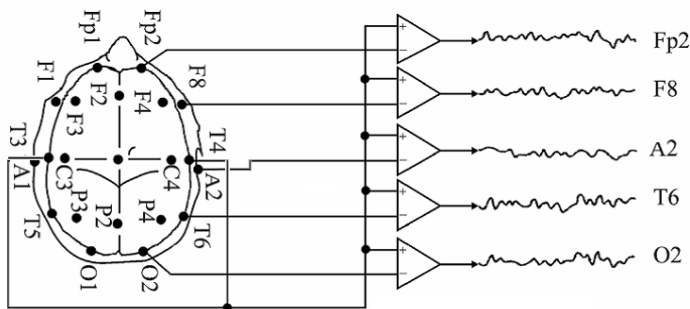
1 pav. Elektrodo išdėstymas galvos srityje [1]

palyginus su kitų smegenų registravimo metodais, žymiai pigesnis ir patogesnis biopotencialų nuskaitymo būdas yra paviršinis.

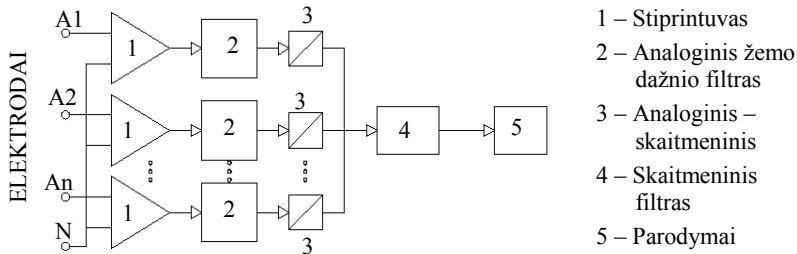
2. Elektrodo išdėstymas ir veikimo principas

Registruojamas galvos smegenų bioelektrinis aktyvumas nuo galvos paviršiaus 14 elektrodų pagalba (2 pav.) pagal tarptautinę 10/20 elektrodų [2] išdėstymo sistemą. Iš EEG signalų galima išskirti alfa (a), beta (b), Delta (d), ir teta (Q bangos). Alfa bangos (8 ... 13 Hz) gali būti matuojamas nuo pakaušio srities; jos pasireiškia traso ir negilus miego būsenoje. Beta bangos (14 ... 30 Hz) yra aptinkamos priekinių skilčių srityje. Beta bangos dominuoja esant atmerktoms akims bei susirūpinimu, nerimo būsenai. Delta bangos (0,5 ... 4,0 Hz) fiksuojamos giliai miegant. Teta bangos (4 ... 8 Hz), aptinkamos vaikų ir suaugusiųjų miego stadijoje, gilios meditacijos metu.

Kiekvienas iš stiprintuvų įėjimų yra prijungtas prie elektrodų (3 pav.). Gauti signalai sustiprinami stiprintuvais ir filtruojami analoginiu žemo dažnio filtru. Analoginiai signalai yra konvertuojami į skaitmeninius signalus, o



2 pav. Elektrodo išdėstymas vietos tyrimo metu



3 pav. EEG veikimo principine schema

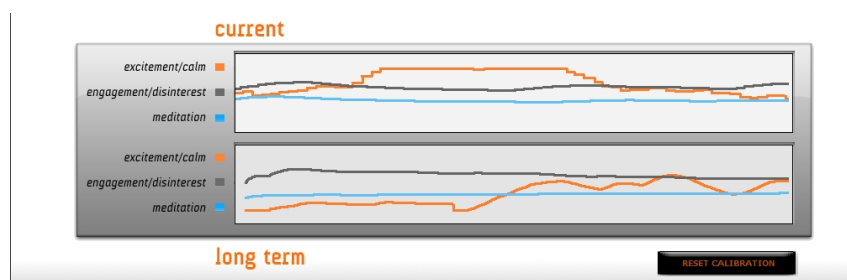
pastarieji signalai pakartotinai filtruojamas skaitmeniniu filtru. Gauti rezultatai užfiksuojami arba pateikiami displėjuje.

3. Kalibravimo ypatybės

Kalibravimas atliekamas „Emotive EPOC“ programa (4 pav.), kuria gali naudoti asmenys neturintys jokių žinių apie EEG signalą [3]. Apmokymo procese labai svarbu išlaikyti sąmonės dėmesį, (vienos būsenos apmokymo procesas trunka apie 8 sekundes). Fiziniai gestai, pavyzdžiui, stumiant įsivaizduojamą objektą su viena ranka, gali būti naudojami siekiant padidinti jūsų dėmesį į ketinamus atlikti veiksmus. Mokymo metu reikėtų susilaikyti nuo per intensyvių galvos judesių ar veido išraiškos keitimo, nes šie veiksmai gali trukdyti įrašomo EEG signalo kokybei. Mokymo kursas yra automatiškai atšaukiamas dingus belaidžio tinklo signalui arba EEG signalui (5 pav.).

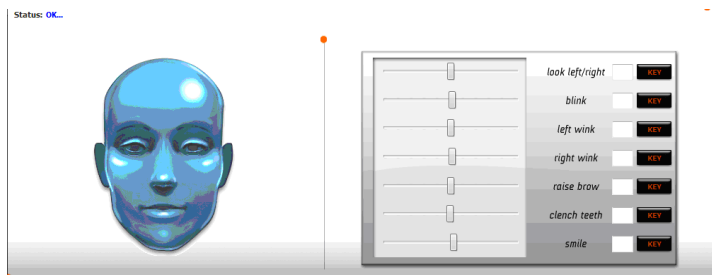


4pav. Kalibravimas vizualizacijos pagalba



5 pav. mokymo metu gautas signalas

Naudojant EPOC neuroheadset [4] įmanoma aptikti veido išraiškos pokyčius. Šiuo atveju kalibravimas vyksta jautrumui didinant ar mažinant signalo stiprumą. Veido išraišką galima priskirti įvairiems veiksams. Pavyzdžiui, mobilaus roboto judėjimo į priekį komanda gali būti paprasčiausias akies mirktelėjimas, ar kokia kita veido išraiška (6 pav.).



6 pav. Kalibravimas veido išraiškos pagalba

4. Manipulatoriaus valdymas su EPOC neuroheadset

Manipulatoriaus valdymas EPOC neuroheadset pavaizduotas (7 pav.).

Atlikus mokymus, kiekvienas veiksnys yra priskiriamas konkrečiam simboliui, šiuo atveju pilnam valdymui manipuliatoriui reikalinga 12 simbolių (veiksnių). Iš kompiuterio siunčiama tiksli užduotis veiksmui atlikti [5]. Vienu metu atliekama viena užduotis dėl duomenų perdavimo tikslumo, kad ir kokia būtų veiksmų seka.



7 pav. Principinė manipulatoriaus valdymo schema su EPOC neuroheadset

5. Išvados

Rinkoje atsiranda vis daugiau biomechatronikos sistemų, galinčių nuskaityti žmogaus biopotencialus, viena iš tokių sistemų yra EPOC neuroheadset. Naudojant šią sistemą atsiranda galimybė asmenims su specialiais poreikiais pagerinti nusilpusią motorinę funkciją.

Atliekant tyrimus nustatyta, kad robotų valdyme tokios sistemos gali būti naudojamos, tik su papildomais apribojimais. To priežastis – sistemos kalibravimas, arba apmokymas atpažinti biopotencialų signalus. Pagrindinė problema – kiekvieno vartotojo signalai yra skirtingi. Be to, sistema nebeatpažįsta tam tikrų komandų, kai pasikeičia to paties vartotojo fiziologinė būseną (nuovargis, stresas ir pan.).

Buvo nustatyta, kad roboto valdymo tikslumas priklauso nuo sistemos apmokymo laiko. Po 7 dienų apmokymo dviejų koordinatų sistemos rezultatai buvo iki 40% geresni, už rezultatus gautus po 1 dienos apmokymų.

Literatūra

1. Signal Processing and Evaluation. Prieiga per Internetą: < http://sousa.net23.net/pages/signal_processing.html > [žiūrėta 2012-12-08].
2. 10/20 System (EEG), Prieiga per Internetą: < http://en.wikipedia.org/wiki/10-20_system_%28EEG%29 > [žiūrėta 2012-09-20].
3. Emotiv EPOC Software Development Kit, Prieiga per internetą: < <http://www.emotiv.com/store/hardware/299/> > [žiūrėta 2012-09-10].
4. Emotiv EPOC. Prieiga per Internetą: < <http://emotiv.com/upload/manual/EPOCSpecifications.pdf> > [žiūrėta 2012-09-10].
5. EPOC mind controlled robot. Prieiga per Internetą: < <http://www.youtube.com/watch?v=4Cq35VbRpTY> > [žiūrėta 2012-10-08].



NEARDOMA ULTRAGARSINĖ DETEKCIJA. APŽVALGA

I. Čereška

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: ultragarsas, echoskopija, defektas, detekcija, robotas.

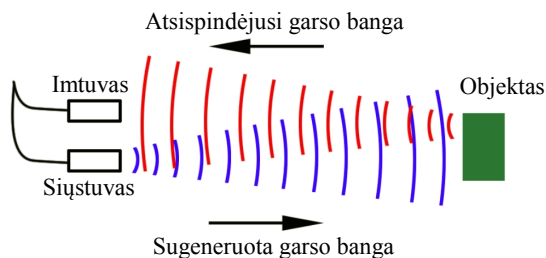
1. Įvadas. Ultragarsinė neardoma detekcija

Nedestrukcinis testas yra toks defektų paieškos metodas, kuomet objektas testo metu nėra sunaikinamas ar pažeidžiamas. Toks medžiagų testavimo metodas plačiai naudojamas pramonėje nuo lėktuvų korpusų defektų ar traukinio bėgių vidinių įtrūkimų detekcijos iki medicinoje atliekamos echoskopijos tiriant žmogaus organus fiziškai nepažeidžiant žmogaus kūno [1]. Nėra sudėtinga nustatyti apytikrą defekto vietą objekte arba faktą, ar defektas yra, ar jo nėra. Problema iškyla tada, kai svarbu ne tik nustatyti, ar defektas yra, bet ir tiksliai nustatyti jo padėtį, kurioje gaminio vietoje jis randasi. Pagrindinė priežastis, įtakojanti mažesnę tikslumą, yra žmogiškasis faktorius.

Šiame straipsnyje pabandyti trumpai apžvelgti vieną šios problemos sprendimų, t.y. objektą skenuoti su roboto pagalba, kadangi pats robotas gali užtikrinti labai tikslų ir precizišką pozicionavimą, ko žmogus negali padaryti.

2. Ultragarsinės echoskopijos principas

Dažniausiai echoskopijoje ultragarsas panaudojamas atstumui iki objekto, nuo kurio atsispindėjo ultragarso banga, nustatyti (1 pav.).



1 pav. Atstumo iki objekto nustatymas naudojant ultragarsinį keitiklį

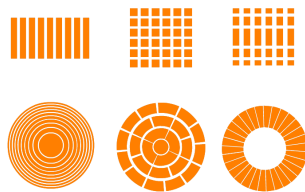
Echoskopijos principas (žr. 1 pav.): ultragarsinis siųstuvas/imtuvas generuoja garso bangos impulsus (mėlyna spalva). Bangos sklinda tam tikra terpe ir nuo kiekvieno tankio pokyčio jos atspindi atgal (raudona spalva). Šiuo atveju tankio pasikeitimą sąlygoja tam tikras objektas, pažymėtas žaliu stačiakampiu. Yra matuojamas laikas, per kurį ultragarso banga nukeliauja iki objekto ir atsispindėjusi grįžta atgal į ultragarsinio keitiklio imtuvą. Tokiu būdu nustatomas ne tik faktas, kad defektas yra, bet ir tiksli jo vieta (gylis) medžiagoje [2].

3. Ultragarso išgavimas bei ultragarso keitikliai

Ultragarso išgauti naudojamas atvirkštinis pjezoelektrinis efektas, kuomet slegiant arba tempiant tam tikru būdu iš monokristalo išpjautą plokštelę, jos paviršiaus plokštumose atsiranda priešingų ženklų elektros krūviai. Dažniausiai naudojami kvarco (SiO_2) kristalai, nes jie yra pastovūs ir patvarūs tiek cheminiu, tiek fiziniu požiūriu.

Kvarcas sužadinamas atvirkštiniu pjezoelektriniu efektu – aukšto dažnio generatoriaus tiekiami įtampa. Generatoriaus sukurtos kintamosios elektros srovės energiją kvarcas paverčia akustine energija ir generuoja aukšto dažnio ultragarsines bangas.

Ultragarsinio keitiklio galvutė, kuri gali tiek generuoti, tiek ir priimti ultragarso bangas, gali būti viena (vieno kanalo), tačiau praktikoje dažnai naudojami galvučių masyvai – keletas į grupę sujungtų tokių galvučių – kurie leidžia ne tik sparčiau atlikti matavimus, tačiau ir praplečia matavimo plotą. Galvutės gali būti išdėstytos įvairiai: vienmatis linijinis, lankinis masyvai, dvimatis kvadratinis, lankinis masyvai (2 pav.) [3].

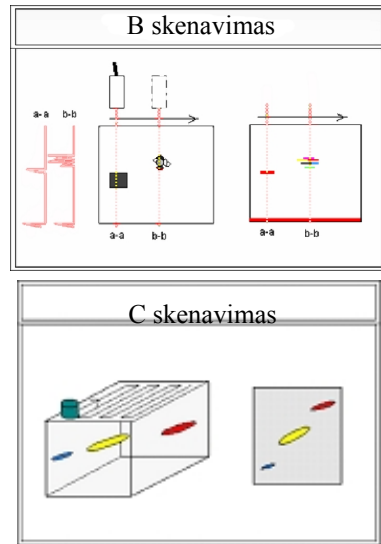


2 pav. Vienmačių ir dvimačių linijinių (viršuje) bei lanko ir apskritimo formos (apačioje) galvučių išdėstymas

4. B ir C skenavimo ultragarsu metodai

Naudojant ultragarsinę detekciją, skenavimai skirstomi į keturias pagrindines grupes: A, B, C ir D skenavimus. Iš šių plačiausiai naudojami yra B ir C skenavimo režimai [4, 5, 6].

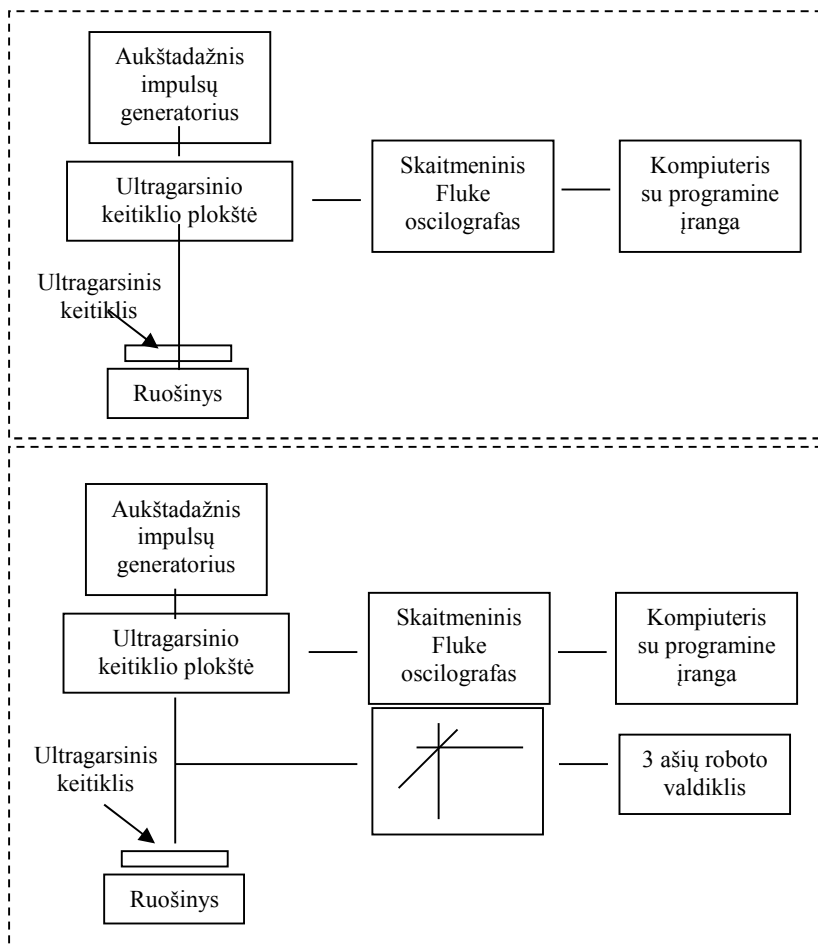
B skenavimo metodu atliekant detekciją, ultragarsinis keitiklis keičia savo padėtį ruošinio paviršiuje, vienoje koordinatėje: X arba Y . Tokiu būdu defektų ieškoma ne viename ruošino taške, bet ištisinėje linijoje. Šiuo skenavimo būdų galima nustatyti ne tik defekto gylį, bet ir jo padėtį išilgai vienos ašies. C skenavimo metodas yra sudėtingesnis, negu B. Šiuo atveju ultragarsinis keitiklis juda pagal iš anksto sudarytą kelią taip, kad ultragarsinis keitiklis judėtų visoje skenuojamo ruošinio paviršiaus plokštumoje. Šiuo būdu defektą galima nustatyti jau dvejose koordinatėse X ir Y (3 pav.) [5, 6].



3 pav. B ir C skenavimo režimai [5, 6]

5. Nedestrukcinis skenavimas panaudojant robotą vietoje žmogaus

Šiuo metu Kauno technologijos universiteto, Panevėžio instituto Pramoninių ir mobilių robotų laboratorijoje yra reikiama įranga, leidžianti visą skenavimo procesą robotizuoti. Pagrindinis tikslas, kurį reikia pasiekti norint išspręsti žmogiškojo faktoriaus problemą, yra ultragarsinio keitiklio pozicionavimas ruošinio paviršiuje. Kolkas laboratorijoje yra įrengtas nejudantis kvarco plokštelių masyvas, kurio dėka galima skenuoti tokį plotį, kokį apima visas masyvas. Įterpus į skenavimo procesą robotą (4 pav.), galima ne tik išvengti galimų klaidų, kurias padarytų žmogus, tačiau ir panaudoti C skenavimo režimą, kuomet ultragarsinio keitiklio galvutė robotu būtų nešiojama ruošinio paviršiumi tam tikra seka.



4 pav. Rankiniu būdu (viršuje) ir robotu (apačioje) atliekamo skenavimo struktūrinės schemos

Skenavimui būtų panaudota vieno kanalo ultragarsinio keitiklio galvutė, kuri būtų vedžiojama ruošinio paviršiumi ir realiu laiku skaitomi duomenys į kompiuterį, iš kurių vėliau būtų sudaroma objekto vizualizacija su pažymėtais defektais. Eksperimento tikslams tam būtų naudojamas organinis stiklas su kitoje pusėje įgręžta skylė. Garso banga turėtų pereiti dalį organinio stiklo terpės, atsispindėti nuo skylės, kadangi keičiasi terpės sudėtis ir sugrįžti atgal į keitiklį.

6. Išvados

1. Esama įranga KTU Panevėžio instituto robotų laboratorijoje darbus leidžia A skenavimo režimu – skenuoti viename taške, nejudinant keitiklio.
2. Norint skenuoti didesnę plotą, ypač jei reikia patikrinti daug vienetų detalių, būtina keisti keitiklio padėtį, tačiau skenavimą atliekant ranka negalima pasiekti tikslių rezultatų, nes ilgesnį laiką padirbęs žmogus praranda tiek našumą, tiek tikslumą, todėl svarbu išvengti žmogiško faktoriaus įtakos šioje vietoje įterpiant robotą arba manipuliatorių.
3. Šiuo metu sparčiai populiarėjant ir pingant robotams, jie puikiai gali atstoti žmogaus darbą atliekant tokio pobūdžio ultragarsinius skenavimus.
4. Atliekant skenavimą ir naudojant robotą, galima naudoti C skenavimo režimą ir taip apimti didesnę skenuojamą plotą.

Literatūra

1. Wikipedia. Ultrasound. Prieiga per internetą: < <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound> > [žiūrėta 2012-11-20].
2. Radiography. Basic sound physics. Prieiga per internetą: < <http://www.wikiradiography.com/page/Basic+Ultrasound+Physics> > [žiūrėta 2012-11-24].
3. Olympus. Phased array. Prieiga per internetą: < <http://www.olympus-ims.com/en/ndt-tutorials/transducers/inside> > [žiūrėta 2012-11-21].
4. NDT Encyclopedia. Ultrasonic testing, A scan. Prieiga per internetą: < <http://www.ndt.net/ndtaz/content.php?id=435> > [žiūrėta 2012-11-24].
5. NDT Encyclopedia. Ultrasonic testing, B scan. Prieiga per internetą: < <http://www.ndt.net/ndtaz/content.php?id=48> > [žiūrėta 2012-11-24].
6. NDT Encyclopedia. Ultrasonic testing, C scan. Prieiga per internetą: < <http://www.ndt.net/ndtaz/content.php?id=66> > [žiūrėta 2012-11-24].



KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ AERODINAMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

S. Kadūnaitė, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: aerodinamika, krovininis automobilis, pasipriešinimo koeficientas.

1. Įvadas

Esamam laikmečiui vienas iš aktualiausių dalykų yra ekologija, gamtos išteklių racionalus panaudojimas, ekonomiškumas. Visi šie faktoriai įtakoja automobilių gamintojus gerinti transporto priemonių aerodinamines savybes, todėl dabar gaminama didelė aibė įvairiausių rūšių automobilių.

Sunkvėžimių kūrėjai ir inžinieriai stengiasi sukurti krovininius automobilius, kurie turėtų itin geras aerodinamines savybes. Skirtingai nei lengvieji automobiliai, krovininiai automobiliai turi savo išmatavimų apribojimus, dėl šios priežasties dominuojančios krovininių automobilių formos yra stačių kampų, todėl gerinti aerodinamines savybes yra labai nedaug galimybių. Lieka galimybė keisti tik vairuotojo kabiną ir tempiamos priekabos iškišą. Gamintojai norėdami pagerinti krovininių automobilių aerodinamiką montuoja papildomus oro aptakus, vėjo nukreipimo mentes, aerodinaminius purvasaugius, šoninius sparnus ir kitas priemones.

Visų automobilių projektavimas remiasi eksperimentiniais tyrimais. Automobilio aerodinaminiam skaičiavimui nėra sukurta vientisos teorinės bazės, kuri apimtų visą automobilio aerodinaminį skaičiavimą. Automobilio aerodinamika neturi tokios pirmaeilės reikšmės kaip skraidančiam aparatui. Automobilio aerodinamika įtakoja stiliaus, gamybos technologijos ir judėjimo savybes. Todėl teorinė skaičiavimų bazė yra pritaikoma iš skraidymo aparatų aerodinamikos, nes skraidymo aparatų aerodinamikos mokslas plėtojasi kur kas sparčiau [2].

Darbo tikslas – ištirti krovininio automobilio aerodinamines savybes.

2. Aerodinaminio koeficiento ir pasipriešinimo jėgos teorinė analizė

Skysčių ir dujų dinamikoje pasipriešinimo koeficientas dažniausiai žymimas C_W . Šis bedimensinis dydis naudojamas apskaičiuoti objekto

pasipriešinimą oro srautui. Aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas visada susideda iš dviejų dedamųjų: objekto paviršiaus trinties ir pasipriešinimo formos.

Aerodinaminis koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę [4]:

$$C_W = \frac{2 F_d}{\rho v^2 A}; \quad (1)$$

čia: F_d – aerodinaminė pasipriešinimo jėga, kuri nukreipta srauto greičio kryptimi; ρ – oro tankis priklausantis nuo temperatūros, slėgio ir aukščio virš jūros lygio (šiam darbe buvo priimta $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$); v – oro srauto greitis km/h; A – tiriamojo objekto kontūro projekcijos, statmenos oro srauto judėjimui, plotas, m^2 . Tai tiesiogiai matosi iš (1) formulės.

Oro pasipriešinimas esant realioms sąlygoms apskaičiuojamas pagal formulę [1]:

$$C_W^* = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi c_T(\beta) \left[1 + \left(\frac{v_S}{v_F} \right)^2 + 2 \left(\frac{v_S}{v_F} \right) \cos \delta \right] d\delta; \quad (2)$$

čia: c_T – tangentinis jėgos koeficientas; β – oro srauto nukreipimo kampas; δ – šoninio vėjo aptakumo kampas; $v_F = 90 \text{ km/h}$ – automobilio judėjimo greitis, $v_S = 15 \text{ km/h}$ – rekomenduojamas vėjo greitis kuris imamas pagal DOT/SAE rekomendacijas.

Iš 1 pav. matome, kad mažiausią koeficientą turi lengvasis automobilis, o didžiausia (net 1,0 siekiantį koeficientą) turi sunkvežimius su dviguba priekaba.

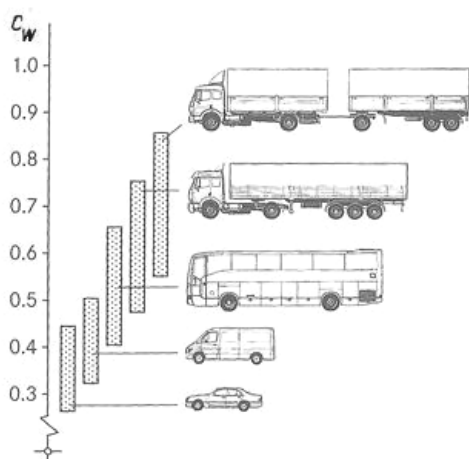
Koeficientas C_W gali skirtis 1,5 ... 2,0 karto priklausomai nuo automobilio formos [3].

Korvininių automobilių aerodinaminio pasipriešinimo koeficiento vertė priklauso nuo daugelio aspektų. Pagrindiniai reikavimai korvininių automobilių aerodinaminio pasipriešinimo mažinimui:

- vairuotojo kabinos briaunų užapvalinimas;
- kabina ir puspriekabė turi būti viename aukštyje;
- minimalus tarpas tarp kabinos ir puspriekabės.

Didelę įtaką aerodinaminiam pasipriešinimui turi šoninis vėjas.

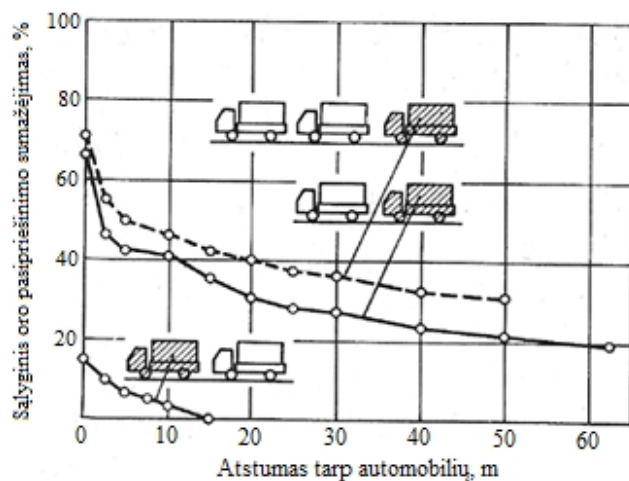
Atliekami aerodinaminiai tyrimai parodė kad automobilio pasipriešinimo koeficiento dedamosios ir jų įtaka bendrajam pasipriešinimui yra: formos pasipriešinimas ~57%, papildomų įrenginių pasipriešinimas ~15%, vidinių oro srauto tekėjimų (po variklio gaubtu, salono ventiliacijos ir kt.) pasipriešinimas ~12%, paviršiaus trinties pasipriešinimas ~9%, induktyvus pasipriešinimas ~7%.



1 pav. Transporto priemonių aerodinaminiai pasipriešinimo koeficientai

3. Krovininių automobilių judėjimas kolonoje

Judant kolonoje kiekvienas krovininis automobilis po savęs palieka oro sūkurius, kurie sumažina oro pasipriešinimą važiuojančiam iš paskos automobiliui. Šitas efektas gerai žinomas krovininių automobilių vairuotojų, todėl labai dažnai pagrindiniuose pervežimo keliuose galima pamatyti taip judančias kolonas. Krovininiams automobiliams oro pasipriešinimas labai



2 pav. Oro pasipriešinimas važiuojant kolonoje [3]

didelis, o važiuojant kolonoje smarkiai sumažėja aerodinaminis pasipriešinimas ir taupomas kitų krovininių automobilių kuras, kuris kitu atveju būtų sunaudojamas oro pasipriešinimui įveikti (žr. 2 pav.).

Jei kolona susidaro iš kelių krovininių automobilių ir jie važiuoja apie 80 km/h greičiu ir laikosi 40 metrų atstumo tarpusavyje, tai tokiu atveju oro pasipriešinimo jėga bus mažesnė 20% nei pirmo krovininio automobilio, o trečio krovininio automobilio bus mažesnė 30% [3].

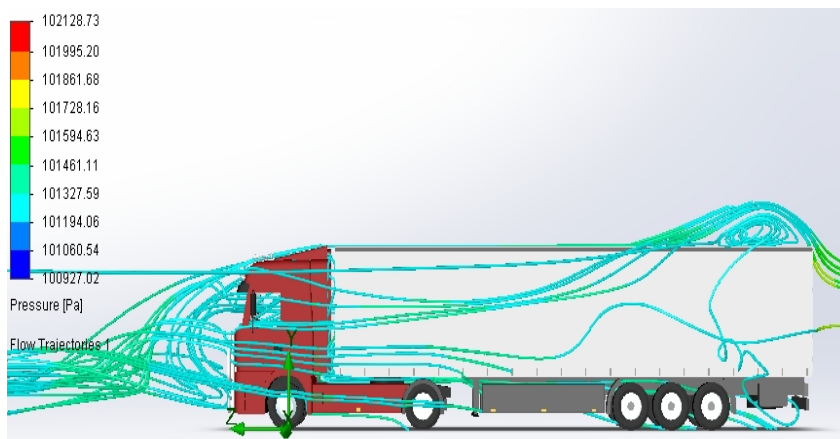
4. Tyrimo metodika

Tiriamo krovininio autotraukinio su puspriekabe pasipriešinimą modeliuosime *Solidworks* programa naudojant *Flow Simulation* skaičiavimų paketą. Modeliuojamas autotraukinys kurio bendras ilgis 16 metrų.

Modeliuojant buvo naudojamos prielaidos: oro srautas laminarinis, oras yra spūsdus, temperatūra 293.2 K, atmosferinis slėgis 101 325 Pa.

Autotraukinio, važiuojančio 90 km/h greičiu, skaičiavimai pateikti 3 ir 4 pav. Didžiausias slėgis veikia priekinėje dalyje, paskui ritasi vairuotojo kabina, dalis oro srauto sukelia sūkurį už vairuotojo kabinos ir konteinerio esančiame tarpelyje, ritasi žemyn ir nueina pro apatinę konteinerio dalį iki autotraukinio galo. Taip pat didelis slėgis susidaro autotraukinio priekabos gale ir rieda tolyn priekabos viršum. Didžiausias apskaičiuotas slėgis veikia į gale esančias priekabos duris, jo dydis 101 861 Pa.

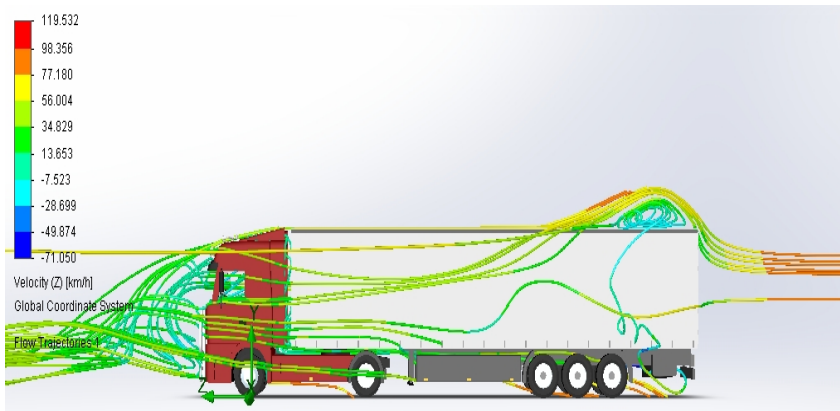
Kaip matosi iš 3 paveikslėlio krovininis automobilis turi stogo aptaką, kuris sumažina slėgį ant puspriekabės stogo. Dėl stogo aptako mažesnė slėgio banga nusirita į puspriekabės galą. Šio krovininio automobilio vairuotojo kabina ir puspriekabė beveik vienodame aukštyje, o tai taip pat sumažina papildomą oro slėgį, veikiantį puspriekabę.



3 pav. Oro slėgio pasiskirstymas, kai autotraukinys važiuoja 90 km/h greičiu

Analizuojant oro srauto greitį (žr. 4 pav.) matome, kad didelis oro srautas tenka vairuotojo kabinai ir puspriekabės galinėms durims. Taip pat kaip ir prieš taip pateiktame paveikslėlyje oro srautas sukdamas slenka žemyn ir nueina po priekaba.

Didžiausias oro srauto greitis yra ant puspriekabės galinės dalies stogo.



4 pav. Oro srauto greičio pasiskirstymas, kai autotraukinys važiuoja 90 km/h greičiu

4. Išvados

1. Analizuojant Mercedes-Benz Actros modelį gauti rezultatai parodo, kad važiuojant krovininiam automobiliui 90 km/h greičiu didžiausias slėgis veikia galinę autotraukinio dalį. Didžiausia slėgio reikšmė 101 861 Pa.
2. Oro srauto greičio analizė taip pat parodė, kad didžiausias oro srauto greitis veikia vairuotojo kabiną ir puspriekabės galinę dalį. Didžiausias oro srauto greitis 119,5 km/h.

Literatūra

1. **Евграфов А. Н.** Аэродинамика автомобиля. – Москва, 2010. – 355р.
2. **Ракныс Л.** Transporto priemonių aerodinamikos pagrindai. – Kaunas: Technologija, 1999. – 123 p.
3. **В.-Г. Гухо** Аэродинамика автомобиля. – Москва: Машиностроение, 1987. – 422 p.
4. Drag coefficient – Wikipedia, the free encyclopedia. Prieiga per internetą: < http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient > [žiūrėta 2012-11-20].



T FORMOS SUVIRINTOJO SUJUNGIMO SU PLOKŠČIA MINKŠTA SIŪLE ĮTEMPIMŲ BŪVIO TYRIMAS

A. Misiūnas, D. Vaičiulis

Kauno technologijų universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: tėjinis suvirintas sujungimas, mechaninis nevienalytiškumas, įtempimų būvis, minkšta plokščia siūlė.

1. Įvadas

Suvirinimas tai technologinis procesas neišardomų detalių sujungimui, kuris kartais būna vienintelis būdas joms sujungti. Šiame darbe nagrinėjama, kaip T formos suvirintame sujungime su minkšta plokščia siūle įtempimų būvis priklauso nuo siūlės storio [1].

Darbo tikslas – naudojant baigtinių elementų metodą (naudosime ANSYS10.0 programą) ištirti, kaip įtempimų būvis priklauso nuo T formos suvirinto sujungimo minkštos siūlės matmenų.

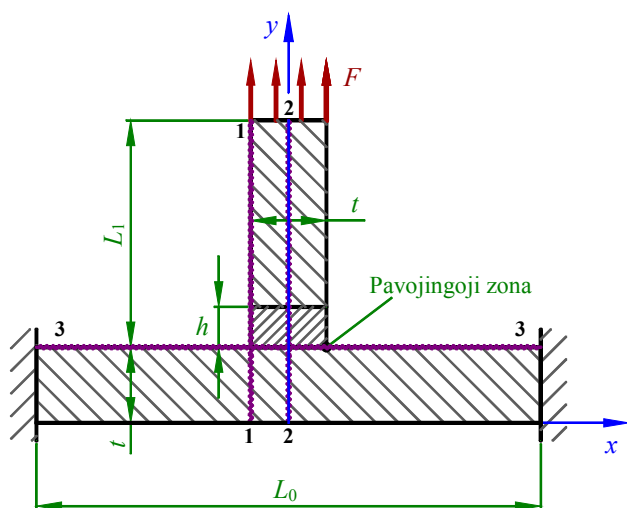
2. Tyrimams naudotas modelis

T formos suvirintojo sujungimo modelį sudarė plokšti (2D), aštuonių mazgų PLANE183 izoparametriniai baigtiniai elementai. Tirtą suvirintojo sujungimo skaičiavimo schema pateikta 1 pav., pagrindiniai sujungimo parametrai:

- suvirinamų lakšto storis $t = 6$ mm;
- santykinis siūlės aukštis $h_s = h/t = 0,01 \dots 1,2$;
- horizontalaus lakšto ilgis $L_0 = 120$ mm;
- vertikalaus lakšto ilgis $L_1 = 60$ mm;
- mechaninio nevienalytiškumo koeficientas

$$\gamma_e = \frac{E_{PM}}{E_{SM}}; \quad (1)$$

čia E_{PM} – pagrindinio metalo medžiagos tamprumo modulis; E_{SM} – siūlės medžiagos tamprumo modulis.



1 pav. T formos suvirintojo sujungimo geometriniai parametrai

Pagal duotus parametrus sukurtas script'as, kurį paleidus ANSYS'o terpėje automatiškai sukuriamas duotojo tipo suvirintojo sujungimo modelis su T formos plokščia suvirinimo siūle ir išsprendžiamas plokščiosios deformacijos tamprusis statikos uždavinys.

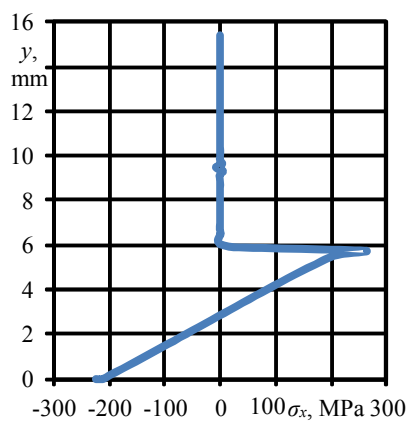
3. Tyrimų rezultatai

Kad nustatyti sujungimo pavojingąją zoną, buvo tirta, kaip įtempimų būvio komponentai pasiskirsto trijuose charakteringuose pjūviuose (žr. 1 pav.):

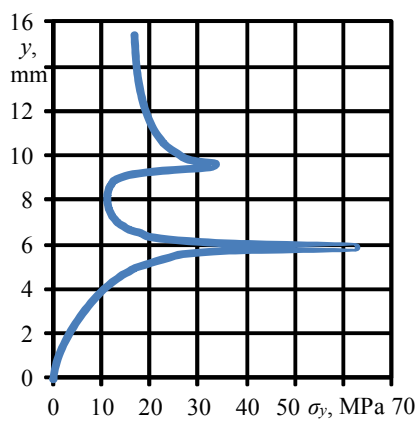
- 1 - 1 pjūvis lygiagretus y ašiai ir yra vertikalaus lakšto išoriniame paviršiuje;
- 2 - 2 pjūvis sutampa su y ašimi (eina per vertikalaus lakšto vidurį);
- 3 - 3 pjūvis lygiagretus x ašiai ir yra horizontalaus lakšto išoriniame viršutiniame paviršiuje.

Tam, kad aiškiai matytųsi įtempimų būvio komponentų kitimo tendencijos, nustatant suvirintojo sujungimo pavojingąją zoną buvo priimta $\gamma_e = 20$ (realiuose suvirintuose sujungimuose γ_e neviršija 2,0) [2].

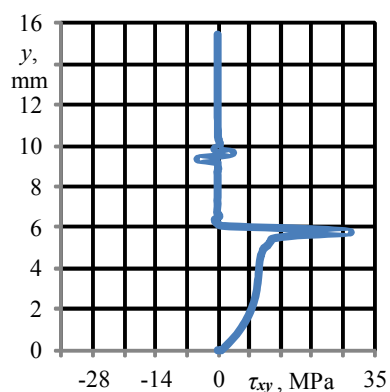
Įtempimų būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 1 - 1 pjūvio pateiktas 2 pav. Pavojingoji zona šiame pjūvyje yra kontakto plokštumoje, esančioje tarp horizontalaus lakšto ir siūlės. Didžiausia įtempimų intensyvumo vertė $\sigma_i = 209$ MPa.



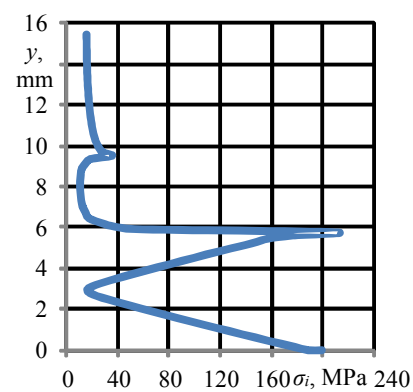
a



b



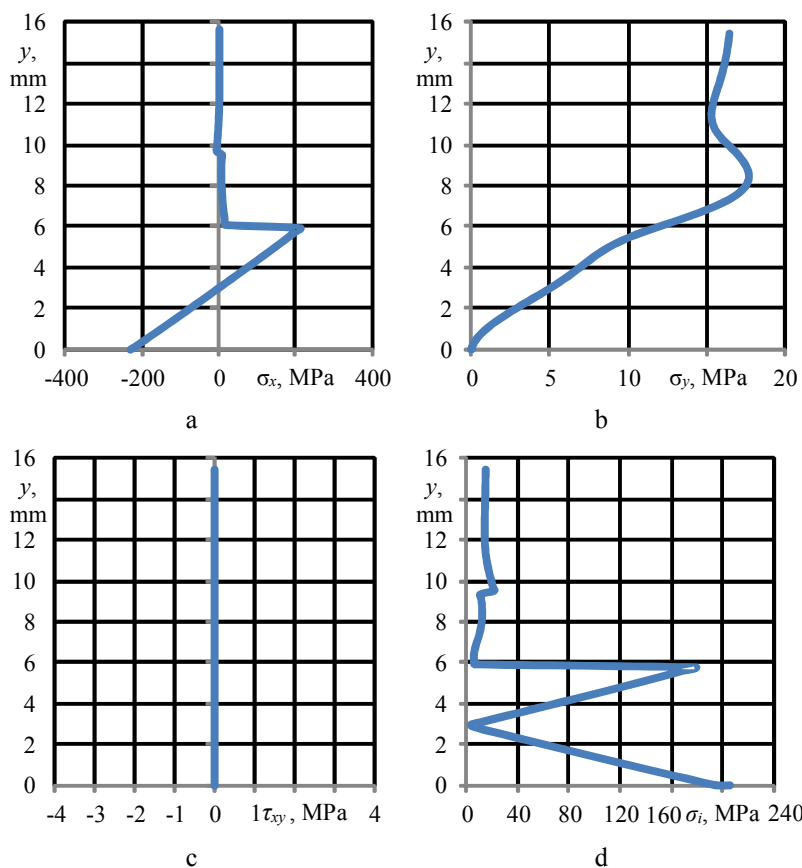
c



d

2 pav. Įtempimų būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 1 - 1 pjūvio, kai $\gamma_e = 20$; $h_s = 0,6$; $t = 6$ mm; $L_0 = 120$ mm $L_1 = 60$ mm: a – normalinių įtempimų σ_x ; b – normalinių įtempimų σ_y ; c – tangentialių įtempimų τ_{xy} ; d – įtempimų intensyvumo σ_i

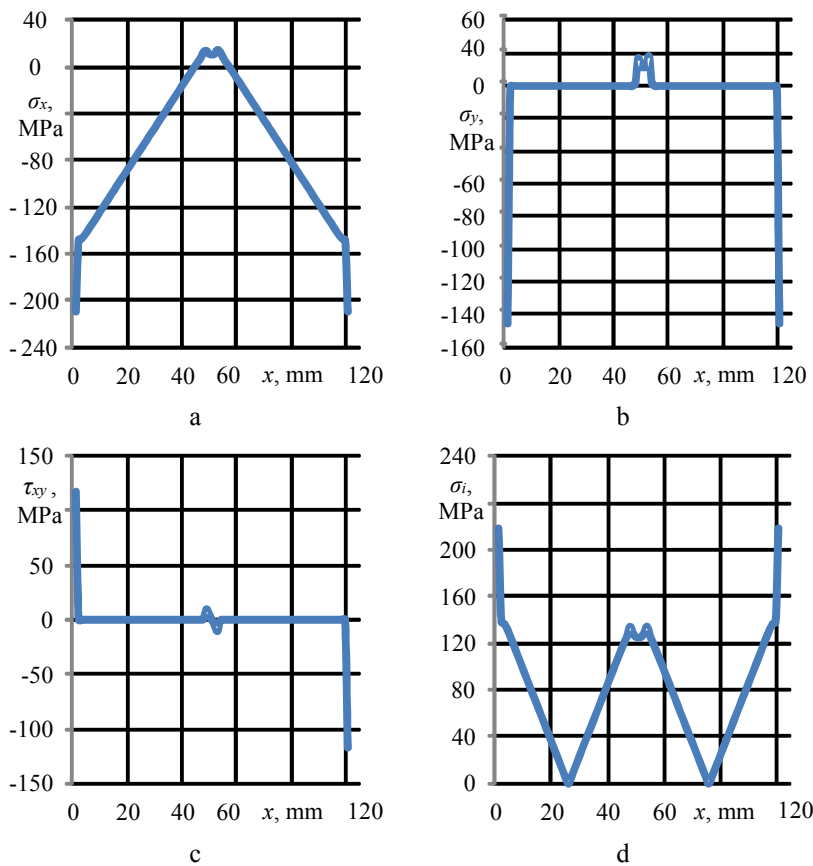
Įtempimų būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 2 - 2 pjūvio pateiktas (3 pav.) Pavojingoji zona šiame pjūvyje yra suvirintojo sujungimo kontakto plokštumoje, esančioje tarp horizontalaus lakšto ir siūlės. Didžiausia įtempimų intensyvumo vertė $\sigma_i = 205,7$ MPa.



3 pav. Įtempimų būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 2 - 2 pjūvio, kai $\gamma_e = 20$; $h_s = 0,6$; $t = 6$ mm; $L_0 = 120$ mm $L_1 = 60$ mm: a – normalinių įtempimų σ_x ; b – normalinių įtempimų σ_y ; c – tangentinių įtempimų τ_{xy} ; d – įtempimų intensyvumo σ_i

Įtempimo būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 3 - 3 pjūvio pateiktas (4 pav.) Pavojiingoji zona šiame pjūvyje yra kontakto plokštumos, esančioje tarp horizontalaus lakšto ir siūlės, kraštuose. Didžiausias įtempimų intensyvumas $\sigma_i = 209$ MPa.

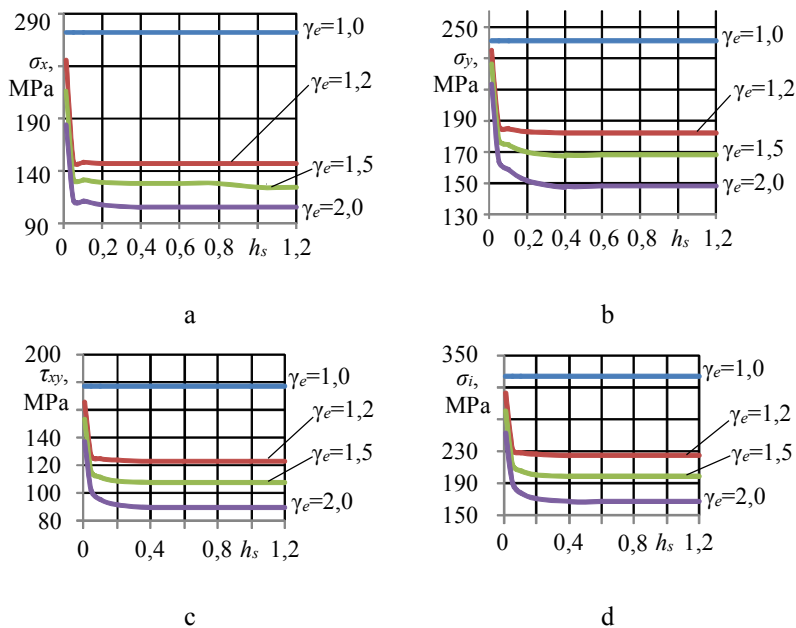
Tyrimai parodė, kad pavojingoji T formos suvirintojo sujungimo zona (nevertinant sričių, esančių netoli gembinių įtvirtinimų) yra kontakto plokštumos, esančios prie horizontalaus lakšto, kraštuose.



4 pav. Įtempimų būvio komponentų pasiskirstymas išilgai 3 - 3 pjūvio, kai $\gamma_e = 20$; $h_s = 0,6$; $t = 6$ mm; $L_0 = 120$ mm $L_1 = 60$ mm: a – normalinių įtempimų σ_x ; b – normalinių įtempimų σ_y ; c – tangentinių įtempimų τ_{xy} ; d – įtempimų intensyvumo σ_i

Suvirintojo sujungimo pavojingoje zonoje atsirandančių įtempimų priklausomybė nuo mechaninio nevienalytiškumo koeficiento γ_e ir santykinio siūlės aukščio h_s pateikta 5 pav. Mažėjant santykiniam siūlės aukščiui h_s , įtempimų būvio komponentų vertės didėja. Kai $h_s \geq 0,4$, įtempimų būvio komponentų vertės praktiškai nuo h_s nepriklauso.

Didėjant mechaninio nevienalytiškumo koeficientui γ_e įtempimų būvio komponentų vertės mažėja.



5 pav. Pavojingoje suvirintojo sujungimo zonoje kylančių įtempimų priklausomybė nuo mechaninio nevienalytiškumo γ_e ir santykinio siūlės aukščio h_s , kai $t = 6$ mm; $L_0 = 120$ mm $L_1 = 60$ mm: a – normalinių įtempimų σ_x ; b – normalinių įtempimų σ_y ; c – tangentinių įtempimų τ_{xy} ; d – įtempimų intensyvumo σ_i

4. Išvados

1. Mažėjant santykiniam minkštos plokščios siūlės aukščiui h_s visų įtempimų būvio komponentų vertės didėja, t.y. didėja įtempimų būvio erdviškumas.
2. Kai minkštos plokščios siūlės santykinis aukštis h_s didesnis už 0,4, įtempimų būvio komponentų vertės nuo h_s praktiškai nepriklauso.
3. Didėjant mechaninio nevienalytiškumo koeficientui γ_e , įtempimų būvio komponentų vertės mažėja.

Literatūra

1. **Naruškevičius J. Petrovičėvas V** Suvirinimas. – Vilnius: Senoja, 2010. 77 – 78. ISBN 978-9986-959-44-1.
2. **Kudzyš A. Vaitkevičius V** Suvirintų ir besiūlių plieninių konstrukcijų saugos ir ilgalaikiškumo įvertinimas. – Vilnius: Solertijos: 1995. 13 – 29 p. ISBN 9986-689-01-5.



KELIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ KELIAMO TRIUKŠMO PANEVĖŽYJE TYRIMAS

V. Trybytė, Ž. Bazaras

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: kelių transporto triukšmas, triukšmas Panevėžyje.

1. Įvadas

Plečiantis pramonei, augant miestams, gausėjant transportui, vis labiau plečiasi ir akustinio diskomforto zonos. Kelių transporto keliamas triukšmas yra viena pagrindinių aplinkos kokybės problemų Europoje, susijusi su vis didėjančiu visuomenės nepasitenkinimu esama padėtimi.

Sparčiai gausėjant transporto kiekiui neišvengiamai didėja ir jo neigiamas poveikis žmogui. Transportas miesto aplinkai yra pats žalingiausias, nes triukšmas nuolat skverbiasi visoje teritorijoje, nors ir nevienodai intensyviai įvairiu paros ar metų laiku [1].

Automobilių transporto priemonių triukšmo šaltiniai yra varikliai, jėgos bei judesio perdavimo mechanizmai, tačiau daug įtakos triukšmui turi ir kelių bei gatvių dangą, transporto greitis ir intensyvumas. Miesto transporto intensyvumas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, nulemiančių triukšmo lygį [2].

2. Kelių transporto keliamo triukšmo tyrimas Panevėžio miesto centrinėje dalyje

Siekiant nustatyti Panevėžio mieste kelių transporto keliamą triukšmo lygį buvo atlikti matavimai, SVAN 958 4 kanalų 20 kHz garso lygio ir vibracijos matuokliu – analizatoriumi.

Matavimai atlikti centrinėje Panevėžio miesto dalyje, nes ji išsiskiria transporto srauto gausa ir intensyvumu. Eksperimentiniams tyrimams buvo pasirinktos penkios Panevėžio miesto centrinės dalies gatvės: Vilniaus, J. Basanavičiaus, Elektros, Smetonos bei Savanorių aikštė.

Eksperimentiniams tyrimams matavimo vietos buvo pasirenkamos atsižvelgiant į skirtinguose gatvių ruožuose pravažiuojančių autotransporto priemonių kiekį ir greitį, gatvės dangą, vietovės foninį triukšmą, vietovės užsodinimą bei apstatymą.

Kiekvienoje pasirinktoje Panevėžio miesto centrinėje gatvėje buvo atlikti trys matavimai: rytė 7.00 – 8.00 val., dieną 12.00 – 13.00 val., vakare 17.00 – 18.00 val. Triukšmometris SVAN 958 buvo statomas 7,5 metru atstumu nuo pirmos eismo juostos ašies, matavimo mikrofono aukštis nustatomas 1,5 metro nuo šaligatvio lygio. Nuo namo fasado mikrofonas statomas 1,2 ... 2,0 metru atstumu, siekiant sumažinti atspindėjusio triukšmo lygio įtaką.

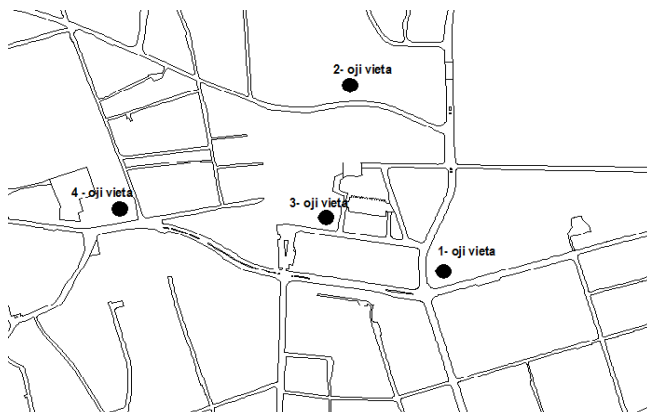
Didžiausias dėmesys yra skiriamas centrinei šio miesto daliai, kadangi būtent dienos metu šioje teritorijoje būna daugiausiai žmonių. Daug triukšmo miesto centre sukelia transporto judėjimas, kadangi tankiai užstatytose vietose triukšmo lygis padidėja dėl garso bangų atspindžio. Taip pat didelis dėmesys yra skiriamas ir dėl to, kadangi yra daug sankryžų.

Panevėžio centrinėje dalyje buvo išskiriamos 4 matavimo vietos siekiant išnagrinėti kelių transporto keliamo triukšmo ypatumus esant skirtingoms vietovės charakteristikoms (1 pav.).

Siekiant detaliau išnagrinėti autotransporto eismo ir keliamo triukšmo ypatumus, 1-oji matavimo vieta buvo pasirinkta prie J. Basanavičiaus ir Vilniaus gatvių sankirtos, kuri yra viena iš pagrindinių autotransporto arterijų, einanti per patį Panevėžio miesto centrą (2 pav.). Šiomis gatvėmis autotransporto srautai važiuoja Vilniaus, Kauno kryptimis. Šalia didelį triukšmo lygį sukelia esanti autobusų stotis.

J. Basanavičiaus gatvė turi penkias eismo juostas. J. Basanavičiaus gatvę kertanti Vilniaus gatvė taip pat turi penkias eismo juostas.

J. Basanavičiaus gatvę važiuoja miestą aptarnaujantis transportas, miestiečiai bei miesto svečiai savo individualiu transportu. Šioje gatvėje vyrauja vidutinio svorio ir lengvasis transportas. Šalia yra dideli traukos centrai: prekybos centrai, autobusų stotis, įmonės. Visa tai sąlygoja didelius transporto



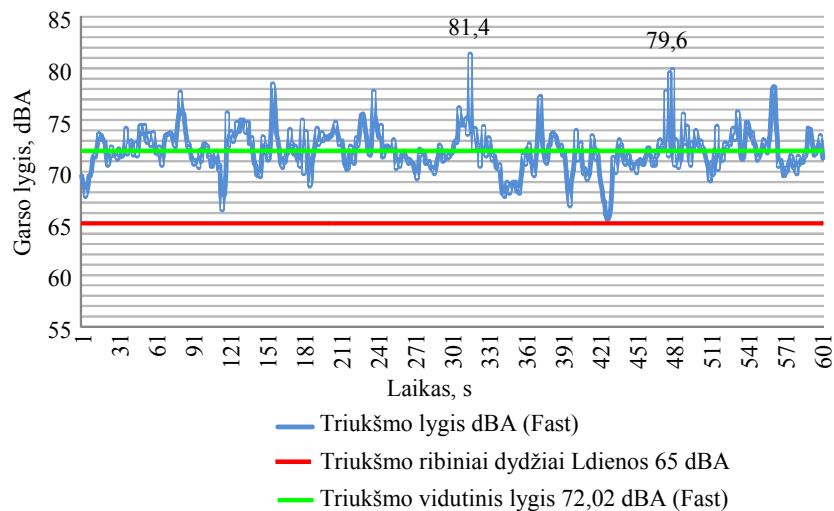
1 pav. Panevėžio miesto transporto srauto triukšmo matavimo vietų schema



2 pav. Matavimo taškai J. Basanavičiaus – Vilniaus gatvių sankirtoje

srautus. Ją kertančia Vilniaus gatve prarieda įvairesnės transporto priemonės, kur didžiąja dalimi vyrauja vidutinio svorio bei sunkiasvoris transportas, nes šia gatve autotransporto srautai važiuoja Vilniaus, Kauno kryptimis (2 pav.).

Tyrimo metu gauti rezultatai lyginami su Lietuvos higienos normos HN 33:2011 vertėmis. Triukšmo ribiniai dydžiai L_{dienes} , L_{vakaro} naudoti gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų aplinkoje, triukšmo kartografavimo rezultatams įvertinti. Čia L_{dienes} yra vidutinis ilgalaikis svertinis

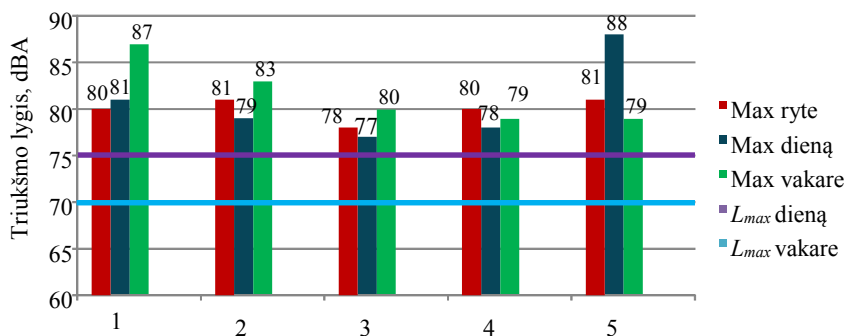


3 pav. Atlikti matavimų rezultatai J. Basanavičiaus g. (pirmadienis 07:45 – 07:55 val.)

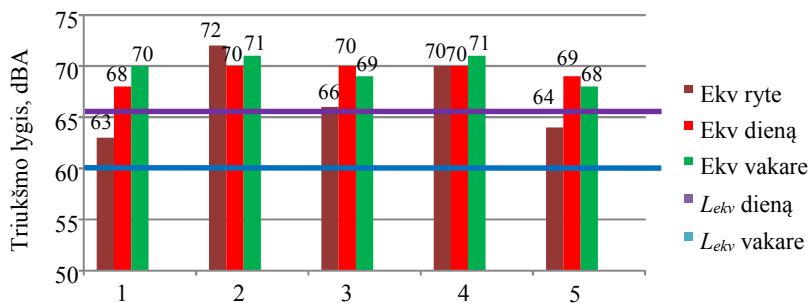
garso lygis, nustatytas dienos paros laikotarpį, o L_{vakaro} – nustatytas vakarui.

J. Basanavičiaus gatvėje centriniai miesto daliai priskirta 1 matavimo vieta. J. Basanavičiaus g. triukšmo lygis matuotas pirmadienį 7.45 val. Dienos metu ekvivalentinis triukšmo lygis ($L_{dienos} = 65$ dBA) viršytas nuo 0,4 iki 16,4 dBA leistinos higienos normos HN 33-2011 vertės. Šiuo paros metu autotransporto intensyvumas dar mažas, tad vidutinis triukšmo lygis viršijo 7,02 dBA higienos normos L_{dienos} vertės (3 pav.). Triukšmo lygis buvo viršytas dėl miesto viešojo transporto (autobusų) bei lengvojo automobilio su netvarkinga dujų išmetimo sistema.

Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai $L_{max\ dienos}$, $L_{max\ vakaro}$ naudoti gyvenamųjų ir visuomeninės paskirties pastatų aplinkoje, triukšmo kartografavimo rezultatams įvertinti. Čia $L_{max\ dienos}$ yra didžiausias garso slėgio lygis dienos metu, o L_{vakaro} – vakaro metu.



4 pav. Maksimalių triukšmo lygių per parą kitimas J. Basanavičiaus gatvės penkiose matavimo vietose (žr. 2 pav.)

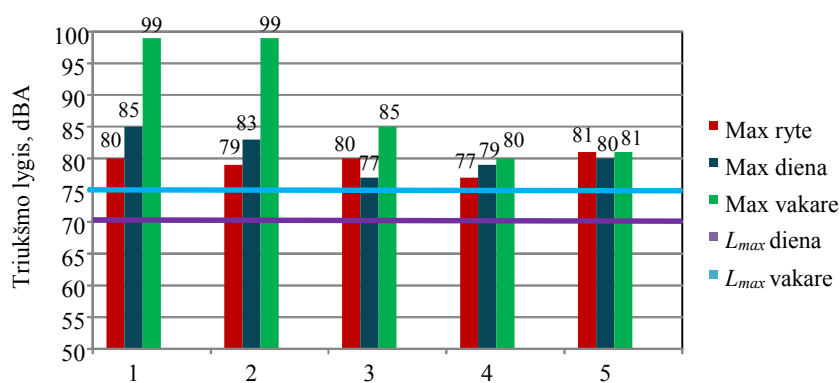


5 pav. Vidutinio triukšmo lygių kitimas paroje penkiose J. Basanavičiaus gatvės matavimo vietose (žr. 2 pav.)

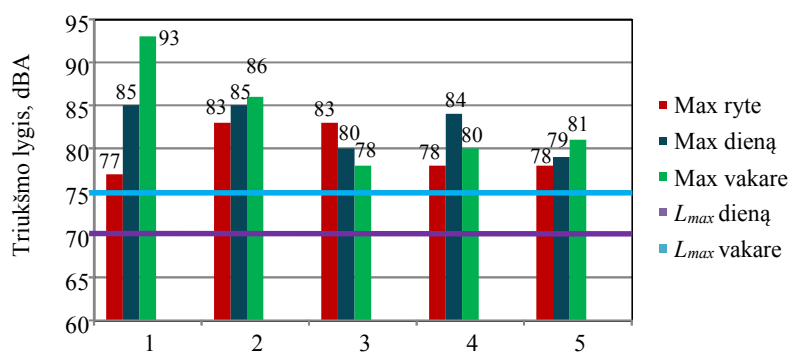
J. Basanavičiaus gatvėje, išskiriamose 5 charakteringose matavimo vietose, maksimalus triukšmo lygis ryto metu viršytas nuo 8 iki 11 dBA, dienos metu maksimalus triukšmo lygis viršytas nuo 7 iki 18 dBA, o vakaro metu maksimalus triukšmo lygis viršytas nuo 9 iki 17 dBA (4 pav.).

Triukšmo rezultatams įvertinti naudojami ribiniai dydžiai $L_{ekv\ dienos}$, $L_{ekv\ vakaro}$. Čia $L_{ekv\ dienos}$ yra ekvivalentinis nuolatinis garso slėgio lygis dienos metu, o $L_{ekv\ vakaro}$ – vakaro metu.

J. Basanavičiaus gatvėje ryto metu aukščiausias ekvivalentinis triukšmo lygis išmatuotas ties 2 matavimo vieta ir leistinas ekvivalentinis triukšmo lygis viršytas 7 dBA. Dienos metu aukščiausias triukšmo lygis išmatuotas ties 2, 3 ir 4 matavimo vietas, leistinas ekvivalentinis triukšmo lygis viršytas 5 dBA. Vakaro metu aukščiausias triukšmo lygis išmatuotas ties 2 ir 4 matavimo vietomis ir leistiną ekvivalentinį triukšmo lygį viršijo 11 dBA (5 pav.).



6 pav. Maksimalaus triukšmo lygių kitimas Elektros gatvėje paros bėgyje



7 pav. Maksimalaus triukšmo lygių kitimas Smetonos gatvėje paros bėgyje

Atlikti tyrimų rezultatai kitose Panevėžio miesto gatvėse pateikti 6 ir 7 pav.

3. Išvados

1. Vertinant Panevėžio miesto centrinės dalies gatvių tyrimo metu gautus triukšmo lygio rezultatus, galima teigti, kad triukšmingiausia Basanavičiaus g. – Vilniaus g. sankryža.
2. Eksperimentinio tyrimo laikotarpiu vidutinis triukšmo lygis ryto metu pasirinktose Panevėžio miesto centrinės dalies gatvėse kito nuo 60 iki 67 dBA, dienos metu – nuo 61 iki 69,4 dBA, - vakaro metu – nuo 64,2 iki 69,8 dBA.
3. Eksperimentinio tyrimo laikotarpiu maksimalus triukšmo lygis ryto metu pasirinktose Panevėžio miesto centrinės dalies gatvėse kito nuo 75 iki 80 dBA, dienos metu – nuo 80,6 dBA iki 82,6 dBA, - vakaro metu – nuo 81,6 dBA iki 88,8 dBA.

Literatūra

1. **Baltrėnas A., Lygis D., Mierauskas P., Oškinis V., Šimaitis R.** Aplinkos apsauga. – Vilnius: Enciklopedija, 1996.
2. **Mačiūnas E.** Automobilių ir gyvenamosios aplinkos triukšmo, patenkančio į patalpas, apskaičiavimas ir įvertinimas: metodinės rekomendacijos. – Vilnius: Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija, Valstybinis visuomenės sveikatos centras, 1999.



KETURKOJO ŽINGSNIUOJANČIO ROBOTO GRAVITACINIO STABILUMO TYRIMAS

J. Sriubas, A. Česnulevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: žingsniuojantis robotas, gravitacinis stabilumas.

1. Įvadas

Žingsniuojantys mobilūs robotai yra tyrinėjami daugiau kaip tris dešimtmečius [1]. Lyginant su ratiniais ir vikšriniais mobiliais robotais, jie pranašesni tuo, kad gali lengviau prisitaikyti prie judėjimo paviršiaus. Jie lengvai gali įveikti netgi mažus nedidelius griovėlius, pasitaikančius kelyje, uolėtą paviršių, smėlį, laiptuotus paviršius, kuomet ratinis ar vikšrinis robotas gali tik kliūtis, kurios neviršija pusės rato aukščio. Tačiau žingsniuojančių robotų valdymo algoritmas yra daug sudėtingesnis, nei ratinio dėl didesnio laisvės laipsnių skaičiaus, bei sudėtingesnės konstrukcijos.

Šiame darbe yra pristatomas keturkojo žingsniuojančio roboto modelis ir yra analizuojami roboto gravitacinio stabilumo tyrimo rezultatai. Tyrimas buvo atliekamas su SolidWorks programos priedu SolidWorks Motion.

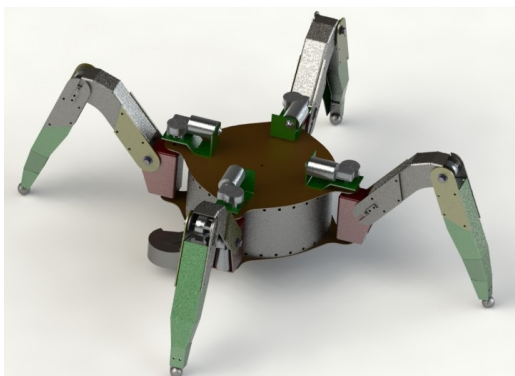
2. Keturkojo žingsniuojančio roboto modelis

Pagal kojų skaičių žingsniuojantys robotai yra skirstomi į (1 pav.): vienkojus, dvikojus ir daugiakojus [2]. Šio tyrimų objektas yra mobilus keturkojis žingsniuojantis robotas, kurio modelis yra pavaizduotas 2 pav. Roboto pagrindiniai techniniai duomenys yra: masė – apie 80 kg, laisvės laipsnių skaičius – 13, roboto gabaritiniai matmenys – 500×500×340 mm.

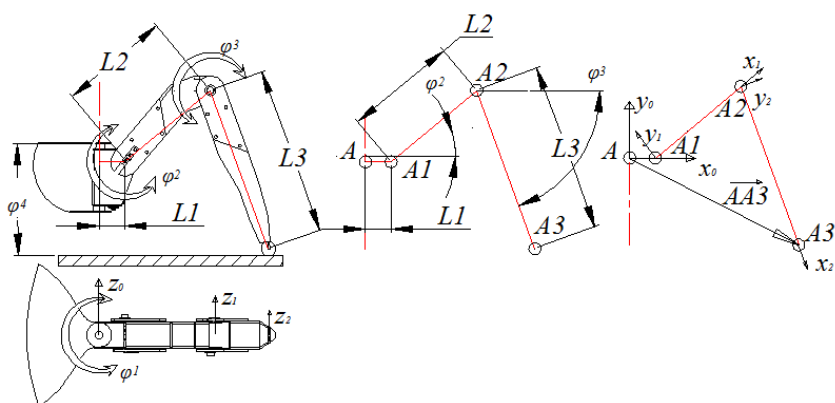
Mechaninę dalį sudaro korpusas, keturios kojos, atsvaras. Robotas yra varomas 13 elektros variklių. 3 paveiksle yra pateikta roboto kojos kinematinė schema. Kiekvienos kojos valdymui yra panaudojami 3 nuolatinės srovės varikliai, kurių pagalba yra keičiami kampai (φ_1 , φ_2 , φ_3) tarp grandžių. Grandžių ilgiai (L_1 , L_2 , L_3) nekinta.



1 pav. Žingsniuojantys robotai



2 pav. Žingsniuojančio roboto modelis



3 pav. Roboto kojos kinematinė schema

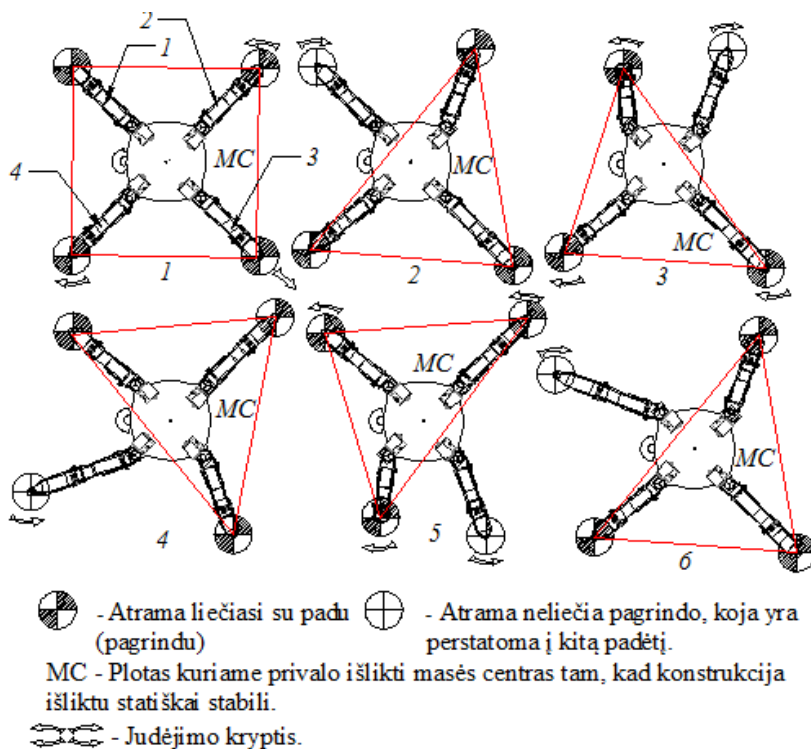
3. Roboto gravitacinio stabilumo tyrimas

Vienas iš pagrindinių tyrimų yra žingsniuojančio roboto gravitacinio stabilumo analizė. Pirmiausiai yra sudaromas mobilaus roboto judėjimo ciklas (4 pav.). Tyrimo metu buvo analizuojamas tik tiesiaiegis roboto judėjimas. Judėjimo greitis ciklo metu – 0,2 m/s. Tiriant roboto statinį stabilumą, yra būtina išlaikyti šias sąlygas:

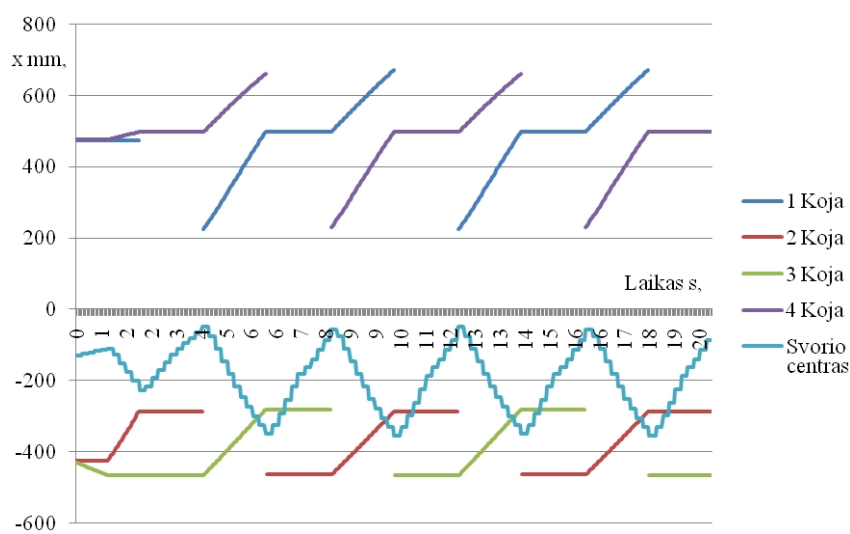
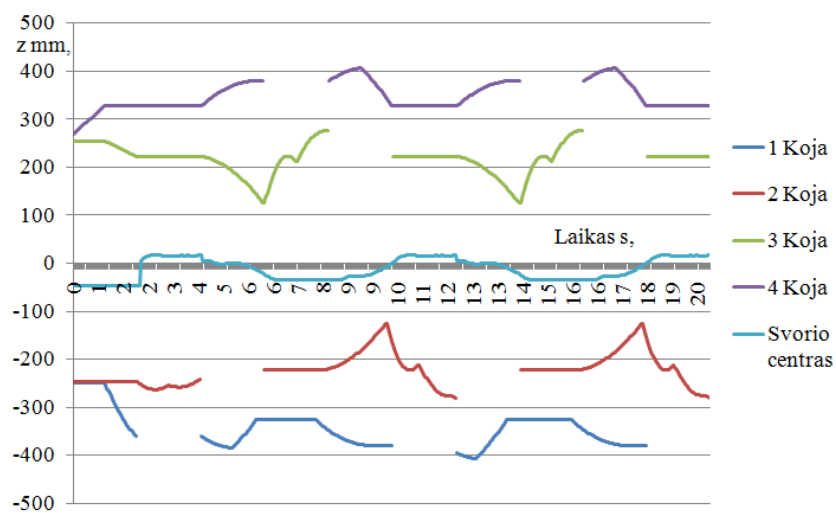
- vienu metu gali būti atkelema tik viena koja;
- svorio centras privalo išlikti trikampio, kurio viršūnės sudaro trys atraminės roboto kojos, ribose (4 pav.).

Tyrimo metu buvo analizuojama svorio centro ir roboto kojų atraminių taškų koordinatų kitimas judėjimo paviršiaus plokštumoje (5 ir 6 pav.). Robotas judėjo x ašies kryptimi (4 pav.).

5 ir 6 paveiksluose pateiktuose grafikuose matomi linijų trūkiai rodo, kad tuo momentu nebuvo kontakto tarp kojos atraminio taško ir judėjimo plokštumos.

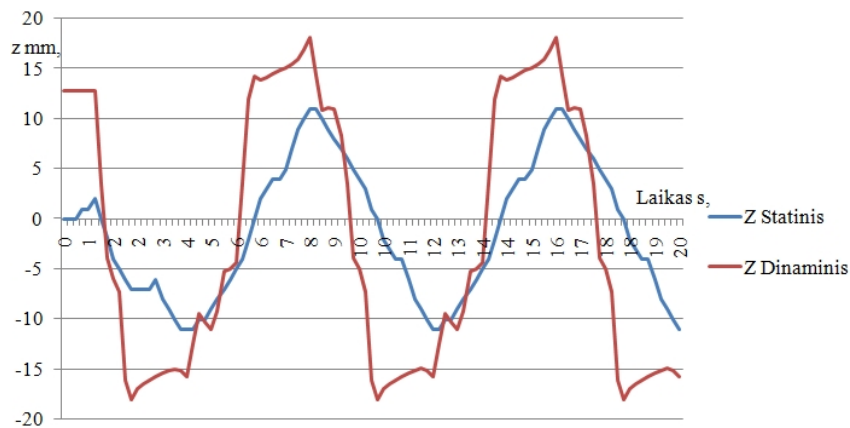


4 pav. Roboto judėjimo schema

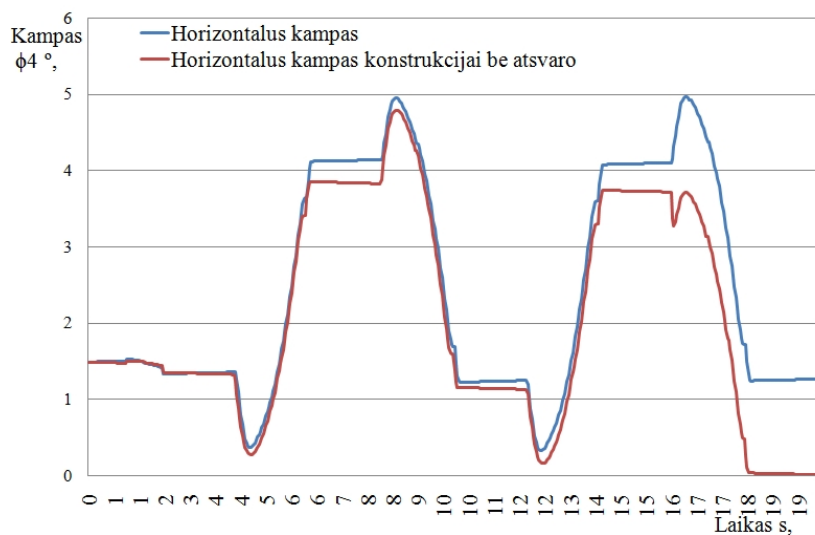


Tiriant dinaminį roboto stabilumą, buvo įvertintos trinties ir inercijos jėgos. 7 paveiksle pavaizduotas robo svorio centro z koordinatės kitimas, analizuojant statinį bei dinaminį roboto stabilumą. Gautų rezultatų analizė

parodė, kad didžiausias nesutapimas neviršija 50% lyginant su rezultatais gautais esant statiniam judėjimui (tai toks judėjimas kuomet laikoma, kad korpusas yra įtvirtinamas standžiai, juda tik kojos). Kadangi tiesėeigis judėjimas vyksta x ašies kryptimi, todėl nėra galimas tikslus svorio centro padėties nustatymas x ašies kryptimi, todėl pateiktas tik z ašies koordinatės kitimo grafikas.



7 pav. Roboto svorio centro z koordinatės kitimas



8 pav. Roboto korpuso plokštumos svyravimai

Be svorio centro bei kojų atraminių taškų koordinatų kitimo buvo tiriamas ir roboto korpuso svyravimas. Šis svyravimas apibūdinamas kampu φ_4 , kurį sudaro roboto korpuso viršutinė plokštuma su judėjimo paviršiumi (3 pav.). 8 paveiksle yra pavaizduotos kampo φ_4 kitimo kreivės be atsvaro ir su juo.

Tam, kad roboto judėjimas išliktų tiesiaiegis, kampo φ_4 kitimo grafikas (8 pav.) turi būti simetrinis. Gauti rezultatai rodo, kad nenaudojant atsvaro nėra užtikrinamas roboto tiesiaiegis judėjimas.

3. Išvados

1. Pirminiai tyrimai parodė, kad norint užtikrinti tiesiaiegi roboto judėjimą, būtina naudoti atsvarą.
2. Dinaminio stabilumo analizė parodė, kad didžiausias svorio centro koordinatų nesutapimas neviršija 50% lyginant su rezultatais gautais esant statiniam judėjimui.

Literatūra

1. **Soyguder S, Alli H.** Design and prototype of a six-legged walking insect robot. *Ind Robot Int J* 2007. 22-420 p.
2. **Soyguder S, Alli H.** Motion mechanism concept and morphology of a single actuator tetrapod walking spider robot: the ROBOTURK SA-2 robot. *Ind Robot Int J* 2011. 71-361 p.



DAUGIASLUOKSNIŲ SIJŲ KONSTRUKCIJOS IR JŲ SKAIČIAVIMO METODIKA

M. Ivaška

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

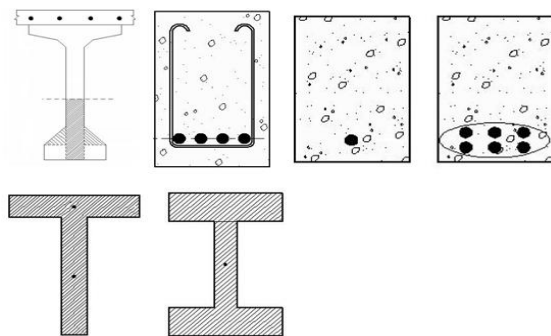
Raktiniai žodžiai: daugiasluoksni sija, standumas, stiprumas, lenkimas.

1. Įvadas

Dauguma sijų yra gaminamos iš vienos rūšies medžiagos, tačiau naudojant tokio tipo konstrukcijas daugelių atvejų negalima suderinti medžiagos stiprumo savybių su keliamais masės, kainos ir kitais reikalavimais. Siekiant gauti maksimalų ekonomiškumą, šiuolaikinės technikos srityse naudojamos modernios konstravimo priemonės ir medžiagos. Lyginant su įprastomis konstrukcijomis, kompozitinės turi daug pranašumų. Naudojant skirtingų stiprumų ir tamprumo charakteristikų medžiagas, galima optimaliai parinkti konstrukcijas pagal joms keliamus reikalavimus. Derinant kompozicinių medžiagų stiprumą ir standumą tempiant ar lenkiant su šių medžiagų sluoksnių storiais, tankiais ir kaina, galima gauti maksimalaus stiprumo ir standumo bei minimalios masės ar pigiausios daugiasluoksnes konstrukcijas, keičiant sluoksnių medžiagą ir išdėstymą, galima pakeisti visos konstrukcijos mechanines charakteristikas: stiprumą, standumą, patvarumą, atsparumą dilimui ir nesunku pakeisti kitus parametrus: laidumą šilumai, atsparumą cheminiams, terminiam poveikiui ir estetinę išvaizdą.

2. Daugiasluoksnės sijos ir jų taikymo sritys

Gelžbetoninės sijos. Gelžbetonis yra viena iš pagrindinių šiuolaikinės statybos medžiagų iš jo statomi civiliniai, pramonės ir žemės ūkio pastatai, tiltai ir viadukai, įvairios talpyklos, dūmtraukiai ir bokštai, sporto salės ir kitokie statiniai. Pastatų ir statinių gelžbetoninės konstrukcijos gali būti monolitinės, surenkamos arba kartu monolitinės ir surenkamos. Agresyvioje aplinkoje gelžbetonis suyra dėl betono arba armatūros veikiamos korozijos [1].



1 pav. Gelžbetoninės sijos

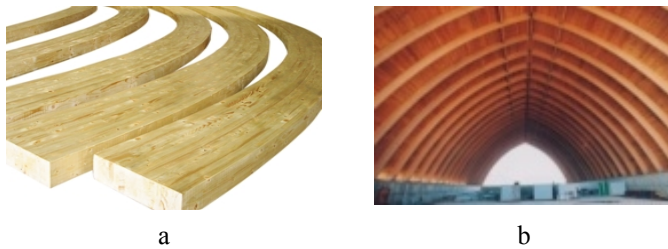
Kompleksinės sijos. Tokios sijos plačiai naudojamos tiltų ir pramoninėje bei civilinėje statyboje. Kompleksinėse sijose racionaliai panaudojamas gelžbetonis bendram darbui su metalinės sijos viršutine juosta, todėl jos ekonomiškesnės ir pigesnės už metalines sijas. Šiuo atveju gelžbetoninė plokštė dirba dviem kryptimis: sijai statmena kryptimi plokštė lenkiama, o išilgai sijų – gniuždoma kaip sijos viršutinės juostos dalis. Todėl tokios gelžbetoninės plokštės turi būti projektuojamos iš aukštų markių betono. Projektuojamos įvertinant bendrą darbą kartu su perdangos plokštėmis. Svarbus tokių konstrukcijų privalumas yra tai, kad apkrova atlaikoma esant mažesniai konstrukcijos aukščiui. Bendras sijos ir perdangos plokštės funkcionavimas konstrukcijoje, įvertinamas gniuždomos zonos ilgiu, kuris atskirais atvejais nustatomas toks pat kaip ir monolitinėse tokio tipo konstrukcijose.

Stačiakampio skerspjūvio sijos. Stačiakampio skerspjūvio sijos daugiausiai naudojamos denginio konstrukcijoms atremti, taip pat perdangose užtikrinant bendrą denginio ir sijos eksploatavimą pastato konstrukcijoje. Jos paprastai armuojamos iš anksto įtempta armatūra, nors galimas ir paprasto armavimo variantas [2].

Apversto T ir L profilio sijos. Apversto T ir L profilio sijos dėl nedidelio skerspjūvio aukščio naudojamos perdangoms dengti. Jos armuotos iš anksto įtempta arba paprasta armatūra [2].

Medinės sijos. Mediena – seniausia natūrali statybinė medžiaga, plačiai naudojama ir šiandien. Ji gana lengvai apdorojama, turi gerų, išskirtinių savybių. Ilga laiką medinės konstrukcijos buvo iš ištisinių medžio kamienų bei tašų. Po to pradėtos naudoti sudėtinio skerspjūvio ir ilgio konstrukcijos, kurių jungtimis buvo naudojami įvairūs įkirčiai, mediniai virbalai, sprausteliai ir pan. Tobulėjant sujungimo būdams ir medžiagoms pajvairėjo ne tik medinių konstrukcijų formos, bet ir jų naudojimo sritys. Dabartiniais technologijų laikais pagamintos medinės sijos kai kuriais atvejais yra pranašesnės už

gelžbetonines ar metalines. Pagrindinis jų laikantysis elementas yra vienalyčio skerspjūvio sijos, kuriomis dėl riboto medžio ilgio ir skerspjūvio galima perdengti angas iki 6 ... 7 m. Kai yra didelės apkrovos arba didelės angos, yra naudojamos konstrukcijos, sudarytos iš kelių elementų. Jie gali būti išdėstyti pagal skerspjūvio aukštį arba plotį ir pagal ilgį, tuo sudarydami sudėtinį skerspjūvį [3].



2 pav. Klijuoto medžio sijos

Vienodo atsparumo sijos, jų privalumai ir trūkumai. Skerspjūvis laikomas racionali, kai sija, esant jos mažiausiam svoriui, yra pakankamai stipri. Nagrinėjant sijos racionalumą, kreipiame dėmesį tiksliai į stiprumo sąlygą (nepaisome standumo reikalavimų). Idealios formos lenkiamo elemento skerspjūvis – tai visas plotas, sukoncentruotas plonose lentynose, nutolusiose nuo neutraliosios linijos, o tarp jų nieko nėra. Geriausiai tinkamas, šiuo atveju, yra dvitėjinis profilis. Tuomet pilnaviduriai (stačiakampiai, apvalūs ir kt.) yra mažiau racionali.

Dažniausiai sijos daromos vienodo pločio per visą ilgį, nors tokio skerspjūvio reikia tik vienoje pavojingiausioje sijos vietoje. Racionaliausia būtų, jei jos skerspjūvis būtų tik toks, kokio reikia stiprumui ties ta vieta garantuoti. Skerspjūvio lygtį gauname, bet kuriame skerspjūvyje leistiniems prilyginę didžiausius įtempimus.

Sijos kurios tenkina šias sąlygas vadinamos vienodo atsparumo sijomis. Matome, kad tokių sijų bet kurio skerspjūvio atsparumo momentas turi būti proporcingas skerspjūvyje veikiančiam lenkimo momentui [2].

3. Daugiasluoksnių konstrukcinių elementų taikymas, jų konstrukcija ir efektyvumas

Pastaruoju metu vis daugiau šiuolaikinių konstrukcijų yra sudarytos iš kelių medžiagų, kurios konstrukcijai suteikia būtinas technines, eksploatacines ir kitas savybes. Dauguma šiuolaikinių konstrukcinių medžiagų sudaro kompozitai, kurie gaminiui suteikia tam tikrą savybių derinį. Visais atvejais tai skirtingų medžiagų sistema, kurios kiekvienas komponentas turi konkrečią

paskirtį gaminyje. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozite yra tolygus naujos medžiagos sukūrimui, kurios savybės kokybiškai ir kiekybiškai skiriasi nuo ją sudarančių komponentų savybių. Sluoksniuotos konstrukcijos gali būti gautos naudojant polimerines kompozicines medžiagas, plieną, betoną, medį ir kitas medžiagas [2].

Sluoksniuotos konstrukcijos naudojamos įvairios paskirties objektuose. Daugumą konstrukcinių elementų, tokių kaip lėktuvo sparnas, sklandytuvo lonžeronas ir panašiai, galima laikyti sudėtingo skerspjuvio sijomis. Kompozicinių medžiagų, tame tarpe ir sluoksniuotų konstrukcijų panaudojimas, šiuolaikinių viršgarsinių lėktuvų gamyboje leidžia iki 35% sumažinti konstrukcijos masę. Todėl gaunama 21% mažesnė lėktuvo kaina, o kuro sąnaudos sumažėja iki 30%. Ypač plačiai sluoksniuotos konstrukcijos naudojamos sklandytuvų ir izoterminių kėbulų gamyboje. Sluoksniuotos konstrukcijos įgalina gauti reikiamas konstrukcijų savybes norima kryptimi, įvertinant apkrovimų visumą, jų veikimo kryptį, naudojamų medžiagų anizotropiškumą bei kitus aktualius reikalavimus.

Dažnai mechaninėse sistemose sunku arba visai neįmanoma išsiversti be tokių konstrukcinių elementų kaip sijos. Konstrukcinius elementus galima laikyti sudėtingo skerspjuvio sijomis. Norint gauti optimalią konstrukciją, būtina parinkti sluoksnių geometriją ir medžiagą.

4. Daugiasluoksnių sijų skaičiavimo metodika

Norint gauti optimalią konstrukciją, būtina parinkti ir suderinti medžiagų standumus lenkimo, tempimo ir sukimo atvejais. Bendruoju atveju sluoksniuotą konstrukcinį elementą gali sudaryti įvairaus pločio b ir aukščio (storio) h sluoksniai. Konstrukcinis elementas gali būti apkrautas įvairių tipų apkrovomis: ašine jėga N , skersine jėga F , sloginiu Q ar lenkimo momentu M arba kombinuota apkrova. Kiekviename sijos skerspjuvyje bendru atveju veikia ašinės ir skersinės jėgos bei lenkimo momentų įrašos.

Laboratoriniais bandymais išbandysime ir nustatysime įvairių matmenų, medžiagų bei jų derinių daugiasluoksnių sijų lenkimo atveją. Taip pat priklausomybę nuo sluoksnių skaičiaus, sluoksnių storio parametro ψ . Lenkiamose sijose didelę reikšmę turi išorinių sluoksnių standumas D , kuris priklauso ne tik nuo naudojamos medžiagos tamprumo modulio, bet ir nuo jo inercijos momento. Standumas lenkimui [4]

$$D = E_k I_k = \sum_{i=1}^n E_i I_i ; \quad (1)$$

čia $E_i I_i$ – sluoksnio savasis standumas; E_k ir I_k – visos konstrukcijos ekvivalentinis tamprumo ir inercijos momentas.

Nuo šio standumo priklauso įtempimų reikšmės [4].

Normaliniai įtempimai bet kuriame i -ajame sijos sluoksnyje:

$$\sigma_{xi} = \frac{M y_i}{D} E_{xi}; \quad (2)$$

čia y_i – atstumas nuo neutraliosios linijos iki nagrinėjamo sluoksnio; M – lenkimo momentas; E_{xi} – sluoksnio tamprumo modulis.

Tangentiniai įtempimai

$$\tau_{xy} = \frac{Q_x}{D} \frac{C_{(y)}}{b_{(y)}}; \quad (3)$$

čia: $C_{(y)}$ – skerspjūvio dalies esančios iki nagrinėjamo aukščio y ekvivalentinis statinis momentas; $b_{(y)}$ – skerspjūvio plotis; Q_x – skersinė įrąža.

Lenkiamų sijų standumas šlyčiai [5]

$$K = h A \left(\int_0^h \frac{dy}{G_{xy}} \right)^{-1} = \frac{h A}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta_i}{G_{xyi}} \right)}; \quad (4)$$

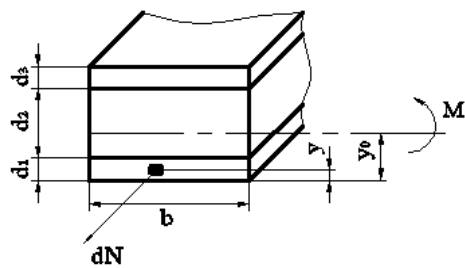
čia: A – sijos skerspjūvio plotas; G_{xyi} – šlyties modulis; δ_i – i -ojo sluoksnio storis; h – sijos skerspjūvio aukštis.

Standumas lenkimui. Simetrinių trisluoksnių stačiakampio skerspjūvio sijų standumo D priklausomybės nuo ψ analitiškai yra aprašomos priklausomybe [5]

$$D = I_k \left[E_i + (E_k - E_i) \psi^3 \right]; \quad (5)$$

čia: I_k – sijos skerspjūvio ekvivalentinis inercijos momentas; $\psi = \delta_v / H$ – simetrinių konstrukcinių elementų vidurinio sluoksnio santykinio storio koeficientas; δ_v – simetrinių konstrukcijų vidurinio sluoksnio storis; H – konstrukcinio elemento aukštis.

Nagrinėjant daugiasluoksnės konstrukcijas, būtina žinoti šių elementų skerspjūvio standumo centro koordinatas ir per jį einančių svarbiausių inercijos ašių kryptis. Bendruoju atveju skerspjūvio standumo centras nesutampa su geometrinio centru. Sijų neutralaus sluoksnio koordinatę y_0 randame, kai sijos elementas, parodytas 3 pav., yra pusiausvyroje [6]. Šis elementas yra veikiamas išorinių jėgų momento M ir vidinių jėgų dN elemente dA , todėl jame atsiranda normaliniai įtempimai σ_i .



3 pav. Trisluoksnės sijos elementas

Literatūra

1. Gelmesta – sijos. Prieiga per internetą: < <http://gelmesta.lt/sijos/> > [žiūrėta 2012-11-27].
2. Sijos, sudarytos iš dviejų medžiagų, stiprumo ir standumo tyrimas. Prieiga per internetą: < http://vddb.laba.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2007~D_20070816_163500-44372/DS.005.0.02.ETD > [žiūrėta 2012-11-29].
3. Jūrės medis – klijuotos medienos konstrukcijos. Prieiga per internetą: < <http://juresmedis.lt/lt/produktai/klijuotos-medienos-sijos.html> > [žiūrėta 2012-11-27].
4. **Bareiškis J., Paulauskas V.** Daugiasluoksnių kompozicinių konstrukcinių elementų projektavimas. Kaunas: Technologija, 1995. – 48 p.
5. **Bareiškis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcinių elementų stiprumas. Kaunas: Technologija, 2006. – 252 p.
6. **Bareiškis J.** Medžiagų mechanika. Šiauliai, 2000. – 228 p.



PASTATO VĖDINIMO SISTEMOS TYRIMAS

M. Padriežas, J. Valickas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: pastatas, dinaminis modelis, šilumos mainai, šiluma.

1. Įvadas

Pastato šiluminis režimas priklauso ne vien nuo šilumos nuostolių per atitvaras, šilumos srauto nuo šildymo prietaisų, kitų šilumos pritekėjimų, išorės veiksnių (vėjo, greičio), bet ir nuo visų pastatą sudarančių elementų (vidaus konstrukcijų, šildymo sistemos) šilumos talpos. Atliekamas tyrimas, kuriuo siekiama rasti optimalaus pastato konstrukcijų variantus, šildymo, kondicionavimo sistemų valdymo algoritmus, kad būtų sumažintos energijos sąnaudos ir patalpose būtų užtikrintos reikiamos komforto sąlygos.

Pastato šilumos suvartojimo, vidaus mikroklimatų parametrus, priklausančių nuo pastato konstrukcijų, bei jos išorės klimato sąlygų, analizė gali būti atliekama tiriant realų pastatą arba taikant įvairius modeliavimo metodus, modelius ar kompiuterines priemones, kurių panaudojimas leidžia kur kas greičiau ir ekonomiškiau tirti pastate vykstančius šiluminis procesus [1].

Šiame darbe pastato patalpų mikroklimato ir šilumos suvartojimo priklausomybei nuo pastato konstrukcijos, šildymo sistemos, išorės veiksnių nustatyti panaudojamas pastato šilumos mainų matematinis modelis.

2. Tyrimo objektas ir metodika

Darbo tikslas – patikrinti, kaip turimas matematinis modelis atitinka realias sąlygas. Skaičiavimams priimta:

- keramzitbetonio plokščių sienos: $A = 2430 \text{ m}^2$, $R = 0,74 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- suporinti langai: $A = 566,4 \text{ m}^2$, $R = 0,4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- plokščias stogas: $A = 489 \text{ m}^2$, $R = 1,4 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- grindys: $A = 489 \text{ m}^2$, $R = 0,7 \text{ m}^2 \text{ K/W}$;
- šildomas plotas – $3514,32 \text{ m}^2$.

Modeliavimas atliktas panaudojus faktinę išorės oro, vidaus oro ir šilumnešio temperatūros, įvertinama oro mainų bei saulės spinduliuotės įtaka.

2.1. Metodika

Pastato šilumos mainų, šilumos balansą bei atskiro elemento temperatūros kitimą aprašo diferencialinių lygčių sistema [2] – apibendrinta šilumos šaltinio temperatūra – vidutinė šilumnešio ir sistemos vamzdinių šildymo prietaisų temperatūra. Apibendrinta vidaus oro ir vidinių konstrukcijų temperatūra

$$\frac{d\theta_s}{dt} = k_s - m_s(\theta_s - \theta_i); \quad (1)$$

apibendrinta atitvarinių konstrukcijų temperatūra

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \frac{1}{\mu_c} [m_s(\theta_s - \theta_i) - \mu_1 m_1(\theta_i - \theta_1)]; \quad (2)$$

išorės oro temperatūra [3]

$$\frac{d\theta_1}{dt} = m_1(\theta_i - \theta_1) - m_{1e}(\theta_1 - \theta_e); \quad (3)$$

$$\theta_e = \theta_{e_{vid}} + A_{\theta_e} \sin \frac{2\pi t}{T}; \quad (4)$$

čia θ_s – šilumos šaltinio temperatūra, θ_i – vidaus oro temperatūra, θ_1 – išorinių atitvarų temperatūra, θ_e – išorės oro temperatūra, $\theta_{e_{vid}}$ – vidutinė išorės temperatūra, A_{θ_e} – išorės oro temperatūros svyravimo amplitudė, T – svyravimo periodas, t – laikas, k_s – šilumos šaltinio šilimo greitis, m_s – šilumos šaltinio aušimo greitis, m_1 – atitvarų konstrukcijų šilimo tempas, m_{1e} – atitvarų konstrukcijų aušimo tempas, μ_c – tariamoji pastato vidinių konstrukcijų šilimos talpa, μ_1 – tariamoji pastato išorinių konstrukcijų šilumos talpa.

Dydis m išreiškia, kurią akumuluotos šilumos dalį sudaro kiekvienas elementas šilumą atiduodančio kūno atžvilgiu, esant vieno laipsnio temperatūrų skirtumui. Lygčių sistemoje šilumos srautai tarp kūnų yra proporcingi temperatūrų skirtumui tarp jų ir kiekvieno atskiro elemento šiluminė būseną priklauso nuo šilimo bei aušimo tempo: šilumos šaltinio temperatūra (1) priklauso nuo jo kaitimo intensyvumo bei aušimo tempo. Vidaus oro temperatūra (2) priklauso nuo šildymo sistemos aušimo tempo, vidinių konstrukcijų šilumos talpos ir išorinių atitvarų šilimo tempo. Atitvarų temperatūra (3) priklauso nuo jų šilimo bei aušimo tempo. Dydis m savo ruožtu priklauso nuo kūno medžiagos fizikinių šiluminių savybių, formos ir matmenų bei šilumos mainų ant paviršiaus.

Pagrindiniai šio darbo tikslai, sprendžiant pateiktą lygčių sistemą yra:

1. Priklausomai nuo pastato konstrukcijų šilumos talpos, išorės oro temperatūrų svyravimų šilumos šaltinio darbo nustatyti vidaus oro temperatūros kitimą.
2. Nustatyti šilumos šaltinio darbo režimą, kad patalpose būtų palaikoma numatyta temperatūra, bei apskaičiuoti energijos sąnaudas.

Šiems uždaviniams spręsti panaudotas procesų modeliavimo paketas Matlab [4]. Vidaus oro temperatūros kitimui nustatyti lygčių sistemos supaprastinama:

$$\begin{cases} \frac{d\theta_i}{dt} = \frac{1}{\mu_c} [m_s (\theta_{svid.fakt.} - \theta_i) - \mu_1 m_1 (\theta_i - \theta_1)]; \\ \frac{d\theta_1}{dt} = m_1 (\theta_i - \theta_1) - m_{1e} (\theta_1 - \theta_{efakt.}); \end{cases} \quad (5)$$

čia $\theta_{svid.fakt.}$ – natūrinio stebėjimų metu nustatyta vidutinė šilumnešio temperatūra; $\theta_{efakt.}$ – tyrimo metu išmatuota oro temperatūra.

Antram uždaviniui spręsti lygčių sistema bus:

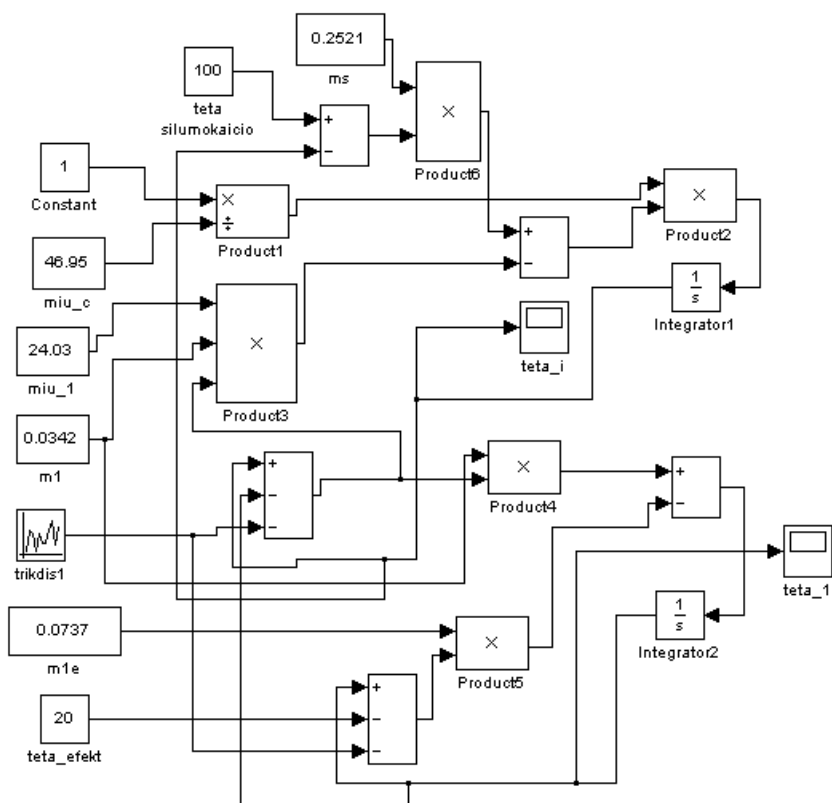
$$\begin{cases} \frac{d\theta_s}{dt} = k_s - m_s (\theta_s - \theta_i); \\ \frac{d\theta_i}{dt} = \frac{1}{\mu_c} [m_s (\theta_s - \theta_i) - \mu_1 m_1 (\theta_i - \theta_1)]; \\ \frac{d\theta_1}{dt} = m_1 (\theta_i - \theta_1) - m_{1e} (\theta_1 - \theta_{efakt.}). \end{cases} \quad (6)$$

Saulės spinduliuotės ir oro mainų įtakai vidaus oro temperatūrai bei šilumos sąnaudoms įvertinti tariama, kad dėl saulės spinduliuotės tam tikru dydžiu padidėja šilumos šaltinio aušimo tempas, koeficientas m_s , o dėl oro mainų padidėja atitvarinių konstrukcijų aušimo greitis – koeficientas m_{1e} . Skaičiuojant energijos sąnaudas, pagal vidaus ir išorės temperatūras, apskaičiuojamas ir šilumos kiekis vėdinimui [3]:

$$Q = \frac{nVpc}{3600} \int_0^t (\theta_i - \theta_e) dt; \quad (7)$$

čia $nVpc$ – orui šildyti reikalingas šilumos kiekis; $\int_0^t (\theta_i - \theta_e) dt$ – išreiškia plotą, apribotą vidaus ir išorės oro temperatūrų kreivių.

Pagal lygčių sistemą (5), sudarytas modelis pateikiamas 1 pav.



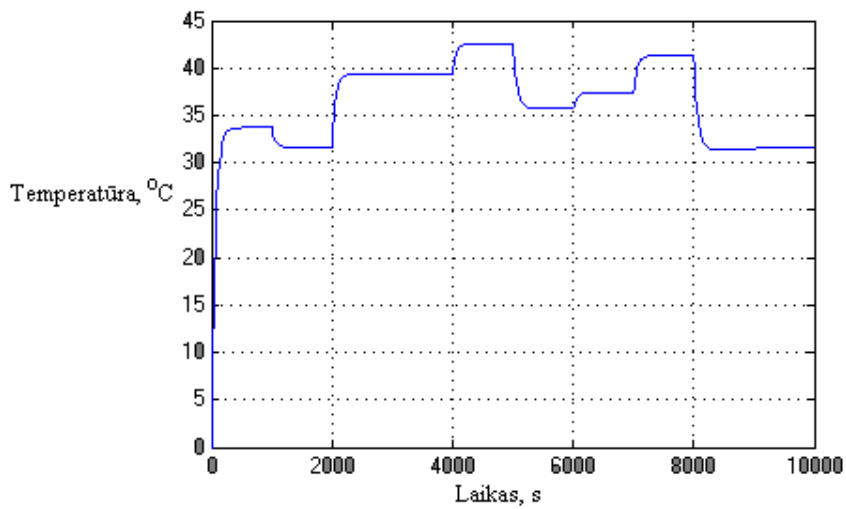
1pav. Matlab simulink sistemos matematinis modelis atitinkantis aprašytą lygčių sistemą (5)

1 lentelė

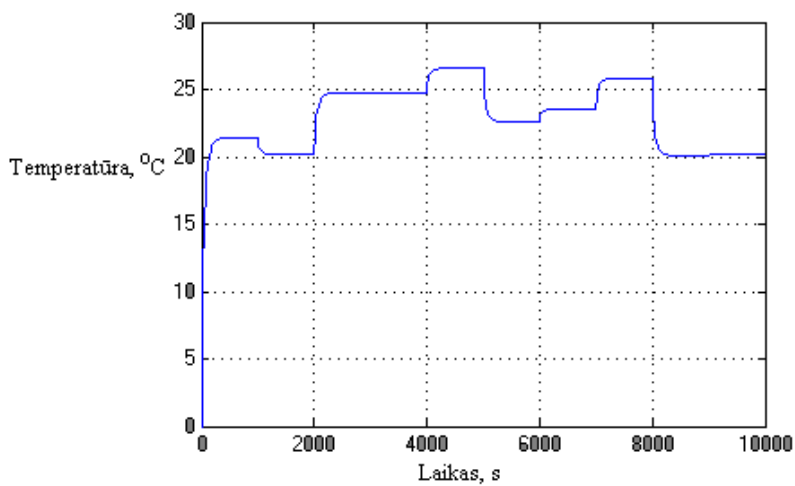
Koeficientų skaitinės vertės

Koeficientas	Rezultatas
k_{ξ}	30,42
m_{ξ}	0,2521
m_1	0,0342
m_{1e}	0,0737
μ_c	46,95
μ_1	24,03

Analitiškai apskaičiuotos lygčių sistemos (6) koeficientų skaitinės reikšmės pateiktos 1 lentelėje. Šie koeficientai yra santykiniai dydžiai, įvertinantys visą pastatą sudarančių elementų fizines savybes, pastato šilumos nuostolius, vidinius šilumos pritekėjimus, saulės spinduliuotę, oro mainus.



2 pav. Šilumos perdavimo elementų temperatūros priklausomybė nuo laiko, veikiant trikdžiui



3 pav. Vidaus oro temperatūros priklausomybė nuo laiko, veikiant trikdžiui

3. Rezultatai

Iš Matlab simulink sistemos matematinio modelio, gautos kreivės parodo kintančią temperatūrą laike ir trikdžio įtaką temperatūrai. Temperatūros kitimas laike priklausomas nuo aplinkos veiksnių ir šilumos perdavimo efektyvumo minėto anksčiau. Šilumos pokyčio šilumos perdavimo elementuose kreivė pateikta 2 pav., o vidaus oro šilumos pokyčio kreivė – 3 pav.

4. Išvados

1. Matuojant ir lyginant modeliavimu gautus rezultatus patvirtinta, kad modelis gerai išreiškia pastato konstrukcinių sprendimų ir išorinių veiksnių įtaką jo šiluminei būsenai, todėl yra tinkamas modeliuoti ir prognozuoti pastato šiluminius procesus.
2. Siūloma metodika leidžia atlikti visapusišką pastato energetinių charakteristikų analizę esant kintamam šilumos mainų režimui be brangiai kainuojančių eksperimentų.
3. Pagrindinės energijos sąnaudos yra orui šildyti. Esant vienkartiniam oro pasikeitimui, energijos sąnaudos vėdinimui kartais prilygsta šilumos nuostoliams per pastato atitvaras.
4. Sudėtinga kompleksiskai įvertinti saulės spinduliavimo ir vėjo greičio įtaka viso pastato temperatūros kitimui ir energijos sąnaudoms.

Literatūra

1. **Karbauskaitė J., Bistrickas S.** Pastato detalus šiluminis auditas // Statyba ir architektūra. 2001. 6-18 p.
2. **Becker R., Paciuk M.** Inter – related effects of cooling strategies and building features on energy performance of office building // Energy and buildings. 2002. 25-31 p.
3. **Stankevičius V., Karbauskaitė J., Blūdžius R.** Šilumos suvartojimo pastatuose analizė // Energetika 2002. 57-61 p.
4. Agnikorti G., Singh K. System design through MATLAB, control Toolbox and SIMULINK. Springer – Veslag London limited, 2001, 487 p.



PAVIRŠINĖS VARŽOS MATAVIMO AUTOMATIZAVIMAS

E. Sližauskas, T. Jukna

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: varža, labview, plėvelė, garinimas, dviejų taškų matavimas, keturių taškų matavimas.

1. Įvadas

Šių dienų elektroninė pramonė vystosi labai sparčiai. Kuriamos naujos stebėsenos sistemos, mažinami elektroninių sistemų matmenys, gabaritai, tobulinama informacinių sistemų sparta. Palaipsniui technologijos pereina prie atominių dydžių ir susiduriama su problema, ieškant naujų matavimų metodų, kurie būtų pajėgūs išmatuoti plonasluoksnių plėvelių fizikines savybes, realiame laike. Kuriamos naujos, patikimesnės stebėsenos sistemos, kurios leidžia nustatyti, tiriamo objekto elektrinį laidumą, formuojamos vakuume, plonos plėvelės varžos augimo priklausomybę nuo garinimų medžiagų.

Autoriai apžvelgia garinamos chromo plėvelės formavimosi stadijas vakuume, pertvarkytą matavimo įrangą, konfigūruotą ir naujai pritaikytą valdymo programą, automatizavimo galimybes pateikiant valdymo programą, vizualizaciją bei valdomos sistemos grafinį algoritmą.

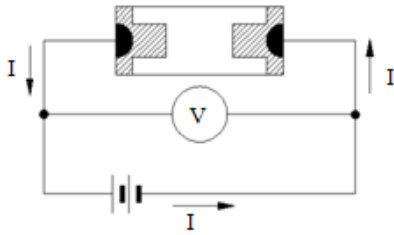
2. Įranga ir pagrindiniai paviršinės varžos matavimo būdai

Augančios varžos matavimai ir stebėseną yra atliekami fizinio garų nusodinimo įrenginių YBH-2M-1. Šis įrenginys turi dvipakopę išsiurbimo sistemą, kurios užtenka liekamajam slėgiui palaikyti $2,5 \cdot 10^{-4}$ Pa. Šiuo įrenginiu išvystomas formuojamos plėvelės storis siekia nuo 10nm iki 1μm. Galimos plėvelės medžiaga: Cu, Al, Au, Ag, Cr, Sn ir kt. Plėvelės sluoksnį galima kontroliuoti kvarcinių svarstyklių principu.

Dviejų taškų matavimo metodas. Šis metodas yra vienas iš paprasčiausių matavimų, kai naudojami tik du tyrimui skirti zondai. Per du zondus, sąlyčių su besiformuojančia plėvele teka elektros šaltinio generuojama srovė. Lygiagrečiai su formuojamos plėvelės atžvilgiu prijungiamas matavimo prietaisas, kuris matuoja įtampos kritimą (voltmetras). Iš Omo dėsnio:

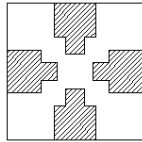
$$R = \frac{U}{I}. \quad (1)$$

Tyrinėjant augančios plėvelės varžą vakuumė, reikalingas dviejų kontaktų padėklas ir sujungimo schema, pateikta 1 pav.



1 pav. Dviejų taškų matavimo sistemos struktūrinė schema

Keturių matavimo taškų matavimo metodas. Šiam metodui reikalingas keturių matavimo taškų padėklas (žr. 2 pav.).



2 pav. Keturių taškų matavimo padėklas

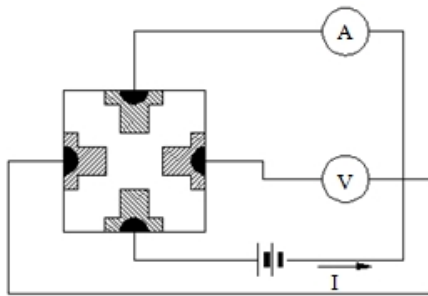
Tarp dviejų zondu tekanti generuojama elektros srovė per besiformuojančią plėvelę, o per likusius kitus du zondus matuojamas įtampos kritimas. Šis matavimo būdas yra tikslesnis už dviejų taškų matavimo sistemą, nes įtampos matavimo zondais neteka elektros srovė, vadinasi pašalinamos parazitinės varžos atsirandančios dviejų taškų matavimo metode. Visą šį matavimo būdą daro sudėtingesnę padėklo konstrukcija, schema (žr. 3pav.) ir papildoma įranga, reikalinga tyrimui įvykdyti.

Sluoksnio varža apskaičiuojama taip:

$$R_s = \frac{U}{I} \frac{2\pi}{\ln(2)} = 9,06 \frac{U}{I}. \quad (2)$$

Tuo atveju, jei zondai nedideli, galima naudoti vidutinę reikšmę dviejų nepriklausomų matavimų tarp atskirų zondu porų. Zrudskis [2] pasiūlė

schemą (žr. 3 pav), kuri leidžia tai atlikti automatiškai. Pastovios srovės šaltinis skersai pajungiamas tai prie vienos, taip prie kitos poros zondų poros. Voltmetras turi rodyti dviejų atskaitų vidutinę pastovios srovės įtampos reikšmę. Tokiu būdu zondų pagalba, kurių geometrija skiriasi nuo kvadrato apytiksliai 7%, galima gauti atskaitas 1% tikslumu.

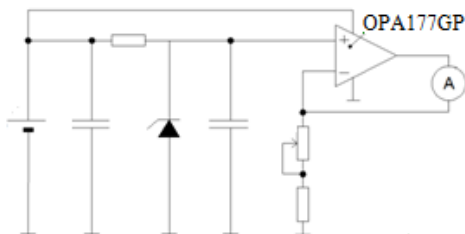


3 pav. Keturių taškų matavimo sistemos struktūrinė schema

Pasirinktas keturių matavimo taškų metodas yra priimtinas dėl savo tikslumo pasikartojamumo, todėl buvo nuspręsta išbandyti šį metodą įrenginių YBH-2M-1 realiame laike besiformuojančios plėvelės varžai stebėti. Šio matavimo pagrindinis aspektas – stabilus srovės šaltinis su apsauga nuo trumpo sujungimo. Tai srovės stabilizatorius (žr. 4 pav.) su trumpo jungimo $20 \dots 100 \mu\text{A}$ srove. Srovės stabilizatorius riboja dideles sroves ir nepažeidžia tiriamųjų bandinių [2].

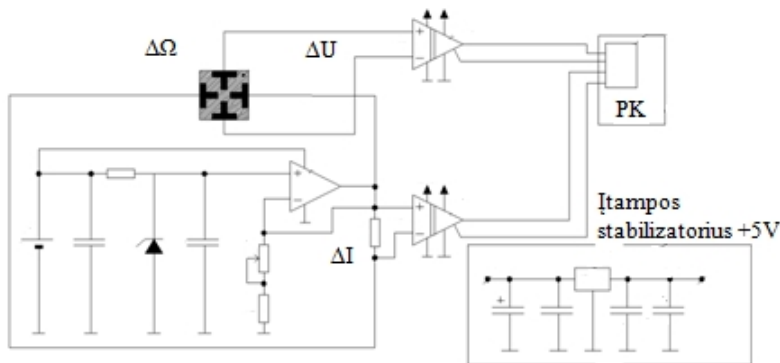
Srovės stabilizatorius perdirbtas ir yra lankstus šiai matavimo sistemai, nes įdiegtu schemeje potenciometru galime keisti trumpo jungimo srovę.

Sukalibruotą srovės stabilizatorių matavimuose galima interpretuoti kaip srovės šaltinį.



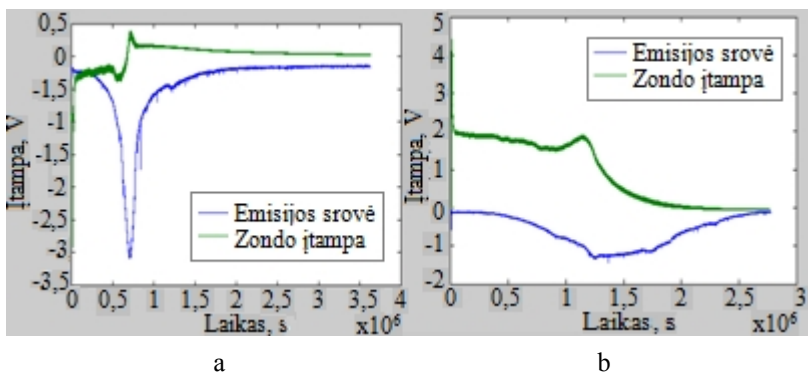
4 pav. Srovės stabilizatoriaus schema

Įtampos matavimo ir srovės matavimo grandinėje tikslinga naudoti izoliuotus operacinius stiprintuvus su signalo išrišimo galimybe. Taip sumažinami parazitiniai triukšmai ir padidinamas matavimo tikslumas. Visa matavimo grandis (žr. 5 pav.) sujungiama į duomenų surinkimo plokštę kuri sąveikauja su kompiuterio operacinėmis sistemomis.



5 pav. Matavimo grandis sujungta su matavimo padėklu ir kompiuteriu

Šiai grandinei apdoroti reikalinga stebėsenos sistema, duomenų surinkimo modulis – plokštė. Duomenų surinkimo modulis DAQ ir programinis paketas Labview, leidžia operatoriui stebėti realiaame laike kintamos plėvelės varžą. Buvo atlikti bandymai dengiant padėklą chromu (Cr) prie skirtingų srovių: 70 μA ir 50 μA (žr. 6 pav.).



6 pav. Zondų įtampos ir emisijos kitimas laike, kai srovės stipris: a – 70 μA ; b – 100 μA .

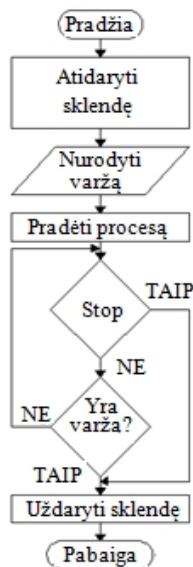
Didinant srovės stiprį, galime matyti kaip įtampa nusistovi per ilgesnį laiko tarpą, t.y. didinat srovę praplečiamas matavimo diapazonas, tačiau srovės dydis yra griežtai ribojamas, jis įtakoja besiformuojančios plėvelės struktūrą.

3. Paviršinės varžos matavimo automatizavimas

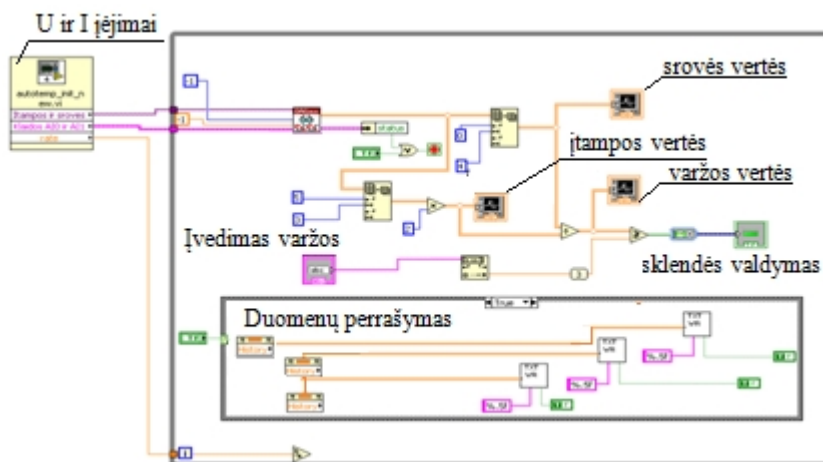
Susipažinus su varžos matavimo ypatybėmis ir atliekant tyrimus, būtina automatizuoti sistemą, kadangi labai svarbus rezultatų pasikartojamumas. Panaudojus duomenų surinkimo plokštę ir Labview programavimo aplinką buvo sukurta sistema, garintuvo sklendės valdymui. Programa leidžia rinkti ir išsaugoti duomenis ir pagal užduotą varžos nominalą, užgarinti reikiamo laidumo plėvelę.

Sistemos valdymo principas: reikalingos varžos nominalas įvedamas į programinio paketo vizualizacinį langą, tada terminio garinio įrangą yra įjungžiama ir pradedamas garinimas. Vos tik tarp kontaktų atsiradusi varža yra tokia pati kaip ir įvesta į programinę įrangą (žr. 8 pav.) procesas nutraukiamas automatiškai uždarant valdomą sklendę. Tobulinant programinę įrangą buvo remtasi sistemos valdymo algoritmu (žr. 7 pav).

Algoritmo pagrindu buvo perdaryta programa ir naujai sukurta vizualizacija (žr. 8 pav).



7 pav. Sistemos valdymo algoritmas



8 pav. Labview programa, valdymo blokai

4. Išvados

1. Matuojant keturių taškų matavimo metodu, iš matavimo duomenų galima eliminuoti kontakto varžą, to pasekoje gaunami tikslesni matavimai. Bandymų metu buvo pastebėta, kad atviros kontaktų aikštelės turi būti kuo vienodesnės, priešingu atveju pradinio matavimo momentu, kol plėvelės varža labai maža, gaunami rezultatai turi postūmį, ir sunku įvertinti išmatuotą varžą. Atliekant matavimus keturių taškų metodu, lygiagrečiai buvo matuojama varža panaudojant termoelektroninės emisijos srovę. Lyginant matavimo rezultatus nustatyta, kad naudojant $50 \mu\text{A}$ srovės šaltinį, 4 matavimo taškų metodu galima perdengti 80% emisijos signalo, kas leidžia tinkamai palyginti išmatuotos varžos dydį, atliekant matavimus dviem skirtingai metodais.
2. Eksperimento metu būtina ekranuoti visus matavimo laidus, ir kaip galima sumažinti elektromagnetinius laukus, kadangi išoriniai trikdžiai stipriai įtakoja matavimo rezultatus.

Literatūra

1. **Barborini, E.**, et. al. A portable ultrahigh vacuum apparatus for the production and in situ characterization of clusters and cluster-assembled. Rev. Sci. Instrum. 73, 2002. – 2060 p.
2. **Sze S.M.** Physics of Semiconductor Devices, 2nd ed. John Wiley and Sons (WIE), ISBN: 047109837X, 1981. 30-35 p.



EISMO ĮVYKIŲ TYRIMO METODAI IR JŲ TOBULINIMO BŪDAI

J. Šeibokienė, A. Tautkus

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: eismo įvykis, eismo saugumas, eismo įvykių tyrimas, automobilių susidūrimas.

1. Įvadas

Automobilių transporto paskirtis – saugiai, greitai bei patogiai vežti krovinius ir keleivius. Nors intensyvi automobilių transporto plėtra tenkina vis didėjančius mūsų visuomenės poreikius, bet turi ir neigiamų pasekmių – teršiama aplinka, keliamas triukšmas bei vibracija, kyla automobilių laikymo vietų stovėjimo problemos ir kt.

Pavojinga situacija paprastai susidaro prieš kiekvieną autoįvykį, tada būtina greita eismo dalyvių reakcija, pavyzdžiui, skubiai stabdyti ar manevruoti, kad būtų išvengta autoįvykio. Nors šiuolaikiniai automobiliai dažniausiai pasižymi optimaliais valdymo, stovumo, stabdžių efektyvumo parametrais, autoįvykis gali įvykti dėl vairuotojo klaidos. Aktyvusis eismo saugumas daugiausiai priklauso nuo vairuotojo reakcijos, kuri svarbi pavojingose situacijose, kai būtina spręsti greitai ir atlikti ekstremalius automobilio valdymo veiksmus. Vairuotojas turi išmanyti ne tik valdymo techniką, bet ir taktiką, bei žinoti kada ir kaip pasielgti – kada stabdyti, o kada manevruoti.

Darbe supažindinama su aktyviojo saugumo problema, eismo vykių tyrimų metodika, tikslinėmis rekomendacijomis tiriant konkrečius eismo įvykius, rekomendacijomis eismo saugumui pagerinti bei metodikomis autoįvykių techninėms ekspertizėms atlikti.

Darbo tikslas – išnagrinėti eismo tyrimų metodą ir rasti sprendimus, leidžiančius gerinti eismo saugumą Lietuvoje.

2. Eismo įvykis. Teisinė bazė

Eismo įvykis – kelyje, viešose arba privačiose teritorijose įvykis, kurio metu, dalyvaujant judančiai transporto priemonei, žuvo ar buvo sužeista žmonių, sugadinta ar apgadinta bent viena transporto priemonė, kroviny,

kelias, jo statiniai, ar bet koks kitas įvykio vietoje buvęs turtas [1]. Atliekant bet koki eismo įvykio vietos tyrimą, nustatant eismo įvykio mechanizmą, reikia žinoti transporto priemonių technines galimybes, jų judėjimo dėsningumus vienomis ar kitomis eismo įvykio sąlygomis tam, kad galėtume atskirti pėdsakus, rodančius eismo dalyvių veiką. Tiriant šias aplinkybes remiantis automobilių teorijos dėsniais, įvertinant transporto priemonių techninę būklę, geometrinius jų parametrus ir kelio sąlygas, reikia rekonstruoti, atkurti eismo įvykio „mechanizmą“ – eismo dalyvių padėtį kelyje vienas kito atžvilgiu atskirais laiko tarpais, t.y. atkurti įvykių dinamiką. Paskui, sujungus tuos laiko tarpusius į visumą, atskleidžiama pati eismo įvykio esmė. Taip atkurama pirminė padėtis, greičiai, eismo įvykio vieta kelyje ir pagaliau – jo priežastis techniniu požiūriu.

Pirmieji į eismo įvykio vietą paprastai siunčiami patruliai, tik po to kviečiama ir į įvykio vietą siunčiama operatyvinė grupė.

Įvykio vietoje privaloma „prireikus įjungti patrulinio automobilio specialiuosius šviesos signalus; patrulinį automobilį pastatyti taip, kad būtų galima saugiai prieiti prie nukentėjusiojo ar apgadintos transporto priemonės; išsiaiškinti, ar yra nukentėjusiųjų, ar reikalinga medicinos pagalba; esant būtinybei eismo įvykio vietą atitverti atitvėrimo priemonėmis arba kitaip ją pažymėti; užtikrinti žmonių saugumą bei eismo įvykio vietos apsaugą; imtis visų galimų priemonių eismo įvykyje dalyvavusių asmenų turtui gelbėti ir (ar) apsaugoti; nustatyti transporto priemonių vairuotojus, asmenis, susijusius su eismo įvykiu, ir liudytojus; stebėti, kad eismo įvykyje dalyvavusios transporto priemonės liktų savo vietose, kad nebūtų naikinami ar klastojami palikti pėdsakai; jei eismo įvykio metu atitrūkusios nuo automobilio detalės (kroviny) išsibarstė po važiuojamąją dalį ir dėl to kitų transporto priemonių eismas tapo nebeįmanomas, jas nufotografuoti (nufilmuoti) ir (arba) pažymėjus (dažais, kreida ir kt.) vietas, kur jos (jis) buvo, pašalinti; jei reikia, reguliuoti eismą ir (ar) organizuoti eismo įvykio vietos apylanką; jeigu po eismo įvykio dokumentų įforminimo transporto priemonės dėl apgadinimų važiuoti negali, teisės aktų nustatyta tvarka organizuoti jų nuvežimą ir pasaugą; surašyti tarnybinį pranešimą, kuriame nurodyti visas eismo įvykio aplinkybes, vairuotojų, nukentėjusių, liudytojų duomenis, rastus daiktus ir pėdsakus, eismo, meteorologines sąlygas ir kt.“ [2].

Eismo įvykio vietos apžiūra yra bene svarbiausias įrodymų rinkimo būdas. Neatlikus šio veiksmo sunku ar net neįmanoma įsivaizduoti paties įvykio ir planuoti eismo įvykio tyrimo.

Įvykio vietos apžiūros esmė – tai pirmiausia kryptinga objektų observacija, jų pažinimas kitais jutimo organais bei naudojant tam tikras technikos priemones. Nustatyti ir užfiksuoti faktai turi padėti išskirti pagrindines versijas, nustatyti įvykio mechanizmą ir dalyvavusių jame asmenų veiksmus [3]. Apžiūrint įvykio vietą gaunama tokia informacija, kurios negalima gauti kitomis procesinėmis priemonėmis, nes įvykio vieta –

nusikaltimo ir nusikaltėlio sankaupos vieta, todėl jos pažintinei vertei negali prilygti nė vienas kitas tyrimo veiksmas [4]. Automobilis apžiūrimas įvykio vietoje arba iškart jį suradus (jei įvykio vietoje jo nebuvo). Fiksuojamas automobilio modelis, valstybiniai numeriai, pažeidimai, galimai atsiradę eismo įvykio metu, ieškoma pėdsakų ir kitų daiktinių įrodymų. Automobilio apžiūra paprastai pradama nuo automobilio priekio. Ypatinę dėmesį reikia atkreipti į automobilio žibintų ir posūkių žibintų apžiūrą, priekinį stiklą, priekinį sparną, duris, durų rankenėles ir t.t. [5].

3. Ekspertizės

Ekspertizės (tyrimai) Lietuvos teismo ekspertizės centre (LTEC) atliekamos vadovaujantis Lietuvos Respublikos teismo ekspertizės įstatymu. Tiriant autoįvykius dažniausiai skiriamos šios ekspertizės: autotechninė, trasologinė, daktiloskopinė, kriminalistinė medžiagų ir gaminių [6].

Lietuvoje autotechninės, arba kitaip – eismo įvykio ekspertizės atliekamos Lietuvos teismo ekspertizės centre. Eismo įvykių ekspertizė atkuria eismo įvykio eigą, eismo įvykio aplinkybes įvykio vietoje, tiria eismo įvykio dalyvių veiksmus, aplinkybes, kurios turėjo įtakos eismo įvykiui įvykti; tiria nustatytus transporto priemonių techninius gedimus, jų atsiradimo laiką, gedimų ir eismo įvykio ryšį. Eismo įvykio ekspertas tiria transporto priemones ir jų agregatus, aplinkybes, apibūdinančias eismo įvykio mechanizmą arba jo elementus, eismo įvykio dalyvių veiksmus [6].

4. Nuostolių dėl autoavarijų skaičiavimo metodikų analizė

Nuostolių dėl autoavarijų skaičiavimo metodika buvo paruošta 1995 metais Transporto ir kelių tyrimo institute [7]. Ši metodika yra paruošta pagal Europos Komisijos XIII generalinio direktorato ataskaitą. Šioje ataskaitoje pateikiama keturiolikos Europos šalių tyrimų rezultatai. Pagal šią metodiką yra sudaryta kompiuterinė programa, skirta autoavarijų nuostoliams apskaičiuoti Lietuvos Respublikoje. Panagrinėsime svarbiausius nuostolių dėl autoavarijų skaičiavimo metodikos aspektus.

Įvertinant autoavarijas išskiriamos dvi nuostolių grupės – tiesioginiai (pirminiai) ir papildomi (antriniai) nuostoliai. Tiesioginiai nuostoliai:

- transporto priemonių savininkų nuostoliai;
- kelius eksploatuojančių tarnybų nuostoliai;
- kelių policijos ir kitų organizacijų išlaidos nagrinėjant autoavarijas;
- medicinos įstaigų išlaidos.

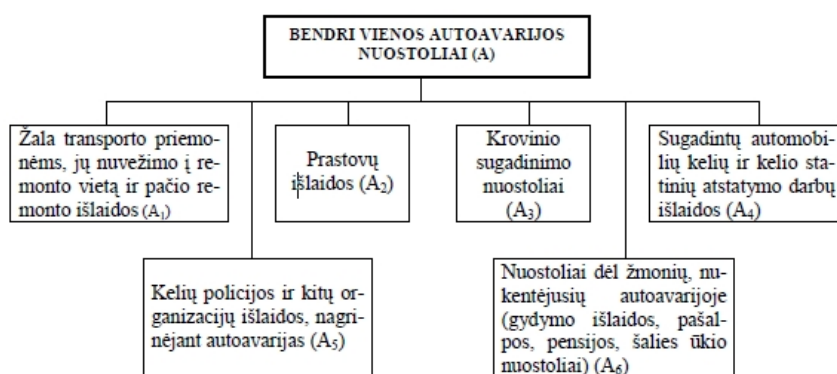
Papildomi nuostoliai:

- nuostoliai dėl laikino darbuotojo pasitraukimo iš gamybos;
- socialiniai-moraliniai nuostoliai, kurie negali būti tiesiogiai vertinami pinigine išraiška, todėl priimami kaip dalis tiesioginių nuostolių.

Bendri vieno autoįvykio nuostoliai apskaičiuojamas pagal formulę [7]:

$$A = \sum_1^i (A_{1i} + A_{2i} + A_{3i} + A_{4i} + A_{5i} + A_{6i}); \quad (1)$$

čia A – bendri autoįvykio nuostoliai; A_{1i} – žala transporto priemonėms, sugadintų transporto priemonių nuvežimo ir remonto išlaidos; A_{2i} – nuostoliai dėl transporto priemonių prastovų nuo sugedimo momento iki pataisymo; A_{3i} – krovinių sugadinimo nuostoliai; A_{4i} – sugadintų automobilių kelių ir kelio statinių atstatymo ir remonto darbų išlaidos; A_{5i} – kelių policijos ir kitų organizacijų išlaidos, nagrinėjant autoįvykius; A_{6i} – nuostoliai dėl žmonių, nukentėjusių autoįvykyje (gydymo išlaidos, pašalpos, pensijos, šalies ūkio nuostoliai); i – transporto priemonių, krovinių, žmonių skaičius, tenkantis vienam autoįvykiui.



1 pav. Bendrų vienos autoavarijos nuostolių struktūra [7]

5. Automobilių susidūrimo modeliavimas

Automobilių judėjimo greičių paklaidoms prieš susidūrimą skaičiuoti galima naudoti skaičiuojant dalines išvestines arba grafinį galimų skaičiavimo netikslumų nustatymo metodą [8].

Pirmuoju atveju (skaičiuojant dalines išvestines) pirmojo ir antrojo automobilių judėjimo greičių v_1 ir v_2 standartinių nuokrypių skaičiavimo lygtys būtų tokios [8]:

$$dv_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial v_1}{\partial \bar{v}_1} \Delta \bar{v}_1\right)^2 + \left(\frac{\partial v_1}{\partial \bar{v}_2} \Delta \bar{v}_2\right)^2 + \left(\frac{\partial v_1}{\partial E_{ES1}} E_{ES1}\right)^2 + \left(\frac{\partial v_1}{\partial E_{ES2}} E_{ES2}\right)^2}; \quad (2)$$

$$dv_2 = \sqrt{\left(\frac{m_1}{m_2} \Delta \bar{v}_1\right)^2 + \left(-\frac{m_1}{m_2} \Delta v_1\right)^2 + (1 \Delta \bar{v}_2)^2}; \quad (3)$$

čia v_1 ir v_2 – atitinkamai pirmojo ir antrojo automobilių vidutiniai judėjimo greičiai; m_1 ir m_2 – pirmojo ir antrojo automobilių masės; E_{ES1} , E_{ES2} – normuotos ekvivalentinės energijos, sunaudojamos susidūrimo metu esant tam tikram greičiui.

Antruoju atveju (grafinis susidūrusių automobilių greičių paklaidų nustatymas), skaičiuotės pagrindas yra grafiškai sudaryta schema.

Susidūrimas modeliuojamas tokia tvarka:

1. Iš pradžių sudaroma diagrama. Reikia sugraduoti greičio ašį (m/s arba km/h). Tarp automobilių veikiančių reakcijos jėgų aukštis parenkamas taip, kad greičių linijos $v_1(t)$ ir $v_2(t)$ nebūtų per stačios arba per lėkštos.

Pirmojo ir antrojo automobilių susidūrimo sąlyga, – kad abi spaudimo jėgos, kurios sąveikauja tarp automobilių, būtų vienodo dydžio ir nukreiptos priešinga kryptimi ($F_{12} = F_{21}$).

Pagal pagalbinę susidūrimų skaičiaus figūrą (3 pav.) galima taip pat nustatyti ribojančią liniją (2 linija). Šią baigiamąją liniją taip pat galima nustatyti skaičiavimo būdu, t.y., apskaičiavus intervalus $t_1 = t_2 / k$. Tuomet pagal sudarytą skaičiavimo schemą gaunami greičiai, kurie buvo susidūrimo metu ($v_{1k} = 16,0$ m/s ir $v_{2k} = 2,7$ m/s).

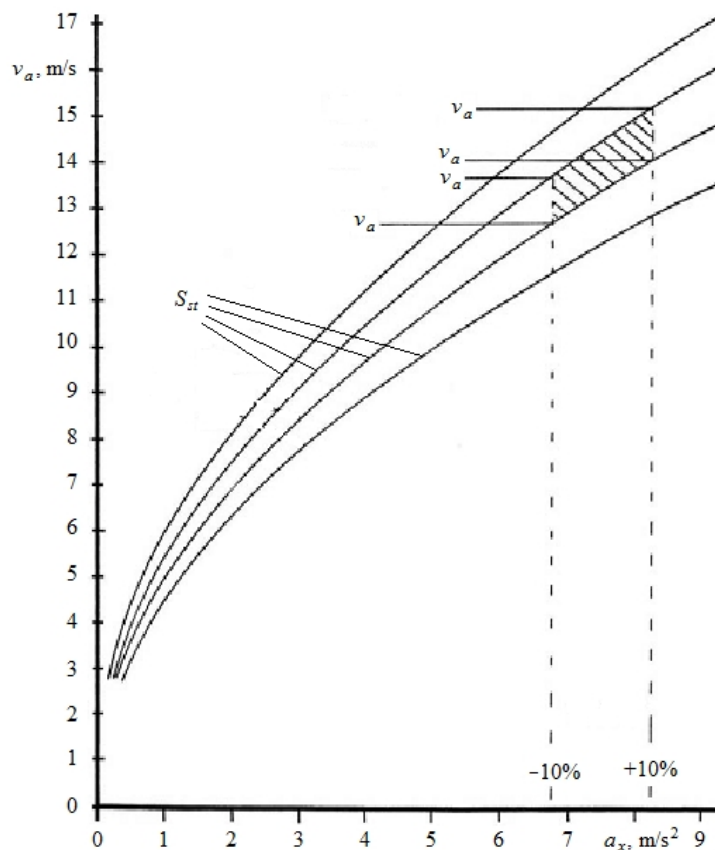
Pasukus skaičiuojamąją schemą pagal ribojančią (1) liniją, taip pat galima nustatyti smūgių skaičių.

Deformacijos energija ir greičiai po smūgio priimami su tam tikromis paklaidomis. Jei maksimali ir minimali formos pasikeitimo energijos reikšmė įstatoma į šią lygtį:

$$W_{def} = \frac{1}{2} (1 - k^2) \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_{1k} - v_{2k}) \quad (4)$$

ir pašalinami gauti reliatyvūs greičiai tarp v linijų, tai gaunamos baigiamosios (3) ir (4) linijos. Jei v linijos įmanomos dar ir su paklaidomis (lygiagretėmis atstumu), tai padidėja paklaidų diapazonai. Pagal diagramą taip pat galima nustatyti šiuos automobilių greičių diapazonus, buvusius iki susidūrimo:

2. Pagal galutines greičių ir spindulių r_1 ir r_2 reikšmes brėžiamos greičio linijos. Susidūrimo atveju jos susikerta. Susikirtimo taške yra pagrindinis greitis U_x .
3. Remiantis formos pasikeitimo energijos W_{def} (4) lygtimi arba iš čia išvedamu santykiniu susidūrimo greičio skirtumu Δv_k gaunama baigiamosios (1) linijos padėtis: jos susikirtimo taškai $v_1(t)$ ir $v_2(t)$ nusako ieškomus susidūrimo greičius v_{1k} ir v_{2k} .



2 pav. Galimų stabdymo kelio S_{st} reikšmių diapazonas $a_x - v_a$ koordinačių sistemoje [9]

Gauti dydžiai rodo, kad lengvųjų automobilių susidūrimo analizės rezultatai yra pakankamai tikslūs, tačiau ne tokie patikimi antrojo lengvojo automobilio judėjimo parametrų rezultatai, juo labiau, kad paklaidų diapazonai apima vertę „0,9“. Todėl ne visai aišku, ar susidūrimo metu antrasis automobilis stovėjo, ar judėjo labai mažu greičiu.

Taip pat taikomas grafinis stabdymo kelio S_{st} paklaidų vertinimo būdas [9]. Diagramoje (žr. 2 pav.) pavaizduoti automobilio judėjimo greičio v_a skaičiavimo rezultatai su galimomis paklaidomis, priklausomai nuo lėtėjimo pagreičio a_x .

Diagramoje, pateiktoje 2 pav., kiekvienam galimam nuvažiuoto kelio S_{st} ir lėtėjimo pagreičio reikšmių deriniui galima greitai rasti norimą greitį.

Galima sudaryti ir S_{st} t priklausomybės nuo a_x grafinį vaizdą. Tuomet, žinodami greitį v_a , galėtume rasti stabdymo kelią su galimomis paklaidomis.

Šis vaizdavimo būdas tuo pranašesnis, kuo daugiau dydžių lygtyse su galimomis paklaidomis tarpusavyje betarpiškai susiję.

6. Išvados

1. Darbe atlikti tyrimai ir sudaryti susidūrimo parametrų skaičiavimo modeliai gali būti sėkmingai pritaikomi, atliekant eismo įvykių (automobilių susidūrimų) tyrimus. Tai gali būti naudinga, atliekant autotechnines ekspertizes, pirminį autoavarijos tyrimą eismo įvykio vietoje, nustatant eismo įvykio priežastį ir pan.
2. Nustatyta, kad dviejų automobilių susidūrimuose, automobilių judėjimo trajektorija po smūgio priklauso nuo automobilių greičio kontakto metu, taip pat nuo automobilių svorio centro padėties, padangų ir kelio kokybės, oro sąlygų ir pan.

Literatūra

1. **Lukoševičienė O.** Autoįvykių analizė ir modeliavimas. Monografija. – Vilnius: Technika, 2001. – 244 p.
2. Lietuvos policijos generalinio komisaro 2001 m. birželio 25 d. įsakymu Nr. 278 patvirtinta Policijos įstaigų padalinių budėtojų darbo organizavimo instrukcija.
3. Lietuvos policijos generalinio komisaro 2001 m. birželio 25 d. įsakymu Nr. 278 patvirtinta Policijos įstaigų padalinių.
4. Lietuvos policijos generalinio komisaro 2002 m. gruodžio 24 d. įsakymu Nr. 660 patvirtinta Policijos patrulių veiklos instrukcija su vėlesniais pakeitimais.
5. **Burda R., Krikščiūnas R., Lajauskienė E., Malevski H., Matulienė S.** Kriminalistikos taktika ir metodika. – Vilnius, 2004. – 133 p.
6. **Stungys K.** Autoįvykio vietos tyrimas. LTA, 2000. – 10 p.
7. Nuostolių dėl autoavarijų skaičiavimo metodika. Transporto ir kelių tyrimo institutas, 1995. – 20 p.
8. **Moeller J.** Einfache rechnerisch – grafische Behandlung von eindimensionalen Pkw – Kollisionen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, 1992, Heft 12.
9. **Nagurnas S.** Stabdomų lengvųjų automobilių judėjimo parametrų tyrimas. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus Gedimino Technikos universitetas, 2005. – 139 p.



MOBILAUS ROBOTO JUDESIO TRAJEKTORIJOS MATEMATINIO MODELIO TYRIMAS

A. Gasiūnas, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: PI reguliatorius, vienračio roboto modelis.

1. Įvadas

Mobilus robotas atlikdamas užduotis dažniausiai juda linijine trajektorija arba pasisuka iš anksto žinomu kampu. Dviračiai robotai judėjimo kryptį gali pakeisti panaudodami skirtingus kiekvieno rato sukimosi greičius [1]. Judėjimui tiesiai ratai turi suktis vienodu kampiniu greičiu. Tačiau realios pavaros ir naudojami varikliai niekada nebūna idealiai vienodi. Todėl realus robotas, kai borto kompiuteris užduoda vienodą sukimosi greitį abiejų ratų pavaroms, juda ne tiese, o sukasi dideliu spindulio apskritimu. Pavarų netapatumas yra gana sudėtingas reiškinys, kadangi jis priklauso nuo variklių temperatūros, konstrukcijos tikslumo ir išdilimo laipsnio. Ratų kampinio greičio suvienodinimui gali būti panaudoti ratų sukimosi greičių jutikliai arba kelio enkoderiai. Tačiau didžioji mobilių robotų dalis turi tik enkoderius, kurie leidžia apskaičiuoti kiekvieno rato nuvažiuotą kelią.

Vien tik enkoderių panaudojimas taip pat neišgelbėja nuo judesio netiesės, kadangi roboto ratų skersmenys yra skirtingi. Čia turi įtakos svorio centro vieta, padangų išdilimas, slėgis pačiose padangose, o taip pat ir ratų trintis su gruntu. Tokiais atvejais judesio tiesiškumui užtikrinti naudojami roboto orientacijos jutikliai – girokopai, elektroniniai kompasai, GPS sistemos. Kiekviena iš jų turi pritaikomumo ir tikslumo ribas. Pavyzdžiui, MEMS technologijos girokopai nesugeba pajauti krypties pokyčio, kai robotas sukasi labai lėtai. Elektroninis kompasas nesugeba teisingai rodyti kryptį, kai aplinkoje yra pašaliniai elektromagnetiniai triukšmai. Įskaitant ir tai, kad pats robotas yra tų triukšmų šaltinis. GPS sistemos nestabiliai dirba uždarose patalpose, o jei yra metalinis stogas ir metalinės konstrukcijos, tai GPS dažniausiai neveikia [2].

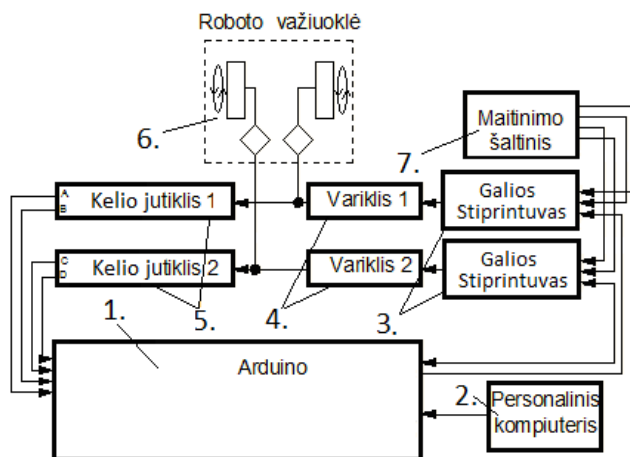
Todėl mobilaus roboto valdymo sistemoje turi būti įdiegti valdymo algoritmai, kurie priverstų robotą judėti tiesia trajektorija be orientacijos jutiklių ar su jais.

2. Tiriamas mobilus robotas

Tiriamo roboto valdymo schema parodyta 1 pav. Roboto borto kompiuteris yra Arduino platformos mikrovaldiklis. Abu roboto ratai turi identiškus dviejų fazių enkoderius 5. Jų signalai sumuojami mikrovaldiklyje 1 panaudojant pertraukimus. Ratų greitį valdo HB25 galios stiprintuvai 3, kurie prijungti prie nuolatinės srovės variklių 4. Variklių velenai tiesiogiai sujungti su enkoderiais, o ratai sujungti per sliekinius reduktorius 6. Sliekinių reduktorių perdavimo koeficientas ratams yra 63, kadangi variklio velenui apsisukus vieną kartą enkoderis sureaguoja tris kartus, tai ratui apsisukus vieną kartą enkoderis sugeneruoja 189 impulsų seką. Sliekiniai reduktoriai užtikrina savistabdą. Tokios pavaros yra ekonomiškesnės, kadangi stovėjimo būsenoje galima išjungti variklių valdymą.

Programos robotui tirti ar valdyti įkėlimas, duomenų išvedimas į personalinio kompiuterio 2 terminalą atliekamas per USB sąsają. Yra galimybė robotą valdyti tik mikrovaldikliu arba mikrovaldiklis naudojamas kaip personalinio kompiuterio sąsaja su robotu.

Mobilusis robotas turi du energijos šaltinius – du 12V akumulatorius. Vienas akumulatorius naudojamas važiuoklės galios stiprintuvams ir varikliams. Taip pat šis šaltinis naudojamas griebtuvo pavaroms (schemoje neparodyta). Kitas akumulatorius, mažesnės talpos, naudojamas borto



1 pav. Roboto valdymo schema: 1 – mikrovaldiklis; 2 – personalinis kompiuteris; 3 – galios stiprintuvai; 4 – nuolatinės srovės varikliai; 5 – kelio jutikliai (enkoderiai); 6 – dviračio roboto važiuoklė; 7 – maitinimo šaltinis

kompiuteriui ir jutikliams. Tokia dviejų atskirų šaltinių schema leido išvengti trikdžių dėl maitinimo įtampos svyravimų, kadangi greičio keitimo metu variklių naudojama srovė šuoliškai padidėdavo iki 12-16A.

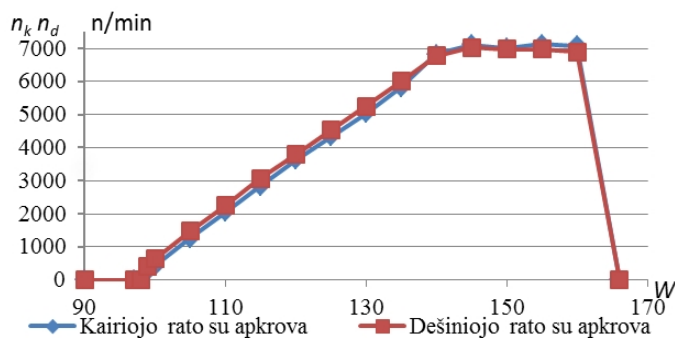
3. Mobilaus roboto ratų sukimosi greičiai

Eksperimentais buvo nustatyta, kad esant vienodai užduotiems ratų sukimosi greičiams, robotas nevažiavo tiesiai, o sukdavosi kuria nors kryptimi. Be to, trajektorijos kreivumas priklausė nuo užduoto judėjimo greičio. Ratų sukimosi greičių priklausomybėms nuo užduoties signalo nustatyti atlikta eksperimentų serija. Pastebėta, kad roboto varikliai tuščioje eigoje sukasi žymiai greičiau, todėl greičio priklausomybės buvo matuojamos realiomis sąlygomis – robotas pilnai pakrautas įranga.

Borto kompiuteris įtampą galios stiprintuvui užduoda impulso pločiu. Tačiau standartinėje bibliotekoje vietoje impulso pločio laiko yra naudojamas impulso pločio kodas, kurio prasmė tokia:

- kodas = 90, išėjimo įtampa 0V, varikliai nesisuka;
- $90 < \text{kodas} < 160$, išėjimo įtampa, didėjant kodui, keičiasi nuo 0 iki 12V;
- $20 < \text{kodas} < 90$, išėjimo įtampa, mažėjant kodui, keičiasi nuo 0 iki -12V.

Tyrimuose panaudoti impulso pločio kodai nuo 90 iki 160, žingsniu 5. Dėl rimties trinties variklyje, sliekratyje ir poroje padangos-grindų danga, robotas pajudėdavo tik tada, kai greičio kodas buvo didesnis kaip 97. Kad išvengti pereinamųjų procesų įtakos, eksperimento laikas buvo suskaidytas į du intervalus. Pirmojo intervalo metu robotas įsibėgėja iki nusistovėjusio greičio. Antrojo intervalo metu robotas jau juda pastoviu greičiu ir čia pradedama sumuoti kelio jutiklio impulsus. Sumavimas atliekamas 30 s. Gautos kiekvieno enkoderio impulsų sumos išvedamos į personalinio kompiuterio ekraną. Eksperimento rezultatai pateikti 2 pav.



2 pav. Pavaros enkoderio impulsų kiekio per minutę priklausomybė nuo valdymo signalo kodo

Iš grafiko matoma, kad varikliai skirtingai reaguoja į valdymo impulso pločių kodus nuo 97 iki 140. Toliau didinant valdymo impulso kodą pasiekiamas soties režimas. Žemiau 97 ratai nesisuka. Iš šio eksperimento rezultatų mažiausių kvadratų metodu surasti kiekvieno variklio greičio priklausomybę aproksimuojančių polinomų (1) koeficientai a , b , c ir d :

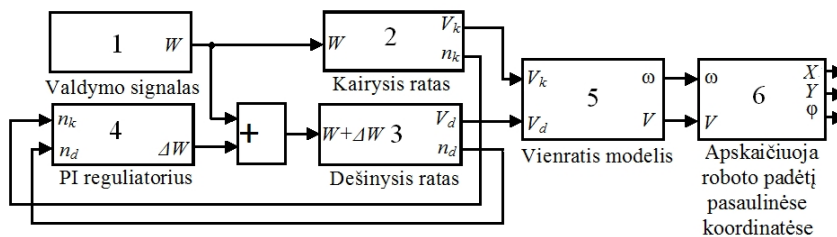
$$n(W) = aW^3 + bW^2 + cW + d; \quad (1)$$

čia: W – valdymo impulso pločio kodas, n – besisukančio rato enkoderio impulsų kiekis per minutę.

4. Mobilaus roboto važiuoklės matematinis modelio schema

Tam, kad robotas važiuotų tiesia trajektorija, būtina valdymo sistemoje realizuoti reguliatorių, kuris palaikytų tiesiaeigį judesį. Valdymo sistemos modelis pateiktas 3 pav. Valdymo signalo 1 kodas tiesiogiai yra paduodamas į kairiojo rato pavarą 2 ir to rato sukimosi greitis priklauso tik funkcijos (1) koeficientų. Antrojo rato pavaros 3 valdymo signalo kodas gaunamas kaip suma dviejų kodų – tiesioginis valdymo signalo kodas sumuojamas su reguliatoriaus 4 išėjimo kodu. Pats reguliatorius 4 yra PI struktūros ir savo išėjimo signalą formuoja pagal abiejų ratų enkoderių impulsų sumų skirtumą. Valdymo sistemos modelis papildytas dviem blokais, kurių paskirtis ištirti valdymo sistemos darbo efektyvumą. Blokas 5 yra dviračio roboto važiuoklės modelis, redukuotas į vienračio roboto važiuoklės modelį. Jo išėjimai yra kampinis ω ir linijinis v greičiai. Blokas 2 iš šių greičių, integruodamas juos, apskaičiuoja mobilaus roboto s_x , s_y koordinates starto taško atžvilgiu ir roboto korpuso posūkio kampą φ starto padėties atžvilgiu.

Blokuose 2 ir 3 panaudoti aproksimuojantys polinomi (1) ir jų išėjimo dydžiai apskaičiuojami taip (kintamųjų indeksas k žymi kairiojo rato kintamuosius ir konstantas, d – dešiniojo rato):



3 pav. Mobilaus roboto važiuoklės matematinio modelio schema

$$\left. \begin{aligned} n_k &= a_k W^3 + b_k W^2 + c_k W + d_k; \\ n_d &= a_d (W + \Delta W)^3 + b_d (W + \Delta W)^2 + c_d (W + \Delta W) + d_d. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Kitas blokų 2 ir 3 išėjimas yra ratų centrų linijiniai greičiai V_k ir V_d .

Tada:

$$\left. \begin{aligned} V_k &= \frac{2 \pi r_k n_k}{N}; \\ V_d &= \frac{2 \pi r_d n_d}{N}; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

čia: r – ratų spindulys; N – enkoderio diskretų kiekis rato vienam apsisukimui, tiriamo roboto atveju $N = 189$.

Blokas 5 dviračio roboto važiuoklės judesį perskaičiuoja į vienratę [1, 5] panaudojant tokias lygtis:

$$V = \frac{V_k + V_d}{2}; \quad (4)$$

$$\omega = \frac{(V_k - V_d)}{D}; \quad (5)$$

čia: D – atstumas tarp dviračio roboto varančiųjų ratų centrų; V – momentinis roboto geometrinio centro linijinis greitis; ω – momentinis roboto krypties kitimo kampinis greitis, rad/s.

Bloke 5 roboto linijinio judesio greitis ir krypties kitimo kampinis greitis panaudoti apskaičiuoti linijinius greičius pagal ašis ir roboto krypties kampą:

$$\left\{ \begin{aligned} V_X &= V \cos \varphi; \\ V_Y &= V \sin \varphi; \\ \varphi &= \int \omega dt; \end{aligned} \right. \quad (6)$$

čia: V_X ir V_Y – roboto linijinis greitis X ir Y ašių kryptimi; φ – roboto korpuso posūkio kampas starto padėties atžvilgiu.

Pasaulinės koordinatės pagal X ir Y ašis gaunamas integruojant greičius pagal atitinkamas ašis [2]:

$$\begin{cases} X = \int V_x dt; \\ Y = \int V_y dt; \end{cases} \quad (7)$$

čia: X ir Y – roboto nuvažiuotas kelias pagal X ir Y ašis atitinkamai.

Blokas 4 yra PI reguliatorius [3, 4]. Jo išėjimo signalas yra apskaičiuojamas taip:

$$\Delta W = k_p \left(\int n_k dt - \int n_d dt \right) - k_I \int \left(\int n_k dt - \int n_d dt \right) dt; \quad (8)$$

čia: k_p – PI reguliatoriaus proporcingumo konstanta; k_I – PI reguliatoriaus integravimo konstanta; ΔW – reguliatoriaus išėjimo signalas.

5. Roboto važiuoklės matematinio modelio adekvatumo patikrinimas

Modelio lygčių (2) ... (7) adekvatumas buvo patikrintas eksperimentu. Robotas startuodavo X ašies kryptimi ir važiuodavo 20 sekundžių. Po to sustodavo ir buvo išmatuotas nuvažiuotas kelias X ir Y ašių kryptimis. Važiavimo greitis buvo užduodamas valdymo impulso pločių kodais intervale nuo 100 iki 150, žingsniu 10. Eksperimento rezultatai pateikti 1 lentelėje. Greičių diapazone nuo 90 iki 99 roboto pavaros dirbo nestabiliai dėl gana didelės trinties sliekiniame reduktoriuje, todėl šis diapazonas nebuvo tyrinėtas.

Iš 1 lentelės rezultatų matyti, kad didžiausias skirtumas tarp eksperimentinių ir teorinių rezultatų yra tada, kai valdymo impulso pločių kodas lygus 120. Y ašies kryptimi nuvažiuotas kelias skiriasi 70,7 cm, o X ašimi skiriasi 97,6 cm. Pastebėta, kad eksperimento rezultato pasikartojamumui didelę įtaką turėjo maitinimo šaltinio įtampa. Eksperimento metu ji nebuvo fiksuojama, nebuvo fiksuojami jos pokyčiai važiavimo metu.

1 lentelė

Roboto važiuojamos trajektorijos poslinkiai

Valdymo signalo kodas	Eksperimento rezultatai		Teoriniai rezultatai	
	X, cm	Y, cm	X, cm	Y, cm
110	210,0	-57,0	245,7	-61,0
120	512,0	-180,5	414,4	-109,8
130	560,5	-191,0	582,9	-145,8
140	793,0	101,0	789,0	102,0
150	814,6	116,8	814,6	116,0

6. Mobilaus roboto važiuoklės PI regulatoriaus derinimas

Roboto modelis yra netiesinis, kadangi išraiškos (2) naudoja trečios eilės polinomus. Todėl tipiški PI reguliatorių derinimo metodai čia tiktų tik tuo atveju, jei robotas judėtų tik vienu, iš anksto pasirinktu greičiu. Buvo atliktas roboto judesio modeliavimas su įvairiomis k_P proporcingumo ir k_I integravimo konstantomis. Optimaliam reguliatoriaus suderinimui buvo priimtas toks kriterijus – nuokrypis nuo X ašies nusistovėjusiame judesyje ne daugiau kaip 1 cm. Nustatyta, kad optimaliai suderinto PI reguliatoriaus konstantos yra tokios:

$$\left. \begin{array}{l} k_P = 6; \\ k_I = 0,4. \end{array} \right\}; \quad (7)$$

Modelyje nebuvo įvertinta mobilaus roboto akumulatoriaus įtampos įtaka, tačiau eksperimentų metu, visuomet buvo naudojamas pilnai ar beveik pilnai pakrautas akumulatorius.

7. Išvados

1. Nustatyta, kad mobilaus roboto ratų sukimosi greičių priklausomybės nuo valdymo impulsų pločių kodų yra netiesinės.
2. Nustatyta, kad mobilaus roboto ratų sukimosi greičių priklausomybės nuo valdymo impulsų pločių kodų yra skirtingos kairiajam ir dešiniajam ratams.
3. Nustatyta, kad didžiausias skirtumas tarp roboto nuvažiuoto ir roboto važiuoklės matematinio modelio apkaičioto kelio yra 70,7cm Y ašies ir 97.6 cm X ašies kryptimi, kai valdymo impulso pločių kodas lygus 120.
4. Nustatyta, kad optimaliai suderinto PI reguliatoriaus konstantos yra tokios: $k_P = 6$, $k_I = 0,4$.

Literatūra

1. **Siciliano B.** Handbook of Robotics. – Springer. – 1600 p. SPIN 10918401.
2. **Česnulevičius A.** Robotikos sistemų modeliavimas ir valdymas. – Kaunas: Technologija, 2012. – 246 p. ISBN 978-609-433-096-4.
3. **Balaševičius L.** Reguliatorių sintezė ir optimizavimas. – Kaunas: Technologija, 2007. – 79 p. ISBN 978-9955-252-8.
4. **Core P.** Robotics, Vision and Control Fundamental Algorithms in MATLAB. - springer.com, 570 p. ISBN 978-3-642-20143-1.
5. **Bak M.** Control of Systems with Constraints. – Technical University of Denmark, 2000. – 170 p. ISBN 87-87950-85-5.



KONTŪRŲ APDIRBIMO TECHNOLOGIJOS ĮTAKOS APDIRBIMO SAVIKAINAI NUSTATYMO PLANAVIMAS

D. Baltramiejūnas, D. Garuckas

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: mechaninis apdirbimas, kontūrų frezavimas, gamybos kaštai, techninis efektyvumas.

1. Įvadas

Gaminamų mašinų ir dirbinių kokybė priklauso ne vien nuo jų konstrukcijos, bet ir nuo gamybos technologijos. Svarbu, kad gaminys būtų ne tik tinkamas, bet ir nebrangus. Gamybos technologija turi didelę įtaką įvairioms gaminamų gaminių savybėms, tarp jų – patikimumui ir eksploatacinėms išlaidoms. Dėl to labai svarbu tobulinti esamus ir kurti naujus technologijos metodus siekiant geresnės apdirbimo kokybės, ekonomiškumo, patikimumo, mažų medžiagų sąnaudų, mažos aplinkos taršos ir kitų norimų savybių [1].

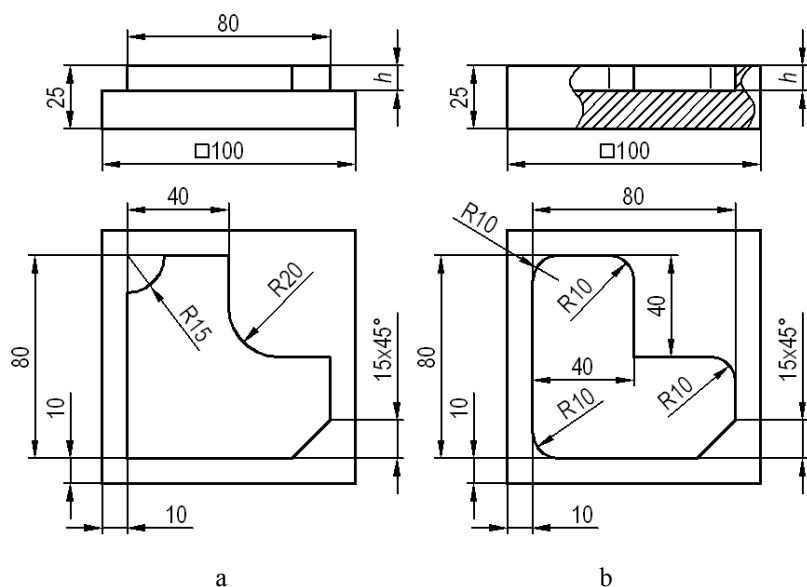
Savikainos mažinimas yra pagrindinis įmonės tikslas, nes nuo jos priklauso įmonės pelnas ir gebėjimas išsilaikyti konkurencinėje aplinkoje [2].

Darbo tikslas – užsiduotų matmenų ir techninių reikalavimų kontūrų apdirbimui sudaryti keletą alternatyvių mechaninio apdirbimo atvejų ir nustatyti apdirbimo kaštų dedamąsias nuo apdirbimo laiko, ištirti frezavimo įrankių kainų ir apdirbimo trukmės kaštų dedamųjų įtaką detalės gamybos savikainai.

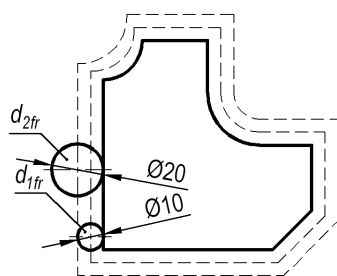
2. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas – išorinių (1 pav., a) ir vidinių (1 pav., b) kontūrų apdirbimo plokštėje, kurios medžiaga – konstrukcinis plienas 40 GOST 1050-88, apdirbimo kaštų K_{MA} tyrimas, kurio metu bus keičiamas įrankio skersmuo d_f ; ir nustatoma apdirbimo trukmė T_m . Apdirbimo technologijos variantai, sudaryti atsižvelgiant į galimus panaudoti šiuolaikinius įrankius, kurių darbinės dalies tradicinės įrankinės medžiagos – greitapjovis plienas (HSS) arba kietlydinis (VHM). Šie apdirbimo technologijos variantai – tai ne

visi įmanomi sudaryti ir galimi kontūrų apdirbimo atvejai, bet keli labiausiai tikėtini ir galimai racionalūs, kurie gali būti pritaikyti realioje gamyboje.



1 pav. Apdirbamų kontūrų pavyzdžiai: a – išorinis kontūras, b – vidinis kontūras

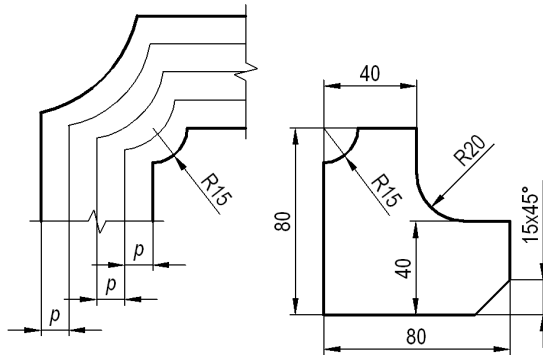


2 pav. Kontūro apdirbimas skirtingų skersmenų frezomis (čia punktyrinė linija – – – žymi įrankio trajektoriją)

Atliekant tyrimą kintami dydžiai bus:

- frezos skersmuo d_{fr} bus keičiamas nuo mažiausio 5 mm iki 25 mm (2 pav.);

- pjovimo įrankio medžiaga – tyrimas bus atliekamas naudojant įrankius ir įrankių medžiagas: kietlydinį VHM (very hard metal) ir greitapjovį plieną HSS (high speed steel);
- kontūro ilgis L bus keičiamas (3 pav.) ekvidistanciniu žingsniniu principu išlaikant vienodą ekvidistancinį žingsnį p ;
- kontūro aukštis (gylis) h bus keičiamas nuo 5 mm iki 25 mm.



3 pav. Kontūro ilgio keitimas ekvidistanciniu žingsniu p

Kontūro ilgis L keisis netiesiškai, nes kontūras bus didinamas ekvidistanciniu žingsniu p , atkartojant kontūro geometriją ir jį didinant. Kontūro ilgis L bus nustatomas *MasterCAM*, *AutoCAD* ar panašiomis programomis.

3. Tyrimo metodika

Kontūro apdirbimo trukmės nustatymui bus pasiremta katalogais, kuriuose pateikta konkreti informacija apie pasirinktų pjovimo įrankių pjovimo režimus numatyti apdirbti medžiagai [3, 5]. Apdirbimo modeliavimas bus atliekamas *MasterCAM Mill* programa. Šia programa bus nustatomas mašininis laikas T_m . *MasterCAM* programoje bus suvesti tikrieji tam tikrų frezų pjovimo režimai: pjovimo gylis t , pastūma s_m , pjovimo greitis v .

Mechaninio apdirbimo kaštai K_{MA} vertinami pagal formules [4]:

$$K_{MA} = K_M + K_{T_m} + K_{PI}; \quad (1)$$

$$K_{T_m} = \frac{T_m C_{val}}{60}; \quad (2)$$

$$K_{PI} = \frac{S_{PI} P_{PI}}{100\%}; \quad (3)$$

čia: K_M – ruošinių medžiagų kaštai, šio tyrimo atveju $K_M=0$; K_{Tm} – mechaninio apdirbimo trukmės kaštai, įvertinti atsižvelgiant į pasirinktą valandinį programinio valdymo staklių įkainį, kai valanda yra įvertinta $C_{val} = 60$ Lt/val., o pasirinktas valandinis įkainis nustatytas atsižvelgiant į gamybinių įmonių taikomus įkainius; K_{PI} – pjovimo įrankių kaštų dedamoji, kuri bus skaičiuojama nuo operacijoje naudojamų įrankių kainos; P_{PI} – pjovimo įrankių kainos dalis pagal pjovimo įrankių pardavėjų rekomendacijas ($P_{PI} = 5 \dots 7\%$); S_{PI} – operacijos pjovimo įrankių komplekto kaina, Lt.

4. Tyrimo uždaviniai ir tikslai

1. Nustatyti K_{Tm} priklausomai nuo frezų skersmens, įrankių medžiagos, kontūro ilgio ir aukščio.
2. Apskaičiuoti apdirbimo laiko kaštus K_{Tm} .
3. Nustatyti tiriamiems atvejams įrankių poreikį ir jų kainas S_{PI} bei įrankių kaštų dedamąsias įrankių savikainoje K_{PI} .
4. Apskaičiuoti sumines K_{Tm} ir K_{PI} kaštų reikšmes tiriamiems atvejams.
5. Pateikti rekomendacijas greitam apdirbimo laiko ir gamybos kaštų prognozavimui.

Literatūra

1. **Bražiūnas J. A.** Mašinų gamybos technologijos pagrindai. – Kaunas: Technologija, 2004. – 512 p. ISBN 9955-09-558-x.
2. **Andrijauskienė A.** Įmonių ekonomika. – Alvyra Andrijauskienė, 2004. – 212 p. ISBN 9955-567-51-1.
3. **Bražėnas A., Markauskas S.** Pjovimo procesai ir įrankiai. – Kaunas: Technologija, 2000. – 123 p. ISBN 9986-13-813-2.
4. **Tratulytė D., Garuckas D.** Apvalaus skerspjuvio skylių apdirbimo technologijos įtakos tyrimas apdirbimo savikainai // Technologijos mokslai šiandien ir rytoj - 2011. Studentų mokslinių darbų konferencijos. – Kaunas: Technologija, 2011. – 244 p. ISBN 978-609-02-0265-4.
5. Hoffmann Group. Everything for professional modular machining. Prieiga per internetą: < <http://www.hoffmann-group.com/int/products/2-modular-machining.html> > [žiūrėta 2012-11-27].



MIKROELEKTROMECHANINIŲ SISTEMŲ PERIODINIŲ VIRPESIŲ DAŽNIO KITIMO TYRIMAS

E. Valentinavičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: MEMS rezonatorius, CMUT.

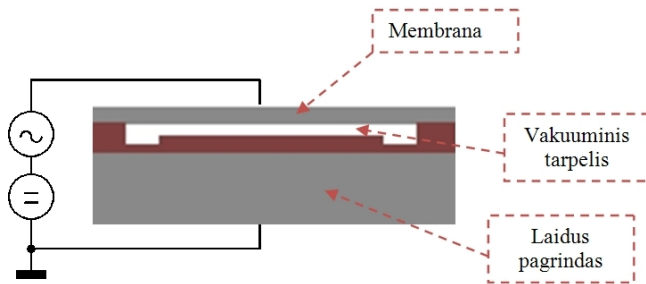
1. Įvadas

Talpiniai mikromontuojami ultragarso keitikliai CMUT (*capacitive micromachined ultrasound transducers* – angl.) pasižymi dideliu membranų jautrumu masės pokyčiams. Šie keitikliai gali būti pritaikyti įvairiuose srityse, kuriose reikalingas masės pokyčiu paremtas matavimas. Kuriant prietaisus šių keitiklių pagrindu svarbu tiksliai ir efektyviai identifikuoti rezonansinio dažnio pokytį. Tam darbe naudotas autogeneratorius, kurio taktinis dažnis ekvivalentiškas keitiklio dažniui. Kadangi CMUT, lyginant su pjezo-keraminiais rezonatoriais, pasižymi mažesne rezonansinio kontūro kokybę (paprastai neviršija 100) tipiniai schemotechniniai sprendimai ne visuomet tinkami. Darbe išanalizuoti tipiniai autogeneratorių schemotechniniai sprendimai ir pasiūlyta originali autogeneratoriaus schema CMUT su maža rezonansinio kontūro kokybe dažnio poslinkio analizei. Autogeneratorius panaudotas talpuminių keitiklių rezonansinio dažnio priklausomybės nuo prieštampio tyrimui.

CMUT yra mikromechaniniai kondensatoriai su membrana, nuo laidaus pagrindo atskirta vakuumo tarpeliu ir izoliuojančiais laikikliais (1 pav.). Plačiausiai paplitusi disko formos membrana, bet gali būti keturkampė ar kitos formos. Keitiklio struktūra suformuojama ant legiruoto silicio plokštelės, kuri atlieka apatinio elektrodo funkciją. Prie elektrodų prijungus įtampą, nepriklausomai nuo poliškumo, membrana dėl kuloninės sąveikos įlinksta į pagrindo pusę. Plačiausiai šie keitikliai naudojami ultragarso srityje. Membranos vibravimas ir ultragarsinė banga sužadinama membranos įlinkį keičiant kintančiu elektriniu lauku. Priėmimo režime elektrinį signalą sukelia ultragarsinės bangos slėgio sukeltas membranos įlinkio ir tuo pačiu talpos kitimas.

Perduodamos/priimamos bangos galios padidinimui CMUT celės yra jungiamos lygiagrečiai suformuojant elementų masyvus [1]. Elementų

konfigūracija yra labai įvairi: vienmačiai (1D), dvimačiai (2D), žiedo forma ir pan. Keitiklių dydis, priklausomai nuo taikymo srities, kinta nuo 100 μm iki 5 ... 6 cm [2].



1 pav. Vienos CMUT celės skerspjūvio schema

CMUT pasižymi dideliu jautrumu membranų masės pokyčiams. Pavyzdžiui, [3] pademonstruotas 10^{-15} g lygio jautrumas vienai CMUT celei ir tiesinė priklausomybė tarp dažnio poslinkio ir adsorbuojamų į modifikuotus polimerų sluoksnius molekulių masės. Atsižvelgiant į tai, kad CMUT membranos yra jautrios, tikslios ir mažos jos gali būti pritaikytos įvairiuose srityse, kuriose reikalingas masės pokyčio matavimu paremtas matavimas. Tai mažų dujų koncentracijų identifikavimas chemijos pramonėje, aliarmo davikliai, mobilūs kvapų identifikatoriai maitinėse ir pan. Membranos jautrumo masės pokyčiui fenomenas gali būti naudojamas imunojutiklių kūrimui antigenų (Ag) ir antikūnų (Ab) sąveikos pagrindu [4].

CMUT lyginant su kvarcinio mikrobalo, paviršinių akustinių bangų, tūrinių akustinių bangų, MEMS gembės rezonansinėmis sistemomis, kuriose identifikuojamas dažnio poslinkis dėl masės pokyčio, turi eilę pranašumų. CMUT yra vakuuminiai įrenginiai, todėl analizuojamos medžiagos užnešamos tik ant vienos membranos pusės ir ekvivalentinė kontūro kokybė geresnė nei gembinių įrenginių, keitiklio elementai yra sudaryti iš šimtų ar tūkstančių membranų, tai leidžia tiksliai suderinti impedansą su elektronika. Silicio gamybos technologija sudaro plačias galimybes gaminti nebrangius serijinius prietaisus.

2. Veikimo principas ir metodika

Kiekvieną CMUT celę galima pavaizduoti kaip mechaninį rezonatorių (2 pav.). Tokio rezonatoriaus diferencialinė lygtis:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b_v \frac{dz}{dt} + k_s z = F(z, t); \quad (1)$$

čia m – membranos masė; b_v – klampiojo slopinimo koeficientas; k_s – spyruoklės standumas; $F(z, t)$ – membraną veikianti jėga.

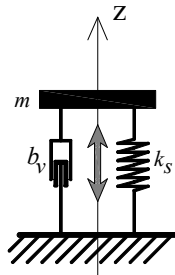
Rezonansinis dažnis apskaičiuojamas pagal formulę [5]:

$$\omega = \frac{\lambda_{mn}^2}{a_m^2} \sqrt{\frac{D}{\rho d_m}}; \quad (2)$$

čia $D = \frac{E d_m^3}{12(1-\nu^2)}$; E – Jungo modulis; ν – Puasono koeficientas;

d_m – membranos storis; a_m – kraštinės ilgis; ρ – tankis.

Koeficientas λ_{mn} priklauso nuo membranos formos; kraštuose įtvirtintos izotropinės diskinės membranos pirmajam vibravimo modui šis koeficientas lygus 10,21, keturkampei membranai – 35,99 [5].



2 pav. CMUT membranos mechaninis ekvivalentas

Tikėtiną rezonatoriaus dažnio pokytį galima surasti iš formulės [7]:

$$\Delta f = \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{m} f. \quad (3)$$

Kaip matyti iš (3) išraiškos absoliutus dažnio pokytis yra didesnis aukštesnį rezonansinį dažnį turinčioms membranoms.

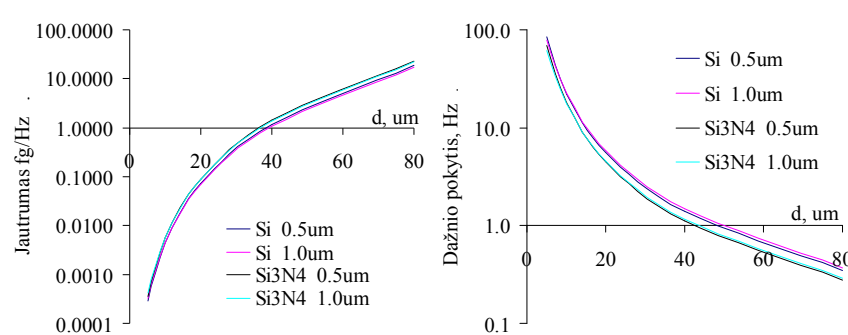
Daugiasluoksnioms membranoms rezonansinio dažnio pokytis ir jautrumas masės pokyčiams tiksliau randamas modeliuojant baigtinių elementų metodu.

3. Modeliavimo rezultatai

CMUT keitiklių jautrumo masės pokyčiams ribų nustatymui buvo atlikti rezonansinio dažnio pokyčio skaičiavimai. Naudotas [6] literatūros šaltinyje aprašomas baigtinių elementų modelis. Modeliuotos disko formos

membranos (medžiaga monokristalinis Si ($E = 148$ GPa, $\sigma = 0$ GPa, $\rho = 2329$ kg/m³, $\nu = 0,17729$) ir silicio nitridas Si_3N_4 – $E = 200$ GPa, $\sigma = 0$ GPa, $\rho = 3200$ kg/m³, $\nu = 0,24$) su $0,3$ μ m storio aliuminio elektrodu ($E = 68$ GPa, $\rho = 2699$ kg/m³, $\nu = 0,345$). Skaičiavimų rezultatai pateikti 3 pav. Modeliuojant priimta, kad matuojamos medžiagos dalelės ant membranos paviršiaus nesudaro vientiso sluoksnio ir membranos tamprumo nekeičia. Apkrova 10^{-21} kg/ μ m².

Kaip matyti iš 3 pav. didesnio skersmens membranos yra jautresnės masės pokyčiui, tačiau absoliutinis dažnio pokytis tokioms membranoms mažesnis. Dažnio pokytis, kaip ir (3) formulės atveju didesnis mažesnio skersmens membranoms. Tokių membranų rezonansinis dažnis yra didesnis (2) formulė.



3 pav. CMUT membranos jautrumo ir dažnio kitimo priklausomybė nuo membranos geometrinių matmenų ir medžiagos esant 10^{-21} kg/ μ m² apkrovai

4. Bandyti keitikliai ir eksperimentų rezultatai

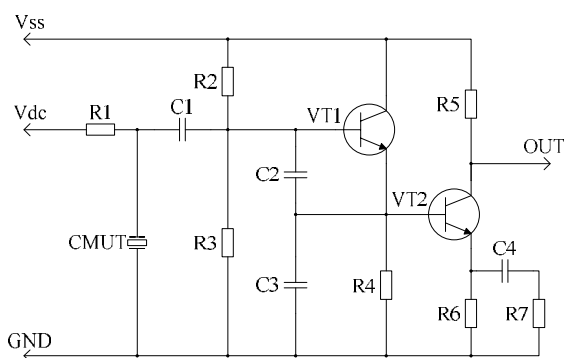
Keitiklių bandymams buvo pasirinkta 4 pav. pateikta autogeneratoriaus schema su vienu tranzistoriumi VT1, VT2 naudojamas signalo stiprinimui. Tokios schemos pasižymi mažu triukšmingumu ir reaguoja į mažus dažnio pokyčius. Autogeneratorius suderintas darbui su 9,21 MHz kvarciniu rezonatoriumi.

Toliau rezonatorius buvo bandytas su CMUT keitikliais. Keitiklių matmenys pateikiami 1 lentelėje. Tačiau suderinti autogeneratorių keitiklio dažniui dėl mažos CMUT rezonansinio kontūro kokybės nepavyko.

Tolimesniems eksperimentams buvo išbandyta autogeneratoriaus su dviem tranzistoriais VT1 ir VT2 schema (5 pav.). Ši schema pasižymi didesniu jautrumu ir labiau tinkama mažesnės kokybės rezonatoriams.

CMUT elemento geometriniai matmenys

Parametras	Žym.	Vertė
Membranos forma		keturkampė
Kraštinės ilgis	a_m	38 μm
Elemento matmenys		500×8000 μm
Membranų kiekis elemente		1600
Membranos storis	d_m	1,0 μm
Vakuuminis tarpelis	d_g	0,15 μm
Izoliacinis sluoksnis	d_i	0,35 μm
Elektrodo spindulys	a_e	$a_e = a_m$
Elektrodo storis	d_e	0,3 μm
Izoliacinio sluoksnio medž.	SiO ₂	$\varepsilon'_i = 3,7$
Elektrodo medžiaga	Au	$E = 75 \text{ GPa}$, $\rho = 1930 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 0,42$
Membranos medžiaga	Si	$E = 148 \text{ GPa}$, $\sigma = 0 \text{ GPa}$, $\rho = 2329 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 0,17729$

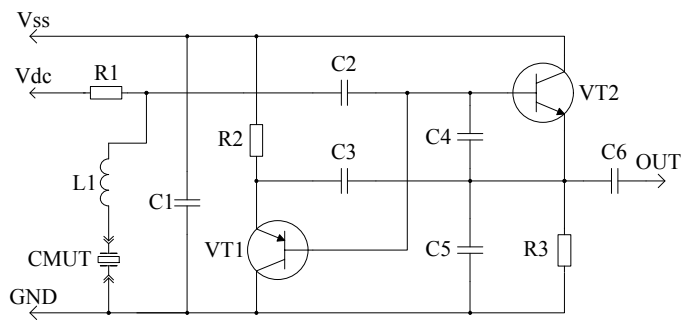


4 pav. Autogeneratorius su vienu tranzistoriumi principinė schema

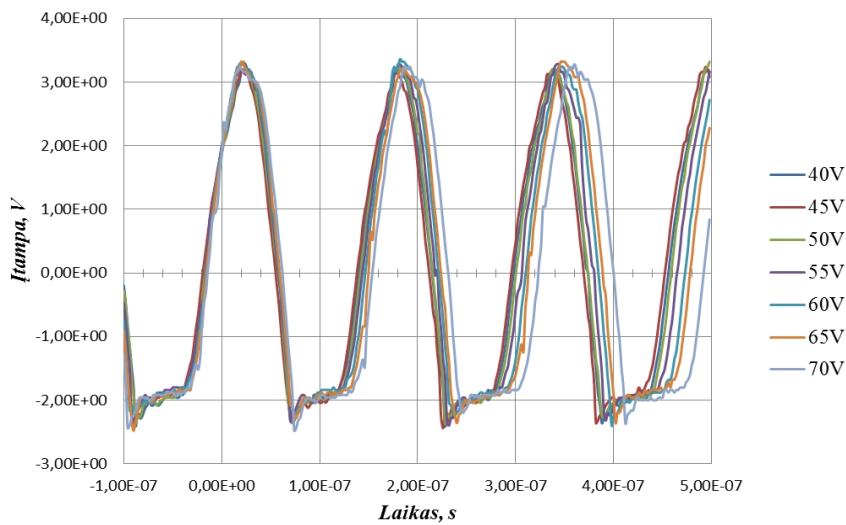
Kad suderinti autogeneratorių keitiklio rezonansiniam dažniui nuosekliai CMUT įjungtas induktyvumas. Eksperimento su autogeneratoriumi duomenys pateikti 6 pav.

Autogeneratorius pradeda generuoti, kai į keitiklį paduodamas priešįtampis viršija 36 ... 37 V ribą, o pasiekus 72 V įtampa, dingsta (įvyksta

kolapsas). Dėl to, matavimai buvo atliekami 40 ... 70 V ribose. Iš 6 pav. matyti, kad keitiklio virpesių periodo laikas didėja didinant įtampą.



5 pav. Autogeneratorius su dviem tranzistoriais principinė schema



6 pav. Autogeneratoriaus dažnio priklausomybė nuo CMUT priešįtampio

Esant 40 V įtampai, švytvimų periodas yra 159 ns arba 6,289 MHz. O prie 70 V įtampos, vienas periodo trukmė yra 170 ns arba 5,882 MHz. Dažnio pokytis esant mažiausiai ir didžiausiai naudotoms įtampoms 0,4 MHz.

5. Išvados

1. Atlikto tyrimo metu nustatyta, kad CMUT rezonansinio dažnio matavimams tinkamesni autogeneratoriai su dviem lygiagrečiai kintamai srovei sujungtais tranzistoriais. Autogeneratoriaus suderinimui nuosekliai keitikliui jungiamas induktyvumas.
2. Eksperimento metu pastebėta, kad keitiklio rezonansinis dažnis priklauso nuo priešįtamio dydžio, t.y. didėjant įtampai dažnis mažėja. Toks dažnio pokytis yra tipiškas CMUT keitikliams.
3. Keitiklio rezonansinio dažnio pokytis naudojant minimalią 40 V ir maksimalią 70 V įtampą yra 407 kHz.

Literatūra

1. **Jin X., Oralkan O., Degertekin F. L., Khuri-Yakub B. T.** Fabrication and characterization of surface micromachined ultrasonic immersion transducer, *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 2001 vol. 48, no. 3.
2. **Ergun A. S., Huang Y., Zhuang X., Oralkan O., Yarahoglu G. G., Khuri-Yakub B. T.** Capacitive micromachined ultrasonic transducers: fabrication technology. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, 2005, vol. 52, no. 12, p. 2242–2258.
3. **Lee H. J., Park K. K., Cristman P., Oralkan O., Kupnik M., Khuri-Yakub B. T.** The effect of parallelism of CMUT cells on phase noise for chem./bio sensor applications, *IEEE Ultrason. Symp.*, 2008, p. 1951–1954.
4. **Ramanavičienė A., Viržonis D., Vanagas G., Ramanavičius A.** Capacitive micromachined ultrasound transducer (CMUT) for immunosensor design, *Analyst*. ISSN 0003-2654. 2010, vol.135, p. 1531–1534.
5. **Leissa A. W.** *Vibration of Plates*, Washington D.C.: NASA, 1969. – 354 p.
6. **Vanagas G., Mikolajunas M., Grigaliunas V., Virzonis D.** Finite-element analysis of microelectromechanical membranes vibration, *Materials science (Medžiagotyra)*. ISSN 1392–1320. 2009, vol. 15, No. 4, p. 296–301.
7. **Lee H. J., Park K. K., Oralkan O., Kupnik M., Khuri-Yakub B. T.** CMUT as a Chemical Sensor for DMMP Detection, *Sensors and Actuators*. 2011, vol. 160 p. 1120-1127.



DETALIŲ PADĖTIES IDENTIFIKAVIMO SISTEMOS TYRIMAS

A. Mugulis, V. Sinkevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

Raktiniai žodžiai: spalvų išskyrimas, posūkio kampas, objektų paieška.

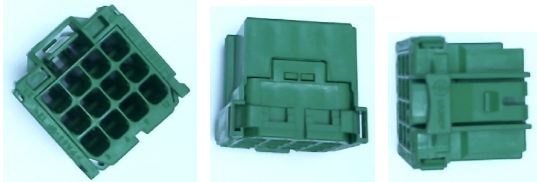
1. Įvadas

Vis daugiau įvairių sričių gamybinių įmonių, susiduria su viena pagrindine problema – našumu. Yra daug sričių, kur rankinis darbas jau pasiekė savo našumo ribas. Tai sąlygoja žmogiškieji faktoriai – žmogus negeba ilgą laiko tarpą dirbti be klaidų ir išlaikyti tą patį tikslumą ir judesių tempą. Didesniam našumui pasiekti yra naudojamos naujausios technologijos, metodai ir įranga. Nuovargis ir tikslumas įveikiamas panaudojant pramoninius robotus, kurie gali judėti žymiai greičiau nei žmogus (iki 15 m/s), judesio tikslumas prie maksimalių greičių siekia 10 mikrometrų. Be to, robotas užduotu greičiu ir tikslumu gali dirbti 24 valandas per parą, 365 dienas per metus. Tačiau pramoniniai robotai negali pakeisti žmogaus gebėjimo atpažinti objektų orientaciją ant konvejerio ir priimti sprendimą. Tai gali atlikti iš anksto apmokytos kompiuterinės regos sistemos. Atrodytų, kad jos gali išspręsti visas problemas. Jau dabar galima atpažinti žmones pagal jų veidus, aptikti ir nuskaityti judančių automobilių numerius ir kt. Tačiau tokios sistemos yra brangios ir dažniausiai apmokytos dirbti su vieno tipo objektu. Pirštų atspaudus analizuojanti ir atpažįstanti sistema negali atpažinti ne tik automobilio numerio, bet ir automobilio tipo. Kita kompiuterinės regos sistemų problema yra objektų apšviestumas. Pramoninės kompiuterinės regos sistemos dažniausiai turi nuo išorinių šviesos šaltinių izoliuotas kameras, kuriose patalpinti stabilizuoto stiprio šviesos šaltiniai, ir yra apmokytos atpažinti tose sąlygose. Tokios sistemos orientuotos į vieną objektą – saulės baterijos, sausainiai, dešrelės, tabletės ir kt. Visi objektai dažniausiai vienodai orientuoti – į viršų atsukta visą laiką ta pati plokštuma.

Tačiau kartais reikia atpažinti skirtingų nedidelių detalių partijų, 50-100 vienetų, orientaciją ant konvejerio. Šiuo atveju neįmanoma sukonstruoti universalios, tinkančios visoms detalėms, mechaninės orientacijos sistemos. Todėl būtina sukurti kompiuterinės regos sistemą, kuri gebėtų atpažinti detalės padėtį – posūkio kampą ir ant kurios savo plokštumos detalė guli.

2. Detalės išskyrimo vaizde metodas

Detalė guli baltame fone ir fotografuojama iš viršaus. Detalės vieta iš anksto nežinoma, todėl fotografuojamas plotas kelis kartus viršija detalės plotą. Detalė iš viršaus apšviesta ryškios šviesos diodų matricomis 16×32, kuri duoda beveik tolygų viso ploto apšvietimą. Kadangi video kameros objektyvas patalpintas apšvietimo matricų sankirtoje, tai apšvietime matoma mažesnio stiprio juosta (1 ir 2 pav.). Objekto nuotrauka spalvota – RGB formato. Vaizdo taškai laikomi $\mathbf{f3}$ M×N×3 masyve. Kiekvienas taškas sudarytas iš trijų spalvų: raudona, žalia ir mėlyna [1].

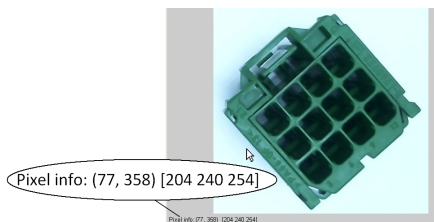


1 pav. Detalės, gulinčios ant skirtingų plokštumų, vaizdai

Gauto paveikslėlio fonas nėra idealiai baltas, o detalė gali būti bet kurioje vaizdo vietoje. Fonui eliminuoti ir surasti detalės vietą vaizde bus sukurti trys atskiri vaizdo masyvai $\mathbf{fr}$, $\mathbf{fg}$ ir $\mathbf{fb}$. Juose tiesiog perrašyta atitinkama spalva iš $\mathbf{f3}$ masyvo. Matlab programos kodas:

```
 $\mathbf{fr} = \mathbf{f3}(:, :, 1);$   
 $\mathbf{fg} = \mathbf{f3}(:, :, 2);$   
 $\mathbf{fb} = \mathbf{f3}(:, :, 3);$ 
```

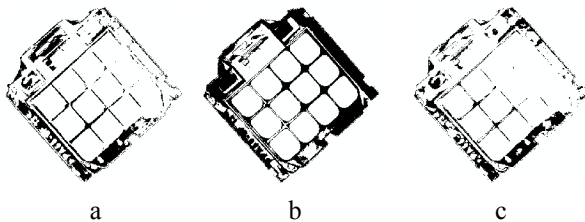
Kitas žingsnis skirtas paveikslėlio fonui eliminuoti. Apšvietimas nėra tolygus, tai būtina surasti pagrindo apšvietimo tamsiausios vietos RGB atskirų spalvų stiprius. Čia reiktų pažymėti, kad šalia detalės atsiranda šešėlis (2 pav.), kuris sukuria dar tamsesnę pagrindo apšvietimą. Tamsiausios vietos spalva nustatoma rankiniu būdu panaudojant **im~~pixel~~info** funkciją.



2 pav. Funkcijos **im~~pixel~~info** panaudojimas

Taip pat iš paveikslo reikės eliminuoti tas detalės vietas, kuriose yra angos ar kiaurymės. Jos yra žymiai tamsesnės už pačios detalės plokštumas. Detalės tamsių vietų RGB atskirų spalvų stiprius surandame panaudojant **impxelinfo** funkciją. Po šių dviejų žingsnių yra žinomi RGB spalvų stiprių diapazonai, atitinkantys detalės plokštumas, atsuktas į kamerą ir šviesos šaltinius. Kai jau yra nustatytos kiekvienos RGB spalvos minimalus ir maksimalus stipris, tada funkcija **roicolor** iš atitinkamos spalvos stiprių masyvų **fr**, **fg** ir **fb** yra suformuojamas juodai balto vaizdo masyvai **red**, **green** ir **blue** (3 pav.):

```
red = roicolor(fr,30,120);
green = roicolor(fg,80,180);
blue = roicolor(fb,70,160);
```

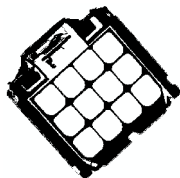


3 pav. Detalės elementai, išgauti iš kiekvienos spalvos, vaizdas invertuotas:
a – iš raudonos, b – iš žalios, c – iš mėlynos spalvos

Iš trijų **red**, **green** ir **blue** masyvų, pritaikius jiems ARBA funkciją, yra suformuojamas naujas **FMU** masyvas:

```
FMU = (red|green|blue);
```

Naujas **FMU** masyvas (4 pav.) panaudotas detalės posūkio kampo identifikavimui. Tas pats masyvas, panaudojus kitus parametrus, panaudotas visų detalės briaunų aptikimui. Eksperimentų metu pastebėta, kad RGB spalvų minimalių ir maksimalių stiprių skaitinės reikšmės labai įtakoja **FMU** masyve esančio paveikslo kokybę.



4 pav. Suformuoto naujo **FMU** masyvo atvaizdas

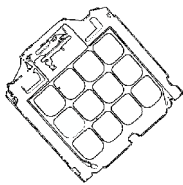
3. Objekto orientavimo programos algoritmas

Detalės juodai baltas vaizdas suformuotas masyve **FMU** ir kitas žingsnis yra detalės posūkio kampo, ortogonalų koordinačių ašių atžvilgiu, apskaičiavimas. Čia panaudotos dvi funkcijos [2 ... 5]. Pirmoji funkcija paveikslą masyve **FMU** aptinka briaunas ir suformuoja naują **BW** masyvą, kuriame bus tik briaunų vaizdas (5 pav.):

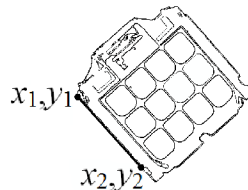
```
BW = edge(FMU, 'sobel') ;
```

Detalės posūkio kampas gali būti apskaičiuotas pagal šoninės briaunos linijos posvyrio kampą. Tam naudojamos **hough**, **houghpeaks** ir **houghlines** funkcijos. Paskutinioji funkcija suformuoja **lines** masyvą surastų atkarpų, nubrėžtų per briaunas, pradžios x_1, y_1 ir pabaigos taškų x_2, y_2 koordinatėms. Šoninės briaunos linija yra pati ilgiausia atkarpa (6 pav.), kurią galima surasti **BW** masyve. Detalės posūkio kampas apskaičiuojamas taip:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2}\right). \quad (1)$$



5 pav. Išskirtos objekto briaunos

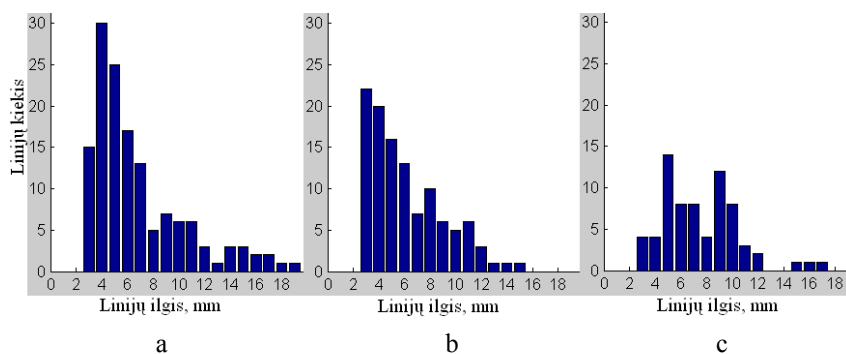


6 pav. Detalės pastatymo kampą apibrėžianti atkarpa

4. Objekto plokštumos atpažinimas

Kitas žingsnis, tai detalės viršutinės plokštumos atpažinimas. Vienas iš atpažinimo būdų – aptiktų atkarpų ilgių pasiskirstymo analizė. Kiekviena plokštuma sudaryta iš briaunų rinkinio, kurios gali būti atpažintos kaip atkarpos funkcijomis **hough**, **houghpeaks** ir **houghlines**. Kiekvienai plokštumai surastų atkarpų rinkinys unikalūs ir gali būti atvaizduotas histograma (7 pav.), kurioje dominuoja vieno ar kelių ilgių atkarpos.

Gautų histogramų palyginimas su iš anksto paruoštomis kiekvienos detalės plokštumos histogramomis leistų atpažinti detalės plokštumą, kuri yra viršuje. Žinojimas detalės pastatymo kampo ir plokštumos, kuri yra viršuje, leistų robotui paimti šią detalę ir teisingai padėti į užduotą poziciją.



7 pav. Linijų histograma

5. Išvados

1. Nustatyta, kad detalės posūkio kampą galima apskaičiuoti pagal ilgiausios atkarpos posvyrio kampą.
2. Nustatyta, kad kiekvienoje detalės plokštumoje yra unikalūs atpažintų atkarpų ilgių rinkinys.

Literatūra

1. **Gonzalez R. C., Woods R. E., Eddins S. L.** Digital Image Processing Using MATLAB. Gatesmark Publishing, 2009. – 827 p. ISBN-13: 978-0982085400.
2. A New Method of Edge Detection. Prieiga per internetą: < <http://www.prettyview.com/edge/> > [žiūrėta 2012-03-18].
3. Canny Edge Detection Tutorial. Prieiga per internetą: < http://www.pages.drexel.edu/~weg22/can_tut.htm > [žiūrėta 2012-05-15].
4. Sobel Edge Detector. Prieiga per internetą: < <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/sobel.htm> > [žiūrėta 2012-05-25].
5. **Gonzalez R. C., Woods R.** Digital Image Processing. – Addison-Wesley Pub Co., 1992. – 793 p.



FASADO ŠILTINIMO SISTEMOS

V. Danilevičius

Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

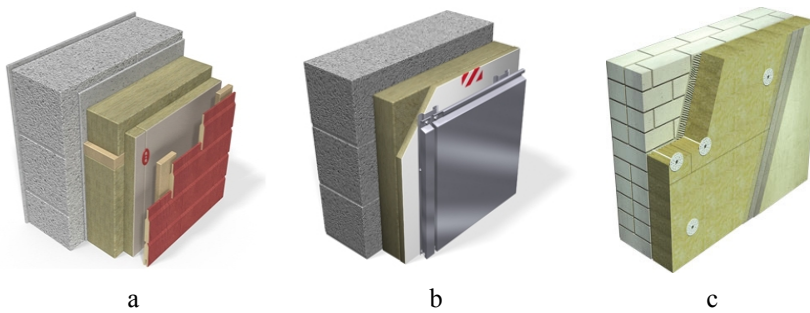
Raktiniai žodžiai: šiluminė varža, šilumos perdavimo koeficientas.

1. Įvadas

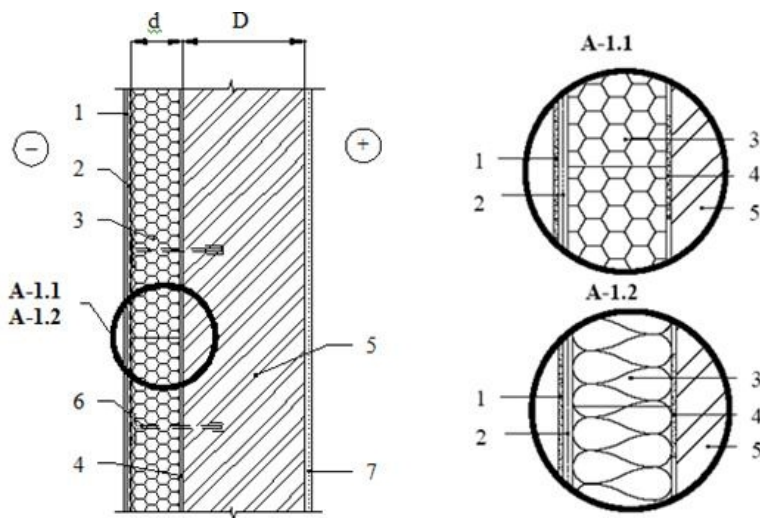
Senos statybos daugiabučiai namai kelia daug gerai žinomų problemų ir jų sprendimui iki šiol nerasta efektyvių, ir visos šalies mastu taikytinų, priemonių. Didelis šilumos suvartojimas tokių namų šildymui ir atitinkamai dideli gyventojų mokėjimai už šildymą, neretai bloga gyvenimo tokiuose namuose kokybė ir sunkiai sprendžiami organizaciniai namų tvarkymo klausimai kelia gyventojų nepasitenkinimą, sudaro nemažą krūvį jų biudžetams, palaiko šalies priklausomybę nuo importuojamo kuro. Tai nepalankiai veikia žmonių gerbūvį ir visos šalies ekonomiką. Viena iš pagrindinių priemonių problemos sprendimui ir energetiniam efektyvumui Lietuvoje didinti yra senos statybos daugiabučių modernizavimas, apimantis stogo šiltinimą ir renovavimą, fasado šiltinimą, modernios vėdinimo – kondicionavimo sistemos įrengimą, šiluminių punktų modernizavimą maksimaliai pritaikant galimam duomenų apdorojimui kiekvienam vartotojui atskirai, lauko durų ir langų keitimas.

2. Renovuojamų fasadų sistemų apžvalga

Plačiau apžvelgsime vieną iš plačiausiai Lietuvoje taikomų sistemų – fasado apšiltinimas. Fasado apšiltinimo sistema sudaroma iš kelių, statybiniu požiūriu tarpusavyje suderintų, sujungiamų komponentų, pradedant apšiltinimo plokštėmis ir baigiant baigiamąja danga. Prieš renovuojant senas sienas, pirmiausia reikia įvertinti ir patikrinti sienų konstrukcijų būklę, bei sienų paviršių. Tai padės užtikrinti teisingą fasadų šiltinimo sistemos parinkimą. Renkantis renovuojamų fasadų šiltinimo sistemą galimi keli sprendimo būdai (žr. 1 pav.) [1].



1 pav. Sienų renovacija: a – ventiliuojamas mūro blokų sienos su mediniu karkasu fasadas; b – ventiliuojamas mūro blokų sienos su metaliniu karkasu fasadas; c – tinkuojamas fasadas [1]



2 pav. Sistema su polistireninio putplasčio arba mineralinės vatos termoizoliacine medžiaga: 1 – baigiamasis paviršiaus apdailos sluoksnis; 2 – armuotasis sluoksnis; 3 – polistireninis putplastis (A-1.1 mazgas), mineralinė vata (A-1.2 mazgas); 4 – klijų sluoksnis; 5 – laikanti siena; 6 – smeigė; 7 – vidinės sienos paviršiaus apdaila [3]

Aukštos kokybės, specialiai fasado apšiltinimui sukurtos ir patikrintos šilumos termoizoliacinės plokštės iš putų polistirolu ar mineralinės vatos sudaro fasado apšiltinimo sistemos branduolį. Fasado termoizoliacinės plokštės gali būti dvejopos: polistirenas arba mineralinė vata. Abiejų medžiagų

šilumos laidumo koeficientų vertės yra labai panašios. Todėl energijos bus sutaupyta tiek pat, jeigu termoizoliacinių plokščių storis bus vienodas. Abu šiltinimo sprendimai turi savo privalumų. Abi sistemos tinka naudoti tiek naujiems, tiek modernizuojamiems statiniams. Tačiau tarp polistireno ir mineralinės vatos yra skirtumų, galinčių nulemti sistemos pasirinkimą. Pasirenkant šiltinimo medžiagą reikalinga vertinti medžiagos laikiną garų kondensaciją, vandens garo laidumo koeficientą, medžiagos poveikį aukštomis temperatūroms, naudojamos medžiagos svorį, garso izoliaciją, pastato eksploatacines savybes [2].

Skaičiuojant atitvarinės sienos šiluminę varžą R ir šilumos perdavimo koeficientą U , reikalinga įvertinti skirtingas laikančiosios sienos sudėtines medžiagas (betonas, silikatinis mūras, keramikinis mūras, rąstai), laikančiosios sienos storį, šiltinamojo sluoksnio storį ir šiltinimo sistemas (tinkuojamas, ventiliuojamas fasadai). Principinė konstrukcijos schema pavaizduota 2 pav. LR Aplinkos ministerijos patvirtintame statybos techniniame reglamente aiškiai nurodytos pastatų atitvarinių konstrukcijų šilumos laidumo reikšmės, pagal kurias parenkami šiltinimo medžiagos sluoksnių storiai, sukuriantys atitinkančią šiluminę varžą. Toliau apžvelgsime šią skaičiavimų metodiką.

3. Analitinė šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento nustatymo metodika

Atitvarų šiluminės varžos ir šilumos perdavimo koeficiento nustatymas aiškiai apibreziamas statybos techniniu reglamentu STR 2.01.09:2005 “Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas” 2 ir 3 priedai, aktuali redakcija nuo 2011-06-07 [4].

Atitvaros suminė šiluminė varža R_s ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$) apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q), \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}; \quad (3.1)$$

čia: R_g – nevėdinamo oro tarpo šiluminė varža [5] (jei nevėdinamo oro tarpo storis nežinomas, skaičiavimuose turi būti naudojama 10 mm oro tarpo šiluminė varža); R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža [5]; $R_1, R_2, \dots, R_n$ – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}}, \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}; \quad (3.2)$$

čia: d – sluoksnio storis, m; λ_{ds} – sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Atitvaros termoizoliacinių sluoksnių šiluminės varžos skaičiavimuose turi būti įvertinta:

- papildomi šilumos nutekėjimai per termoizoliacinius sluoksnius kertančias metalines jungtis;
- termoizoliacinio sluoksnio tvirtinimui panaudoto karkaso įtaka šio sluoksnio šiluminei varžai.

Atitvarų visuminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}, \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}; \quad (3.3)$$

čia: R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža [5]; R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža; R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža [5].

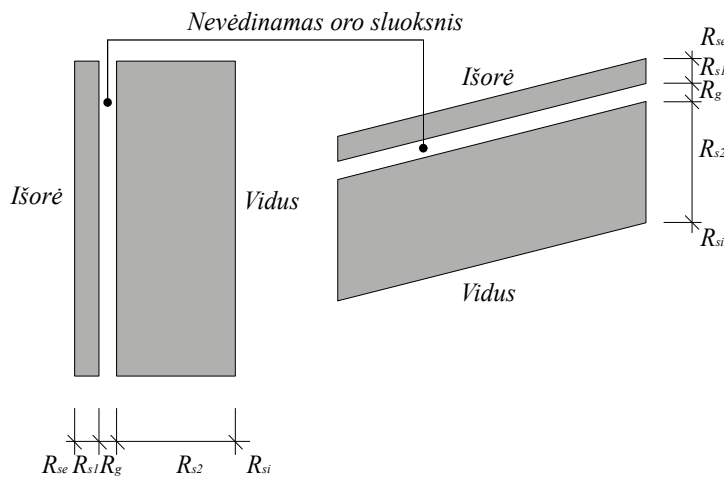
Atitvaros be oro sluoksnių šilumos perdavimo koeficientas U apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_t}, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; \quad (3.4)$$

čia: R_t – atitvaros visuminė šiluminė varža.

Atitvaros su nevėdinamu oro sluoksniu (3 pav.) šilumos perdavimo koeficientas U apskaičiuojamas:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_{s1} + R_g + R_{s2} + R_{se}}, \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}. \quad (3.5)$$



3 pav. Atitvaros su nevėdinamu oro sluoksniu schema [5]

4. Išvados

1. Pastatai uždengti ventiliuojamu fasadu vasara yra vėsesni, apšiltinimo medžiagos ištisus metus išlieka sausos ir išlaiko nepakitusias šilumos apsaugos savybes, fasado montavimo darbų neriboja metų laikai, lengvas, paprastas, švarus montavimas. Trūkumas – didelė kaina.
2. Tinkuojamų fasadų privalumu dažnai laikoma jų prieinama kaina, individualios spalvinės ar faktūrinės gamos pasirinkimas bei nesudėtingas montavimas. Be to, tinkuotųjų fasadų sistema leidžia statyti ganėtinai plonas sienas, nes šios netenka šilumos izoliatoriaus funkcijos – šilumai išsisklaidyti šiuo atveju trukdo apšiltinimo medžiaga. Dėl plonų sienų sumažėja išlaidos masyviems pamatams – vienam iš brangiausių pastato konstrukcinių elementų. Be to, vasaros metu dėl tiesioginių saulės spindulių ar įkaitusio oro tinkuoto fasado sistema neleidžia įkaisti apsauginėms konstrukcijoms, o tai reiškia, jog mažiau įkaista vidinės patalpos. Taip pat pagerėja sienų garso izoliacijos savybės. Trūkumas – darbų sezoniškumas.

Literatūra

1. Paroc. Prieiga per internetą: < <http://www.paroc.lt/gaminiai-ir-sprendimai/sprendimai/sienos> > [žiūrėta 2012-12-06].
2. Caparol šiltinimo sistemos. Prieiga per internetą: < http://www.caparol.lt/produkti.html?cprl_catalogue_ccid=4 > [žiūrėta 2012-11-23].
3. Statybos taisyklės ST 121895674.205.20.01:2012 "Fasadų įrengimo darbai. Išorinių tinkuojamų sudėtinių termoizoliacinių sistemų įrengimas" rengė: Lietuvos statybininkų asociacija 2012-04-06.
4. Statybos techninis reglamentas STR 2.01.09:2005 "Pastatų energetinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas" aktuali redakcija nuo 2011-06-07.
5. Statybos techninis reglamentas STR 2.01.09:2005 "Pastatų energetinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas" 2 priedas. Aktuali redakcija nuo 2011-06-07.

AUTORIŲ INDEKSAS

A

Augustinas V..... 76

B

Baltramiejūnas D..... 243

Bareišis J. 8, 76, 110

Bazaras Ž. 35, 57, 63, 69, 87, 106,
199

Budginienė D. 57

Č

Čereška I. 183

Česnulevičius A. 29, 205

Čiūras K. 123

D

Danilevičius V..... 259

G

Garuckas A..... 110

Garuckas D..... 22, 243

Gasiūnas A. 236

Gaurilka M. 149

Gedrimas S. 69

I

Ivaška M..... 211

J

Jukna T..... 178, 223

K

Kadūnaitė S..... 188

Kazlauskis A. 81

L

Laurinavičius R..... 29

Lukoševičius A. 157

M

Maskevičius R..... 63

Mikolajūnas M. 40, 170

Misiūnas A. 193

Mugulis A. 254

N

Narbutas T..... 40, 46

Norvilaitė L..... 13

P

Padriežas M..... 217

Papreckis L. 143

Pelenytė-Vyšniauskienė L..... 164

Petrauskas T..... 97

R

Remeika K. 35
 Rumčikas D. 18

S

Sasnauskas M. 170
 Sinkevičius V. 128, 137, 143, 149,
 157, 236, 254
 Sližauskas E. 223
 Sriubas J. 205

Š

Šeibokienė J. 229
 Šilinskas T. 164
 Šimoliūnas I. 8

T

Tautkus A. ... 51, 81, 115, 123, 188,
 229
 Tratulytė D. 22
 Trybytė V. 199
 Tuominis M. 115

U

Užusenis N. 92

V

Vaičiulis D. 13, 18, 193
 Valentinavičius E. 247
 Valentinavičius K. 137
 Valickas J. 97, 217
 Valiukas E. 87
 Vasiliūnas E. 128
 Verbiejus M. 51
 Viltrakis R. 106
 Viržonis D. 92

Ž

Žymantas A. 178

SL 344. 2012-12-20. 16,75 leidyb. apsk. l. Tiražas 10 egz.

Kaina sutartinė. Užsakymas 1163.

Išleido leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas

Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas