



# **TECHNOLOGIJOS MOKSLAI ŠIANDIEN IR RYTOJ – 2010**

STUDENTŲ MOKSLINIŲ DARBŲ KONFERENCIJOS  
PRANEŠIMŲ MEDŽIAGA

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETO

Panevėžio instituto technologijų fakultetas

# **TECHNOLOGIJOS MOKSLAI ŠIANDIEN IR RYTOJ – 2010**

Studentų mokslinių darbų konferencijos

PRANEŠIMŲ MEDŽIAGA

Kauno technologijos universitetas, Lietuva  
2010 gruodžio 10 d.



Konferenciją organizuoja Kauno technologijos universiteto Panevėžio instituto technologijų fakultetas.

#### ORGANIZACINIS KOMITETAS

|                              |                                                                                                                               |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pirmininkas</b>           | prof. habil. dr. Algis Bražėnas                                                                                               |
| <b>Mokslinis sekretorius</b> | doc. dr. Dainius Vaičiulis                                                                                                    |
| <b>Nariai:</b>               | prof. habil. dr. Jonas Bareišis<br>doc. dr. Aurimas Česnulevičius<br>prof. dr. Vytenis Sinkevičius<br>doc. dr. Jonas Valickas |

# TURINYS

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ižanga.....                                                                                                                                                   | 6  |
| <b>I. Morkvėnaitė-Vilkončienė, D. Viržonis</b><br>Skenuojančiojo zondo mikroskopo liestuko-jutiklio sistemos<br>dinaminės sąveikos su paviršiumi tyrimas..... | 7  |
| <b>A. Bražėnas, D. Zakarauskas</b><br>Frezavimo režimų nustatymas užsienio firmų frezoms su DKP .....                                                         | 12 |
| <b>A. Česnulevičius, R. Mandryka</b><br>Mechaninių komponentų įtakojančių gamybos kaštus tyrimas .....                                                        | 18 |
| <b>Ž. Bazaras, M. Zaborskis</b><br>Geležinkelio vagonų rato ir bėgio kontakto zonos tyrimas stabdant .....                                                    | 23 |
| <b>M. Daščioras, A. Tautkus</b><br>Įvairių variklių kuro sąnaudų tyrimas.....                                                                                 | 32 |
| <b>T. Kličius, S. Klimanskis</b><br>Molio siena: lietuvis senasis tradicinis statybos būdas .....                                                             | 38 |
| <b>A. Blagoderov, V. Sinkevičius</b><br>Vairuotojų būsenos atpažinimo sistemos infraraudonųjų spindulių<br>diapazone tyrimas .....                            | 47 |
| <b>A. Ivašauskas, I. Morkvėnaitė-Vilkončienė, D. Viržonis</b><br>Skenuojančiojo zondo mikroskopo elektromechaninės sistemos<br>dinaminių savybių tyrimas..... | 52 |
| <b>O. Fiodorova, V. Sinkevičius</b><br>Gestų, naudojamų objektams valdyti, atpažinimo tyrimas .....                                                           | 58 |
| <b>V. Strikulis, L. Urbanavičiūtė</b><br>Termijoninio keitiklio elektronų srautų, valdomų magnetiniu lauku,<br>modeliavimas.....                              | 64 |
| <b>M. Balčėtis, V. Sinkevičius</b><br>Eksperimentinio mobilaus roboto judesio dinaminių charakteristikų<br>tyrimas.....                                       | 69 |



|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>R. Bagavičius, V. Sinkevičius</b><br>Paslaugų roboto galimybių lipti laiptais tyrimas.....                                                     | 75  |
| <b>I. Girštautaitė, L. Urbanavičiūtė</b><br>Valdomo termijoninio keitiklio parametrų tyrimas.....                                                 | 81  |
| <b>V. Sinkevičius, V. Virbalas</b><br>Taisyklingų geometrinių objektų atpažinimo valdyme tyrimas .....                                            | 86  |
| <b>S. Činikas, A. Tautkus</b><br>Statybos mašinų techninės būklės įvertinimas .....                                                               | 92  |
| <b>A. Kondratas, R. Laurinavičius</b><br>Virtualaus modelio sudarymas konfigūracijų metodu .....                                                  | 98  |
| <b>D. Garuckas, J. Minevičienė</b><br>Sukamo apvalaus sluoksniuoto strypo optimizavimo uždavinio<br>formulavimas .....                            | 101 |
| <b>A. Bražėnas, L. Kadžys</b><br>Analitinis ir bem vienalyčio cilindro įtempių skaičiavimas esant<br>tampriam deformavimui .....                  | 107 |
| <b>M. Piskarskas, A. Tautkus</b><br>Automobilių keliamo triukšmo priklausomybė nuo variklio darbo<br>režimų .....                                 | 112 |
| <b>D. Garuckas, I. Velmunskaitytė</b><br>Tempiamo (gniuždomo) sluoksniuoto strypo optimizacijos<br>uždavinio formulavimas .....                   | 118 |
| <b>Ž. Bazaras, Ž. Jakštas</b><br>Automobilio vertikalios virpesių tyrimas.....                                                                    | 123 |
| <b>D. Budginienė, L. Pelenytė-Vyšniauskienė</b><br>Maršruto Klaipėda (Lietuva) – Veghelis (Olandija) įvykdymo<br>optimalaus varianto tyrimas..... | 128 |
| <b>A. Bartulis, T. Narbutas, J. Valickas</b><br>Vertikalios ašies vėjo jėgainė.....                                                               | 134 |
| <b>L. Maikštėnienė, A. Tautkus</b><br>Automobilio sustojimo kelio tyrimas.....                                                                    | 141 |

|                                                                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Ž. Bazaras, P. Petkevičius</b><br>Vandens laivybos Nemunu infrastruktūros tyrimas .....                                                                                                        | 147 |
| <b>A. Bražėnas, A. Preidys</b><br>Juostinių pjūklų trūkimo priežasčių tyrimas .....                                                                                                               | 153 |
| <b>Ž. Bazaras, G. Suslovičius</b><br>Daugiaaukštės automobilių aikštelės infrastruktūros tyrimas .....                                                                                            | 158 |
| <b>V. Kleiza, J. Tilindis</b><br>Sijos standumo lenkimui nustatymo metodas naudojant ribotus<br>įlinkio matavimus.....                                                                            | 165 |
| <b>V. Ramaškaitė, A. Tautkus</b><br>Automobilio greičio įtaka saugiam eismui. greičio kontrolė .....                                                                                              | 175 |
| <b>Ž. Bazaras, D. Petrulaitis</b><br>Automobilio virpesių ir jų poveikio važiavimo komfortui tyrimas.....                                                                                         | 181 |
| <b>J. Kaupienė, M. Navardauskaitė, T. Pakėnaitė</b><br>Drėgmės judėjimas betoninėse grindų ant grunto konstrukcijose .....                                                                        | 187 |
| <b>E. Boguška, J. Valickas</b><br>Rezistyvinių plėvelių gamybos vakuume valdymo galimybių<br>tyrimas.....                                                                                         | 192 |
| <b>A. Dėmenienė, R. Dėmenis, D. Striukienė</b><br>Lengvųjų automobilių istorinė apžvalga.....                                                                                                     | 199 |
| <b>K. Kavaliauskas, D. Vaičiulis</b><br>Tempiamų mechanškai nevienalyčių sandūrinių suvirintųjų<br>sujungimų su minkšta V formos siūle ekvivalentinės plokščiosios<br>siūlės matmenų tyrimas..... | 207 |
| <b>A. Bedalis</b><br>Sutvirtintos medinės sijos standumo tyrimas.....                                                                                                                             | 212 |
| <br>Autorių indeksas .....                                                                                                                                                                        | 216 |

## IŽANGA

2010 m. gruodžio 10 d. KTU Panevėžio instituto Technologijų fakultete vyko studentų mokslo darbų (SMD) konferencija „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2010“.

Konferencijos tikslai:

- propaguoti ir skatinti studentų mokslinę veiklą;
- išmokyti studentus ruošti mokslinius straipsnius bei formuluoti išvadas;
- supažindinti studentus su atliekamų mokslinių tyrimų rezultatais;
- skelbti studentų tiriamųjų darbų rezultatus specialiame konferencijos leidinyje.

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

Tikimės, kad studentų mokslo konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2010“ pranešimų medžiaga Jums bus įdomi ir naudinga.

prof. habil. dr. Algis Bražėnas  
doc. dr. Dainius Vaičiulis

# SKENUOJANČIO ZONDO MIKROSKOPO LIESTUKO-JUTIKLIO SISTEMOS DINAMINĖS SĄVEIKOS SU PAVIRŠIUMI TYRIMAS

**I. Morkvėnaitė-Vilkončienė, D. Viržonis**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** atominių jėgų mikroskopas, liestukas, gembė.

## 1. Įvadas

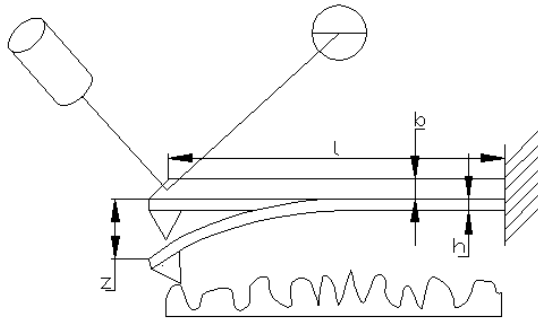
Visų skenuojančių mikroskopų veikimo principas – paviršiaus skenavimas plonu zondų, kuris tam tikru būdu (priklausomai nuo mikroskopo tipo) sąveikauja su paviršiumi. Yra trys pagrindinės skenuojančių mikroskopų rūšys: tuneliniai (STM), optiniai artimojo lauko ir atominės jėgos mikroskopai (AJM). Patys universaliausi iš skenuojančių mikroskopų – jėgos mikroskopai. Atominės jėgos mikroskopu galima išmatuoti beveik bet kokio tipo paviršių, įskaitant polimerus, keramiką, kompozitus, stiklą ir biologinius mėginius. Galima ne vien gauti paviršiaus vaizdą, bet ir išmatuoti paviršiaus ar pavienės ląstelės mechanines savybes [1]. Be to, AJM galima gauti vaizdus, kurių neįmanoma pamatyti matuojant STM [2].

**Darbo tikslas:** tiriant skenuojančio zondo mikroskopo elektromechaninės sistemos savybes, išsiaiškinti su tomis savybėmis susijusių vaizdo artefaktų atsiradimo priežastis.

## 2. Atominių jėgų mikroskopo veikimo principas

Paviršius yra skenuojamas liestukais (zondais) – specialiais jutikliais (1 pav). Tai yra ant lanksčios gembės (cantilever) pritvirtinti aštrūs smaigaliai, gaminami iš silicio plokštelių fotolitografijos ir ęsdinimo metodais. Gembę gaminama iš plonų sluoksnių legiruoto silicio:  $\text{SiO}_2$  arba  $\text{Si}_3\text{N}_4$  [3]. Vienas gembės galas pritvirtintas prie pagrindo, pagaminto iš silicio. Kitame gale yra liestukas – aštri adata. Jos darbinio smaigalio skersmuo – nuo 1 iki 50 nm, priklausomai nuo liestuko tipo ir jo pagaminimo technologijos. Viršūnės smailėjimo kampas – nuo 10 iki 20° [3].

Paviršiaus skenavimo metu liestukas arba kontaktuoja su paviršiumi arba yra *Van der Waalso* jėgų veikimo srityje, o grįžtamojo ryšio mechanizmas palaiko vienodą sąveikos jėgą tarp liestuko ir paviršiaus [4].



1 pav. Jutiklio schema

Kadangi AJM veikimas grindžiamas atominių jėgų sąveika, svarbu žinoti šios jėgos dydį. Liestuko ir paviršiaus tarpusavio sąveikos jėgą atsveria gembės tamprumo jėga ir kitos paviršiaus kryptimi veikiančios jėgos, kurios paprastumo dėlei paneigiamos.

Ryšys tarp gembinės sijos įlinkio ir skersinės koncentruotos jėgos [3]:

$$F_t = k z ; \quad (1)$$

čia:  $k$  – gembinės sijos standumas lenkiant (toliau tamprumo koeficientas);  
 $z$  – sijos įlinkis.

Tamprumo koeficientas:

$$k = \frac{3 E J}{l^3} ;$$

čia:  $E$  – sijos medžiagos Jungo modulis;  $l$  – gembės ilgis;  $J = bh^3/12$  – gembinės sijos skerspjūvio inercijos momentas;  $b$  ir  $h$  – skerspjūvio plotis ir aukštis (1 pav.). Tamprumo koeficientas  $k$  gali būti nuo  $10^{-3}$  iki  $10$  N/m, priklausomai nuo sijos medžiagos ir geometrijos [3].

Sąveikos jėga yra proporcinga gembės atsilenkimui, todėl, registruojant atsilenkimo dydį, galima gauti paviršiaus atvaizdą. Tam dažniausiai naudojami optiniai metodai. Lazero spindulys, atspindėjęs nuo gembės, patenka į dvi ar keturias dalis padalintą šviesos diodą ir registruojamas skirtuminis signalas tarp šviesos diodo dalių [4] (1 pav.).

Gembei dirbant dinaminio (tapping) režimu, yra svarbios jos rezonansinės savybės.

Gembinės sijos rezonansinis dažnis [3]:

$$\omega = \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{3 E J}{\rho S}} ; \quad (2)$$

čia:  $\rho$  – sijos medžiagos tankis;  $S$  – sijos skerspjūvio plotas.

Kaip matome iš (2), gembės rezonansinis dažnis nusakomas jos geometriniais matmenimis ir medžiagos savybėmis. Įprastai šis dažnis siekia nuo 10 iki 1000 kHz [4].

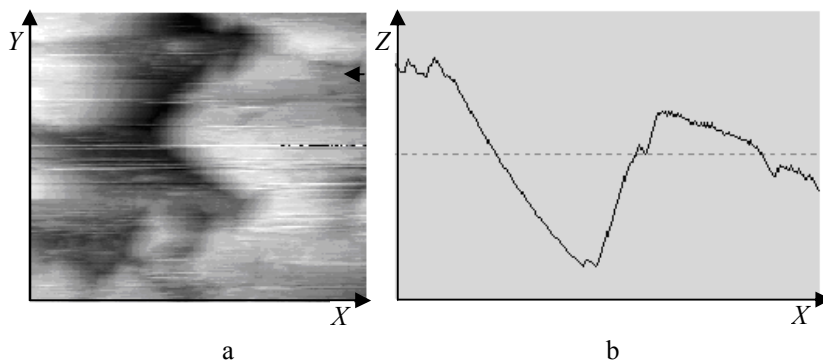
### 3. AJM darbo režimai

Yra keletas atominės jėgos mikroskopo darbo režimų: statinis (kontaktinis) ir dinaminis (nekontaktinis). Mikroskopui veikiant kontaktiniu režimu, liestukas skenuoja paviršių priartintas mažesniu, nei 1 Å atstumu. Šiuo režimu gaunama didžiausia iš visų jėgos mikroskopų skiriamoji geba, bet jo taikymą riboja keletas trūkumų. Sąveikos jėgos tarp liestuko ir bandinio vertikaliąją kryptimi gana didelės (iki keleto nN), be to, liestukui slenkant paviršiumi, dėl adhezijos atsiranda gana didelės horizontaliosios jėgos, todėl galima pažeisti minkštus bandinius [4].

Mikroskopui veikiant nekontaktiniu režimu, liestukas yra gana toli nuo bandinio paviršiaus (10 – 25 nm atstumu). Tokiu atstumu esantis liestukas su bandiniu sąveikauja Van der Waalso jėgomis (3 pav.), taigi šiuo atveju vyrauja silpna (apie 100 – 200 pN) traukos jėga. Mikroskopo tikslumas padidėja, jei liestukas virpinamas 3 – 5 nm amplitude. Dirbant šiuo režimu beveik neįmanoma pažeisti bandinio, horizontaliųjų adhezijos jėgų taip pat beveik nėra, bet skiriamoji mikroskopo geba yra maža (apie 10 – 20 nm) ir daugeliu atvejų nepakankama [4].

### 4. Vaizdo artefaktų atsiradimo priežastys

Triukšmai gali būti dėl mechaninės vibracijos; infraraudonųjų spindulių; elektrinių triukšmų. Dėl vibracijos atsirandantis triukšmas yra tokio dažnio, kaip mašinos sukimosi dažnis [5]. Jis negali būti tinklo dažnio kartotinis ir gali



2 pav. Vaizdo artefaktai, gauti matuojant dinaminiu režimu: a – topografinis vaizdas (rodyklė rodo skerspjūvį, iš kurio nubraižytas linijinis grafikas); b – linijinis grafikas

kisti laike. Elektriniai triukšmai gali atsirasti dėl elektroninių prietaisų, arba dėl elektrostatinių jėgų tarp zondo ir pavyzdžio. Infraraudonųjų spindulių šaltiniai gali įtakoti atsilenkimo nustatymo sistemą. Ši problema yra ypatingai aktuali matuojant statiniu režimu. Kai visi triukšmai pašalinti, matavimo kokybė iš esmės priklauso nuo gembės smaigalio kokybės.

Pakeisti liestuką nauju reikia, jei: paveikslėlis „color map“ grafike turi nesusiejamų linijų (2 pav.); jei paveikslas yra neryškus. Jei visos viršūnės grafike yra tos pačios trikampio formos, smaigalys yra nebeaštrus ir privalo būti pakeistas. Išmatuota struktūra vadinama smaigalio artefaktu [5]. Kai skenuojama linija staiga pradeda blogėti, smaigalys gali būti paveiktas prie jo prilipusių dalelių [5].

#### 4. Elektromechaninės sistemos modeliavimas

AJM elektromechaninė sistema, turinti įtakos vaizdo kokybei – tai jutiklis (1 pav.), veikiamas šių jėgų: gembės tamprumo jėgos, trinties jėgos, inercijos jėgos ir jėgos iš paviršiaus pusės, kuri atsiranda liestukui priartėjus prie bandinio darbinio atstumu.

Gembę veikia tokia jėgų sistema:

$$F(t) = F_{\text{tamprumo}} + F_{\text{trinties}} + F_{\text{inercijos}}; \quad (3)$$

čia:  $F_{\text{tamprumo}} = F_t$ ;  $F_{\text{trinties}} = b \frac{dy}{dt}$ ;  $F_{\text{inercijos}} = m \frac{d^2y}{dt^2}$ ;  $b$  – klampiosios trinties koeficientas,  $m$  – gembės masė.

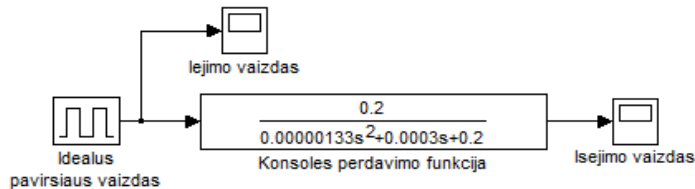
Iš (1) ir (3) gauname išraišką:

$$ky + b \frac{dy}{dt} + m \frac{d^2y}{dt^2} = kx. \quad (4)$$

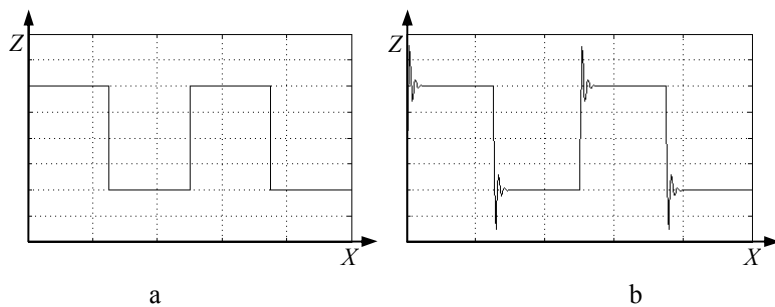
Perdavimo funkcija pagal (4):

$$\frac{Y}{X} = \frac{k}{ms^2 + bs + k} = \frac{0.2}{0.00000133s^2 + 0.0003s + 0.2}. \quad (5)$$

Sudaromas modelis Matlab Simulink terpėje (3 pav.). Įėjime užduoti parametrai: paviršiaus aukštis – 200 nm, struktūros plotis – 0,25 nm,



3 pav. Gembę veikiančių jėgų sistemos modelis Simulink terpėje



4 pav. Modelio Simulink terpėje įėjimo ir išėjimo grafikai

paveikslėlio dydis – 1  $\mu\text{m}$ . Gauname vieną iš galimų triukšmų AJM elektromechaninėje sistemoje (4 pav., b).

Modelį dar reikia tobulinti, kad jis būtų adekvatus realiai sistemai. Tuomet būtų galima ieškoti būdų, kaip pašalinti AJM elektromechaninės sistemos trūkumus ir tobulinti matuojamo vaizdo kokybę.

### Išvados

1. AJM galima gauti vaizdus ir išmatuoti kitas medžiagos savybes, kurių negalima gauti jokių kitų mikroskopu.
2. Statiniu režimu veikiančio mikroskopo skiriamoji geba yra didesnė, tačiau yra atvejų, kai reikia naudoti dinaminį režimą, o tuomet atsiranda vaizdo artefaktai.
3. Sudarytas vaizdo kokybės modelis leidžia įsitikinti, kad vaizdo artefaktai gali atsirasti ne tik dėl [5] nurodytų priežasčių. Modelis bus tobulinamas, siekiant sudaryti tokį modelį, kuris būtų adekvatus realiai sistemai.

### Literatūra

1. **Virginia Vadillo-Rodriguez, Terry J. Beveridge, John R. Dutcher.** Surface Viscoelasticity of Individual Gram-Negative Bacterial Cells Measured Using Atomic Force Microscopy. JOURNAL OF BACTERIOLOGY, June 2008, p. 4225–4232. Vol. 190, No. 12.
2. **Stefan Hembacher, Franz J. Giessibl, Jochen Mannhart, Calvin F. Quate. Edited by Jan D. Achenbach.** Revealing the hidden atom in graphite by low-temperature atomic force microscopy. Northwestern University, Evanston, IL, and approved August 19, 2003.
3. **В. Л. Миронов.** Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Москва: Техносфера, 2004. – 143 p.
4. **Augulis R.** Skenuojančio zondo mikroskopai. Prieiga per internetą: <http://www.biofotonika.ff.vu.lt/biophotonics/activities/nanotechnologija/szm.htm> [žiūrėta 2009-11-20].
5. EasyScan 2 AFM Operating Instructions.



# FREZAVIMO REŽIMŲ NUSTATYMAS UŽSIENIO FIRMŲ FREZOMS SU DKP

**A. Bražėnas, D. Zakarauskas**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio Institutas*

**Raktiniai žodžiai:** frezos su DKP, pjovimo režimai, užsienio firmų kietlydiniai.

## 1. Įvadas

Užsienio kataloguose kietlydinio plokštelėm duoti pjovimo režimai, kai patvarumo periodas lygus 15 min [1]. Tas gal ir tenkina įmones, gaminančias įrankius, bet netenkina vartotojų. Jokių kitokių koeficientų apdirbant kitais režimais negu nurodytais lentelėse nepateikta, t.y. laipsnio rodiklio  $m$ ,  $x_v$  ir  $y_v$  atitinkamai priklausančių nuo parinkto pjovimo gylio ir pastūmos nėra. Tai apsunkina racionalaus patvarumo periodo  $T$  ir pjovimo greičio  $v$  nustatymą. Todėl darbo uždavinys yra nustatyti leistiną greitį, atsižvelgiant į minėtus faktorius. Leistas pjovimo greitis [1]:

$$v_{sk} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^v} K_v; \quad (1)$$

čia:  $t$  – pjovimo gylis;  $s$  – pastūma;  $C_v$ ,  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $u$  ir  $v$  – koeficientas ir pastovūs laipsnio rodikliai, priklausančys nuo apdirbamos ir įrankinės medžiagos savybių ir apdirbimo sąlygų;  $D$  – frezos skersmuo;  $T$  – įrankio patvarumas;  $m$  – santykinio patvarumo rodiklis;  $B$  – frezavimo plotis;  $z$  – frezos dantų skaičius;  $K_v$  – pataisos koeficientas, priklausančis nuo apdirbamos medžiagos, pjovimo kampų  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $\phi'$ , peilio suapvalinimo spindulio  $r$  ir kitų pjovimo parametrų [2].

## 2. Pjovimo greičio $v_{sk}$ nustatymas priklausomai nuo jų patvarumo periodo $T$ ir apdirbamos medžiagos kietumo HB

Tekinimui su DKP dengtomis dilimui atspariomis dangomis gauta koeficiento  $m$  reikšmė  $m = 0.257$  [1]. Šio koeficiento reikšmę naudoju taip pat ir frezavime, kad būtų galima apskaičiuoti leistiną pjovimo greitį priklausomai nuo patvarumo periodo (žr. 1 lent.).

Iš (1) formulės matyti, kad esant pasirinktoms pjovimo sąlygoms, kai  $K_v = 1$  ir  $T = 15$  min,  $t = t_l$  ir  $s = s_l$  koeficientas  $C_v = v_l(t_l, s_l)$  yra pjovimo

gylis, pastūmos ir pjovimo greičio reikšmės pasirinktoms daugiabriaunėms keičiamoms plokštelėms (DKP) rekomenduotinam kietlydiniui, nustatytos iš lentelių [1].

Rekomenduotinas greitis  $v_c$  pasirinktai plokštei pateikiamas pagal apdirbamos medžiagos kodą, pjovimo gylį  $a_p(t)$  mm, pastūmą  $f_n(s)$  mm/aps, įvertinus apdirbamos medžiagos koeficientą  $K_{Mv}$  ir patvarumo periodo koeficientą  $K_{Tv}$  pjovimo greitis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v_{sk1} = v_{lmax} K_{Tv} K_{Mv}, \quad (2)$$

čia  $v_{lmax}$  – parenkamas iš lentelės pagal kietlydinio markę, plokštelės tipą ir geometriją, esant  $t_{lmin}$  ( $a_{pmin}$ ) ir  $s_{lmin}$  ( $f_{nmin}$ ). Didžiausias greitis  $v_{lmax}$  priklauso ir nuo apdirbimo sąlygų (lengvos, vidutinės ir sunkios).

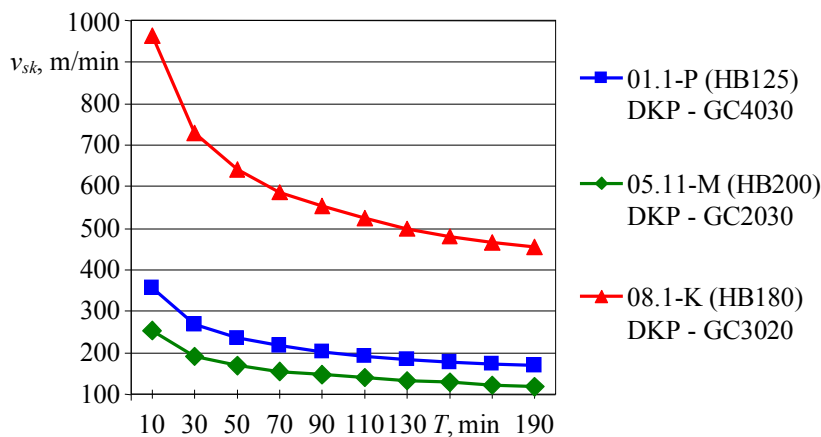
Skaiciavimai atlikti imant vidutines apdirbimo sąlygas. Gauti rezultatai vaizduojami 1 lentelėje.

Pagal lentelės duomenis gauname grafikus, parodytus 1 pav.

1 lentelė

Pjovimo greičio  $v_{sk1}$  priklausomybė nuo patvarumo periodo  $T$  [3]

|                                              |                            |           |                                                                        |      |      |      |      |
|----------------------------------------------|----------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| Patvarumo periodas $T$ , min →               |                            |           | 15                                                                     | 70   | 110  | 150  | 190  |
| Pataisos koeficientas $K_{T_v}=(15 / T)^m$ → |                            |           | 1,0                                                                    | 0,67 | 0,60 | 0,55 | 0,52 |
| Apdirbama medžiaga                           | $v_{l \max }^I$ ,<br>m/min | $K_{M_v}$ | ↓ Pjovimo greitis $v_{sk \ 1}=v_{l \max }^I K_{T_v} K_{M_v}$ , m/min ↓ |      |      |      |      |
| P (plienai)                                  | 385                        | 0,84      | 356                                                                    | 217  | 193  | 178  | 168  |
| M (legiruoti plienai)                        | 255                        | 0,91      | 255                                                                    | 155  | 139  | 128  | 120  |
| K (ketus)                                    | 725                        | 1,21      | 965                                                                    | 588  | 526  | 482  | 456  |

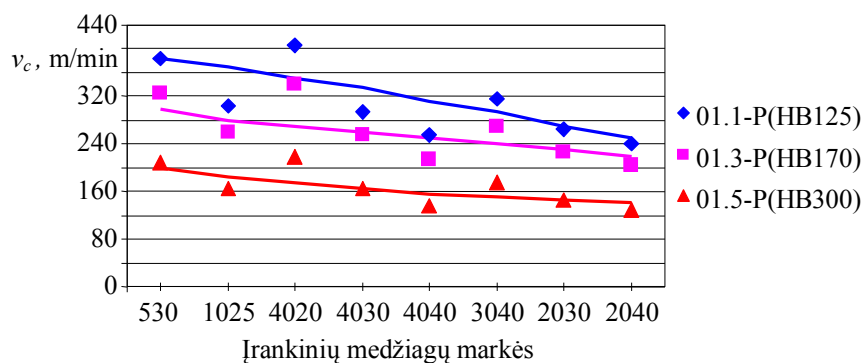


1 pav. Pjovimo greičio  $v_{sk}$  priklausomybė nuo patvarumo periodo  $T$ , kai pjaunama kietlydinio medžiagos DKP su atsparia dilimui danga [3]

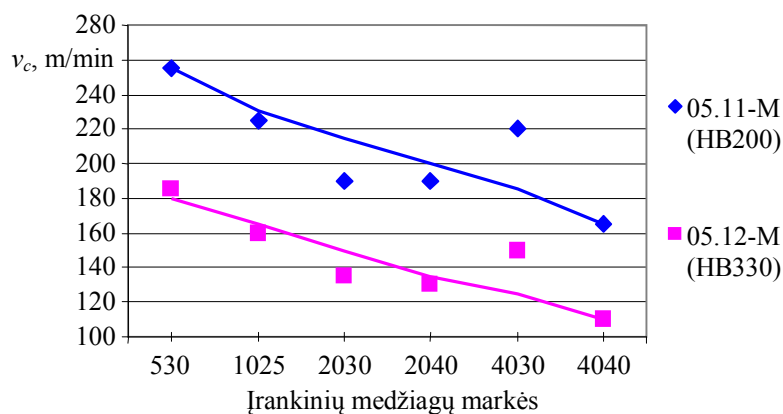
### 3. Rekomenduotinos įrankinės medžiagos ir pjovimo greitis, kai apdirbamos metalų grupės P, M ir K

Tyrimo metu buvo analizuojamos apdirbamos medžiagos – konstrukciniai plienai, legiruoti plienai ir ketus, o peilio pjaunančios medžiagos šiems apdirbamiems plienams buvo paimti pagal rekomendacijas.

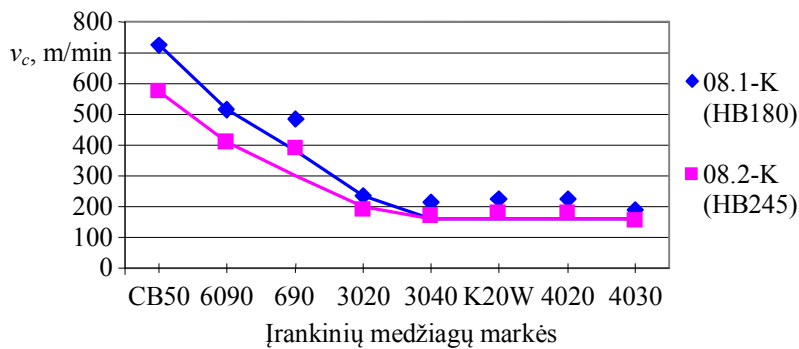
Pjovimo greičio priklausomybės nuo apdirbamų ir įrankinių medžiagų, kai įrankis dirba vidutinėmis sąlygomis, pateiktos 2, 3 ir 4 pav. Šiuose grafikuose taškai paimti iš [3] literatūros šaltinio.



2 pav. Pjovimo greičio priklausomybė nuo įrankinės medžiagos, kai apdirbami P grupės plienai 01.1-P, 01.3-P ir 01.5-P



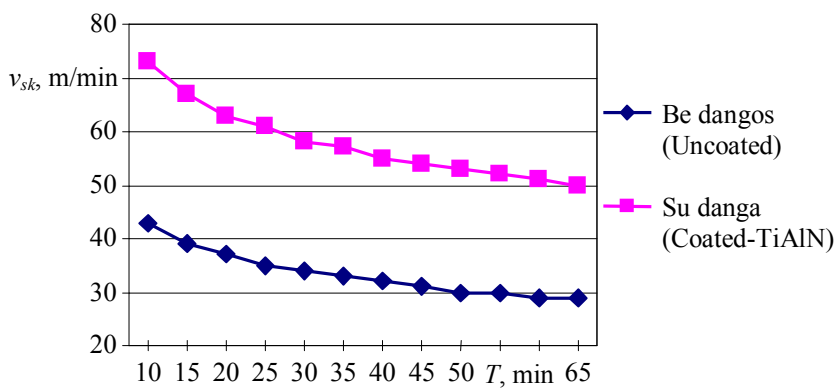
3 pav. Pjovimo greičio priklausomybė nuo įrankinės medžiagos, kai apdirbami M grupės plienai 05.11-M ir 05.12-M



4 pav. Pjovimo greičio priklausomybė nuo įrankinės medžiagos, kai apdirbami K grupės metalai 08.1-K ir 08.2-K

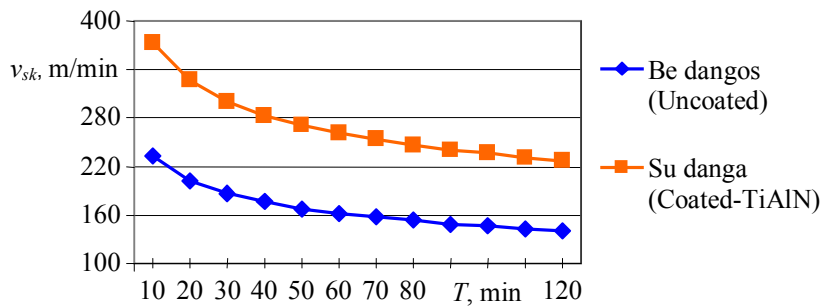
#### 4. Greitapjovio ir kietlydinio plienų frezų pjovimo greičio $v_f$ ir patvarumo periodo $T$ nustatymas, kai įrankis su atsparia dilimui danga ir be jos

Šiame skyriuje apžvelgiau pjovimo įrankinės medžiagos įtaką pjovimo greičiui ir patvarumo periodui. Nagrinėjau dviejų tipų frezas [4]: 1 – greitapjovio plieno freza su danga HSS Co8 (Coated-TiAlN) ir be dangos HSS Co8 (Uncoated) – režimai:  $f_z = 0.032$  mm/z,  $t = 12$  mm; 2 – kietlydinio freza su danga VHM (Coated-TiAlN) ir be dangos VHM (Uncoated) – režimai:  $f_z = 0.08$  mm/z,  $t = 12$  mm.

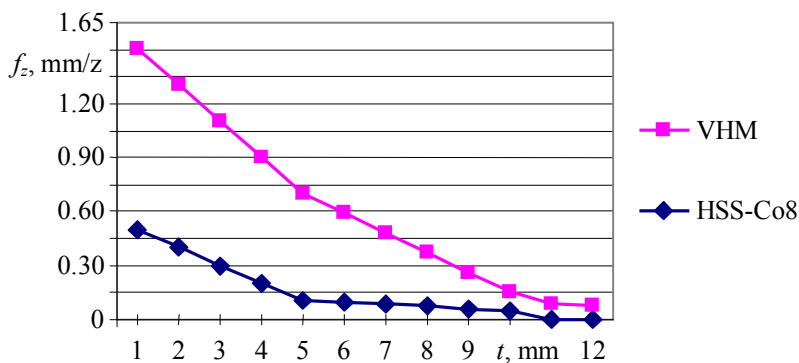


5 pav. Patvarumo periodo  $T$  priklausomybė nuo pjovimo greičio  $v_{sk}$ , kai  $f_z = 0.032$  mm/z,  $t = 12$  mm ir apdirbamas plienas 45 su greitapjovio plieno freza HSS Co8 be dangos ir su danga TiAlN

Skaičiavimai buvo atlikti pagal (1) formulę, o gauti rezultatai grafiškai atvaizduoti 5, 6 ir 7 pav. Įrankiai ir jų režimai paimti iš [4] literatūros šaltinio.



6 pav. Patvarumo periodo  $T$  priklausomybė nuo pjovimo greičio  $v_{sk}$ , kai  $f_z = 0.08$  mm/z,  $t = 12$  mm ir apdirbamas plienas 45 su kietlydinio freza VHM be dangos ir su danga TiAlN



7 pav. Pjovimo gylis  $t$  ir pastūmos  $f_z$  priklausomybė, kai apdirbama su greitapjovio plieno freza HSS-Co8 ir kietlydinio freza VHM

#### 4. Išvados

1. Iš 1 pav. galima nusistatyti optimalų pjovimo greitį, priklausomai nuo patvarumo periodo, kai medžiagos yra apdirbamos P, M ir K grupės.
2. Nustatytos priklausomybės 2, 3 ir 4 pav. įgalina pasirinkti pjovimo greitį, priklausomai nuo lydinių DKP, esant rekomenduotiniams pjovimo parametrams  $T$ ,  $t$ ,  $s$ .

3. Nustatyta, kad pjovimo įrankių iš kietlydinių padengtų įvairiomis dangomis patvarumas 1.5 – 2 karto didesnis už greitapjūvio plieno pjovimo įrankių.
4. Gautos priklausomybės gali būti panaudotos mokymo procese, projektuojant detalės apdirbimo technologiją ir gamyboje, kai detalės tekinamos užsienio firmos įrankiais su DKP.
5. Didėjant patvarumo periodui  $T$ , pjovimo gyliui  $t$  ir pastūmai  $s$  leistinasis pjovimo greitis  $v_{sk}$  mažėja.

### Literatūra

1. **Zakarauskas D., Bražėnas A.** Tekinimo režimų nustatymas užsienio firmų peiliams. Jaunųjų mokslininkų ir studentų konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2009“ pranešimų medžiaga. ISBN 978-9955-25-749-3. – Kaunas: Technologija, 2009. 72-77 p.
2. Справочник технолога машиностроителя. Том 2. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещярикова. – Москва, 1985. – 656 с.
3. CoroKey guide 2008. Catalogue / SANDVIK, 2008. – 208 p. Prieiga per internetą: <[http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/ENG/CoroKey\\_2008.pdf](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/ENG/CoroKey_2008.pdf)> [žiūrėta 2010-04-18].
4. Garant Manual Machining. Catalogue / Hoffman groupe, 2001/2002. – 644 p.

## MECHANINIŲ KOMPONENTŲ ĮTAKOJANČIŲ GAMYBOS KAŠTUS TYRIMAS

**A. Česnulevičius, R. Mandryka**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** Sklaidos kreivės, Kohoneno žemėlapis.

### 1. Įvadas

Detalės gamybos kaštų nustatymas pirminiame gaminio projektavimo etape yra sudėtingas, nes detalės gamybos kaštus kaip žinome įtakoja labai daug veiksnių. Šiame darbe išsiaiškinsime, kokie parametrai daro didžiausią įtaką gamybos kaštams. Tyrimo uždavinys, ištirti ryšį tarp gamybos kaštų (sąnaudų) ir gaminio bei technologinių parametrų, bei ištirti kurie parametrai turi didžiausią įtaką [1].

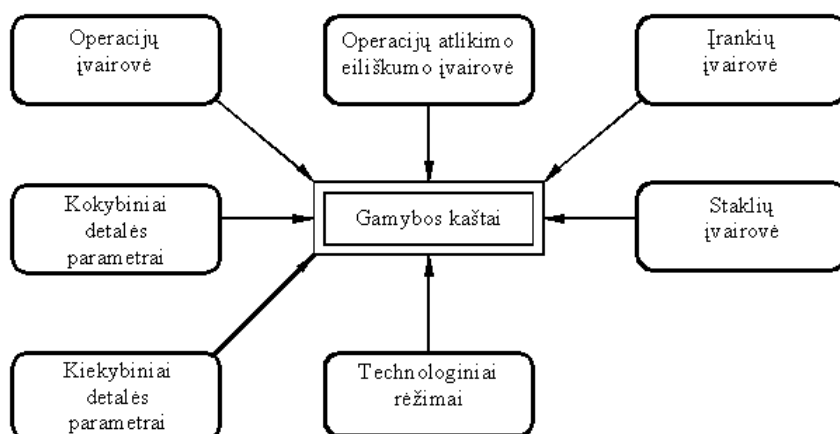
### 2. Gamybos kaštų prognozavimas

Nustatant vienetinių detalių gamybos kaštus prieš pradedant ją gaminti yra sudėtinga [2]. Reikia numatyti visas operacijas į priekį, bei technologinio proceso metu, atsiradusius papildomus apdirbimus. Gamybos kaštų prognozavimas gali turėti labai didelę įtaką kliento ir įmonės bendrai veiklai ateityje.

Gamybos kaštams turi įtakos visa eilė įvairių gaminio ir technologinių parametrų. Pateiktoje schemoje (1 pav.) išvardinti parametrai turintys įtakos gamybos kaštų dydžiui [2]:

- Įrankių įvairovė – nuo jų pasirinkimo priklauso apdirbamų paviršių šiurkštumas, jei įrankis pasirinktas neteisingai, tai detalės apdirbamas paviršius gali reikalausti papildomos operacijos [3].
- Staklių įvairovė – įtakoja detalės matmenų tikslumą.
- Operacijų atlikimo eiliškumas – nuo eiliškumo priklauso gamybos operacinis laikas, bei detalės techninės savybės.
- Operacijų įvairovė – tai kai vienam paviršiui apdirbti galimi keli apdirbimo būdai.
- Kokybiniai detalės parametrai – reikalingas papildomas paviršių apdirbimas, jei paviršius po frezavimo neatitinka šiurkštumo kokybės, tuomet yra reikalinga papildoma operacija – šlifavimas.

- Kiekybiniai parametrai – detalės gabaritai. Didelių gabaritų detalės, reikalauja papildomo mašininio laiko.



1 pav. Veiksniai įtakojantys gamybos kaštus

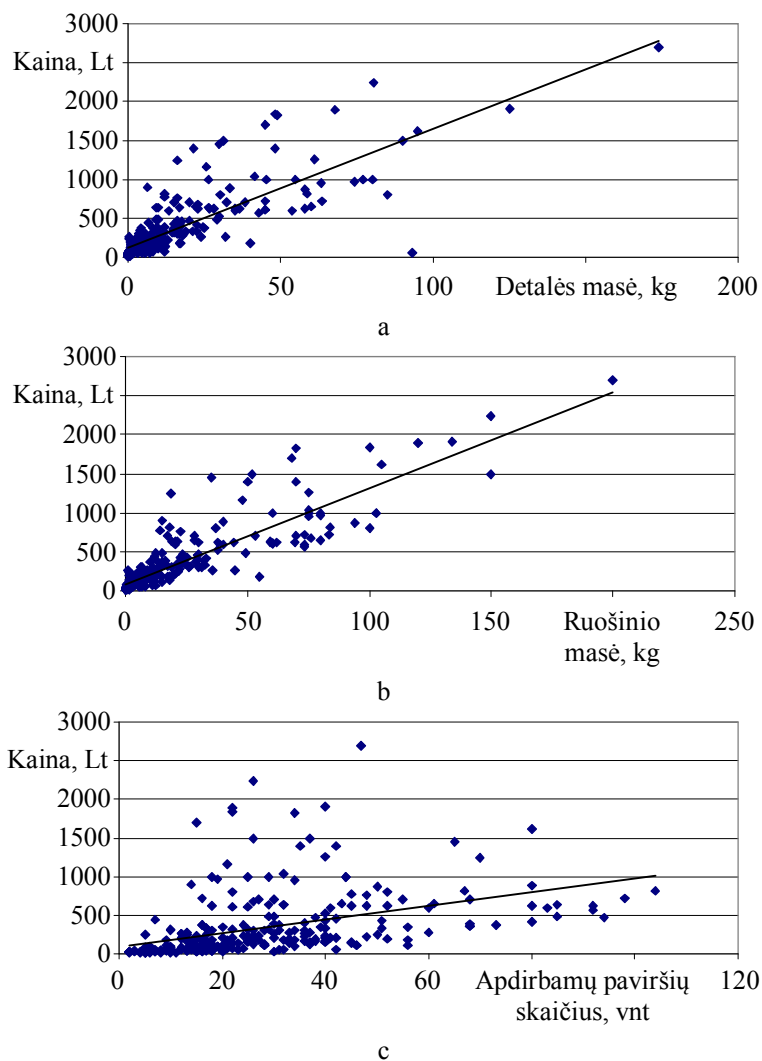
Sekančiuose skyriuose, remiantis surinktais duomenimis, nagrinėjama kaip gamybos kaštai priklauso nuo ruošinio masės, detalės masės, apdirbamų paviršių skaičiaus, tikslumo kokybės, apdirbamų paviršių šiurkštumo kokybės. Šie tyrimų parametrai pasirinkti atsižvelgiant į ekspertų nuomones, jog skaičiuojant gamybos kaštus įprastu būdu, jie turi didžiausią įtaką detalės gamybos kaštams. Šiems parametrams analizuoti pasitelksime sklaidos ir Kohoneno žemėlapių metodus.

### 3. Kaštų priklausomybių nuo įvairių įėjimo parametrų tyrimas naudojant sklaidos diagramas

Gamybos kaštų ryšys su trimis skirtingais kriterijais yra pateiktas 2 pav. Pateikti tik trys parametrai, kurie pagal pirminius rezultatus turi didžiausią įtaką. Pateiktos regresijos tiesės rodo kaip gamybos kaštus įtakoja pasirinkti veiksniai. Atlikus grafikuose pateiktų duomenų analizę, buvo nustatyta, kurie kriterijai turi didžiausią įtaką gamybos kaštams.

Kaip matome iš 2 pav., ruošinio masė bei detalės masė yra veiksniai darantys labai panašią įtaką gamybos kaštams. Apdirbamų paviršių skaičius, kaip matome iš duomenų pateiktų grafike (2 pav., c), įtakoja gamybos kaštus, tai rodo kylanti į viršų regresijos tiesė, nors ir taškai aplink ją išsidėstę netolygiai.



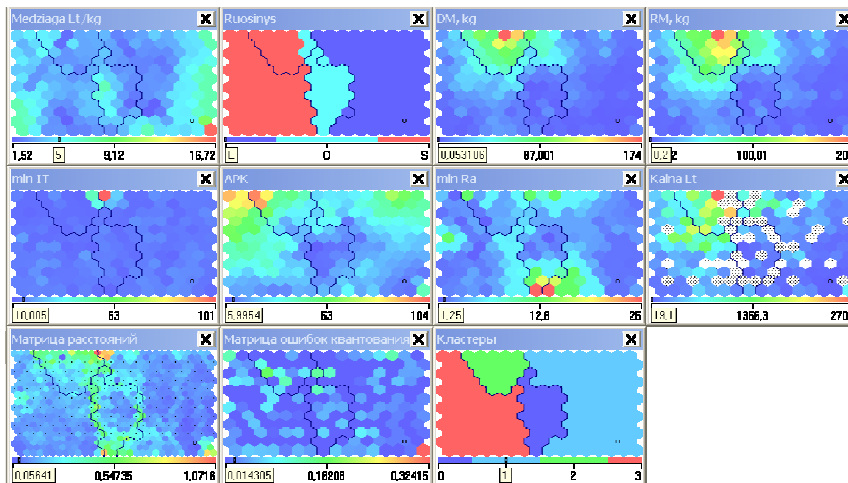


2 pav. Pagrindinių kriterijų, įtakančių gamybos kaštus, sklaidos kreivės

#### 4. Kaštų priklausomybių nuo įvairių įėjimo parametrų tyrimas naudojant Kohoneno žemėlapių metodą

Šiame skyriuje yra atlikta gautų duomenų analizė, pasitelkiant Kohoneno žemėlapių metodą. Gauti duomenys yra reikalingi siekiant palyginti juos su rezultatais, gautais analizuojant sklaidos kreives.

Kaip matome, tai yra bendras visų atliktos analizės rezultatų grafinis pavaizdavimas (3 pav.), šiame paveikslėlyje pavaizduoti kriterijai nuo kurių, ekspertų nuomone priklauso gamybos kaštai. Kaip matome, kriterijų įtaka gamybos kaštams yra skirtinga.



3 pav. Klasterių formavimo rezultatai

Kohoneno žemėlapis apdorotus duomenis suskirsto į klasterius [4, 5, 6]. Klasteris tai – vienetas, sudarytas iš kelių vieno tipo elementų, kuris veikia kaip vieninga sistema, turinti tam tikrų savybių. Jis įgalina vienu metu atlikti analizę  $n$ - matėje erdvėje, o duomenis išveda paversdamas ją dvimate.

Kohoneno žemėlapio pagalba apdoroti duomenys pagal ruošinio masę ir kainą. Apatinėje paveikslo skalėje pavaizduoti skaičiai atitinkamai pagal spalvų spektrą didėja t.y. mėlyna spalva – mažiausia, raudona – didžiausia (žr. 3 pav.). Kai ruošinio masė 200 kg, detalės kaina 2700 Lt., t.y. pačios brangiausios detalės (raudona spalva pažymėtas koriukas) atitinka sunkiausią ruošinio masę. Kai ruošinio masė siekia 200 gramų, detalės kaina 16,3 Lt. (žr. 3 pav.). Apžvelgus pateiktų duomenų priklausomybę galime teigti, jog ruošinio masė yra tiesiogiai proporcinga detalės kainai.

Kaip matome, apdirbamų paviršių kiekis neturi tiesioginės įtakos gamybos kaštams. Esant didžiarusiems gamybos kaštams, apdirbamų paviršių skaičius nėra didžiausias (žr. 3 pav.). Kai apdirbamų paviršių kiekis didžiausias, gamybos kaštai nėra maksimalūs (žr. 3 pav.). Kuomet gamybos kaštai minimalūs t.y. 16,3 Lt., apdirbamų paviršių kiekis 8 (žr. 3 pav.). Iš to seka, kad apdirbamų paviršių skaičius nėra vienas pagrindinių veiksnių įtakojančių gamybos kaštus.

### Išvados

1. Iš surinktų statistinių duomenų, sklaidos metodu, buvo išanalizuoti šie ekspertų nuomone, labiausiai gamybos kaštus įtakojantys parametrai: ruošinio masė (kg.), detalės masė (kg.), apdirbamų paviršių kiekis (vnt.). Nustatyta, kad didžiausią įtaką, gamybos kaštams turi ruošinio masė ir detalės masė, kiek mažesnę – apdirbamų paviršių skaičius.
2. Kohoneno metodu, buvo išanalizuoti tie patys parametrai, kaip ir sklaidos metodu: ruošinio masė (kg.), detalės masė (kg.), apdirbamų paviršių kiekis (vnt.). Išanalizavus gautus rezultatus, nustatyta, kad kaip ir sklaidos metodu, labiausiai gamybos kaštus įtakoja ruošinio masė ir detalės masė, kiek mažesnę įtaką turi – apdirbamų paviršių skaičius.
3. Palyginus šiais dviem metodais ištirtus duomenis ir gautus rezultatus, nustatėme, kad pagrindinis veiksniai įtakojantys gamybos kaštus, tai ruošinio masė, detalės masė, ir apdirbamų paviršių skaičius.

### Literatūra

1. **Andrijauskienė A.** Įmonių ekonomika. – Vilnius: Previsa, 2004. 212 p.
2. **Verikas A., Gelžinis A.** Neuroniniai tinklai ir neuroniniai skaičiavimai. Mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 2003. 174 p.
3. **Mcnelis P. D.** Neural networks in finance: gaiging predictive egde in the market. Britain: Elsevier Academic Press Finance Series, 2005. 261 p.
4. **Raudys Š.** Dirbtinių neuroninių tinklų tyrimas ir taikymai sprendžiant konkrečius uždavinius: mokslo darbo ataskaita. VGTU. – Vilnius, 2005. 49 p.
5. **Kohonen T.** Self-organization and associative memory. 3rd ed. Springer-Verlag, Heidelberg, 1989.
6. **Dzemyda G., Kurasova O.** Dirbtinių neuroninių tinklų taikymas bendrojo lavinimo mokykloms palyginti. – Vilnius: VŠĮ „Vilniaus universiteto leidykla“, 2002. Prieiga per internetą: <<http://www.leidykla.vu.lt/inetleid/inf-mok/22/str.5html>> [žiūrėta 207-03-29].

## GELEŽINKELIO VAGONŲ RATO IR BĖGIO KONTAKTO ZONOS TYRIMAS STABDANT

**Ž. Bazaras, M. Zaborskis**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** Skirstymo kalnelis, stabdiklis, aširatis, deformacijos, įtempimai, poslinkiai.

### 1. Įvadas

Svarbiausias skirstymo kalnelio tikslas yra suformuoti ir išformuoti sąstatus, kurie yra numatyti. Šiam procesui turi būti suteiktas techninis saugumas. Šio proceso metu, traukiniai ir jų prekės turi išlikti saugios. Procesas, kurio metu sąstatas yra išformuotas ir suformuojamas naujas, yra integruotas, kurio tikslas yra suskirstyti vagonus teisingais keliais. Skirstymo kalnelis nelyginiams sunumeruotiems traukiniams išformuoja sąstatą ir suformuoja naują surūšiuodama vagonus pagal jų kitas stotis. Skirstymo kalnelio budėtojas prižiūri visą atliekamą darbą. Sąstato išformavimas yra įgyvendinamas skirstymo kalnelio manevrinių lokomotyvų, kurie nutraukia sąstatą ant skirstymo kalnelio nuolydžio, atkabindami po vieną ar keletą vagonų, kurių tolimesnė kryptis yra vienoda, išformuoja atvežtą sąstatą suformuodami naujus. Šioje šalyje naudojamas dvigubas skirstymo kalnelis, kurio nuožulnumas gali siekti iki 40%. Tam, kad reguliuotų vagonų greitį, jiems riedant nuo kalnelio, skirstymo kalnelyje yra trys stabdymo pozicijos:

1. Pirmoji stabdymo pozicija yra skirstymo kalnelio nuolydyje kuriame yra įrengti keturi T-50 tipo stabdikliai. Šių stabdiklių tikslas yra intervalinis stabdymas. Stabdiklius valdo skirstymo kalnelio operatorius.
2. Antroji stabdymo pozicija yra skirstymo kalnelio nuolydžio ruože prieš skiriamuosius iešmus ir yra skirta tikslingų intervalinių stabdžių įgyvendinimui.
3. Trečioji stabdymo pozicija yra skirstymo kalnelio pabaigoje, nuo kalnelio pusės. Ji turi 34 sudėtingus T-50 bėgių stabdžius, kurie skirti tiksliam stabdymui [1, 4].

**Darbo tikslas:** pateikti geležinkelio vagonų rato ir bėgio kontakto zonos tyrimą stabdant, gaunamus pavojingus įtempimus, poslinkius, ir deformacijas. Visi šie dydžiai priklauso nuo vagono svorio, greičio, kuris priklauso nuo kalnelio nuolydžio, ir stabdiklio stabdymo jėgos. Darbe panaudota SolidWorks ir CosmosWorks programos. SolidWorks terpėje buvo

sukurit aširačių ratų, ašių, bėgio ir šių elementų surinkimo erdviniai modeliai. CosmosWorks terpėje sudėjus reikiamus įtvirtinimus ir stabdymo metu veikiančias jėgas galime atlikti mums reikalingus skaičiavimus.

## 2. Aširačių įtempimų, poslinkių ir deformacijos skaičiavimai

Nagrinėsime B3III stabdiklius. Maksimalus pagreitis, kurį gali fiksuoti šie stabdikliai, yra  $8 \text{ m/s}^2$ . Keisdami kelio nuolydį ir vagono svorį stebėsime kintančius įtempimus, poslinkius ir deformacijas ašratyje.

Kai palankaus vėjo greitis didesnis už vidutinį riedančio vagono greitį, tai  $\omega_{vidB}^4$  – bus su minusu. Tuomet:

$$\text{pavieniams vagonams} - \omega_{vidB}^4 = \frac{17.8 C_x S}{(273 + t^\circ) g_{br}} V_p^2; \quad (1)$$

$$\text{apkaboms} - \omega_{vidB}^4 = \frac{17.8 C_x S + \sum_t^m C_{xxj} S_j}{(273 + t^\circ) \sum_t^m g_{br}} V_p^2; \quad (2)$$

čia:  $\omega_{vidB}^4$  – vidutinis riedančio vagono greitis  $\text{m/s}$ ;  $C_x$  – oro pasipriešinimo koeficientas, priklausantis nuo vagono tipo ir kampo  $\alpha$ ;  $S$  – vagonų skersinio pjūvio plotas,  $\text{m}^2$ ;  $t^\circ$  – oro temperatūra, laipsniais;  $V_p$  – santykinis judėjimo greitis įvertinus oro kryptį.

Stabdymo pozicijos galingumo apskaičiavimui naudosime sekačią formulę:

$$h_T'' = \frac{V^2}{2g} + \left( i_{TP}'' + \omega_0^{LG} \pm \omega_{vid}^{LG} \right) l_{TP}'' \cdot 10^{-3}; \quad (3)$$

čia:  $h_T''$  – stabdymo pozicijos galingumas;  $V$  – leidžiamas greitis, kurį fiksuoja stabdiklis  $\text{m/s}$ ;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – laisvojo kritimo pagreitis;  $i_{TP}''$  – kelio nuolydis stabdymo pozicijoje;  $\omega_0^{LG}$  – savitasis vagono pasipriešinimas;  $\omega_{vid}^{LG}$  – papildomas vagono savitasis pasipriešinimas nuo oro sąlygų;  $l_{TP}''$  – stabdymo pozicijų kelio ilgis.

Suminė pataisa:

$$\Delta H = \Delta H_y - \Delta H_0 - \Delta H_c; \quad (4)$$

$$\Delta H_y = (l_3 + l_{BK}) \cdot i \cdot 10^{-3}; \quad (5)$$

$$\Delta H_0 = (l_3 + l_{BK}) \cdot W_0 \cdot 10^{-3}; \quad (6)$$

čia:  $\Delta H_c$  – pataisa, kuri skaičiuojama oro aplinkos pasipriešinimu turi labai mažai įtakos, todėl paprastai nevertinama;  $l_3$  – stabdiklių darbo dalies ilgis;  $l_{BK} = 10.8$  m – atstumas tarp pirmojo vežimėlio pirmosios ašies ir antrojo vežimėlio paskutinės ašies;  $i$  – nuolydis kelio dalies ant kurios stovi stabdiklis;  $W_0$  – oro pasipriešinimas.

Kaitaliodami kalnelio nuolydį ir riedančio vagono nuo kalnelio svorį, paskaičiuosime  $\Delta H$ , nuo kurio priklauso stabdymo jėga. Kuo vagonas daugiau yra pakrautas, tuo mažesnis yra oro pasipriešinimas, tuo pačiu  $\Delta H_0$ , kuris tiesiogiai nuo jo priklauso. Atlikti skaičiavimai pateikti 1 lentelėje.

Šiame darbe nagrinėsiu tris vagonų svorio kategorijas: 1 – lengvą; 2 – vidutinį (pusiau pakratą); 3 – sunkų (pilnai pakratą).

**Lengva vagonų svorio kategorija** ( $\Delta H_c = 0$ ,  $i = 9\%$ ). Oro pasipriešinimą parenkame pagal vagono svorį (žr. 1 lent.).

$$\Delta H_y = (5.7 + 10.8) \cdot 0.009 = 0.1485 \approx 0.15 \text{ m/s};$$

$$\Delta H_0 = (5.7 + 10.8) \cdot 0.00175 = 0.03 \text{ m/s};$$

$$\Delta H = \Delta H_y - \Delta H_0 - \Delta H_c = 0.15 - 0.03 - 0 = 0.12 \text{ m/s}.$$

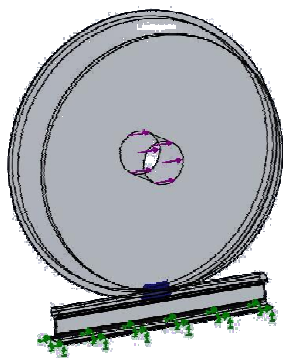
1 lentelė

Riedančio nuo kalnelio vagono oro pasipriešinimas priklausomai nuo svorio[6]

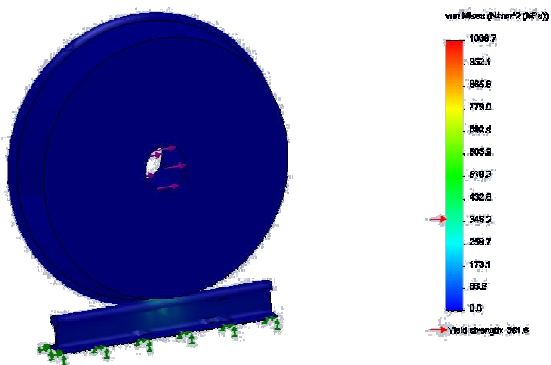
| Svorio kategorijos | Vagono masė, t | Oro pasipriešinimas $W_0$ , kg/t |
|--------------------|----------------|----------------------------------|
| Lengvas            | Iki 28         | 1.75                             |
| Pusiau lengvas     | 28-44          | 1.54                             |
| Vidutinis          | 44-60          | 1.40                             |
| Pusiau sunkus      | 60-72          | 1.25                             |
| Sunkus             | Virš 72        | 1.23                             |

Pasirinkus rato ir bėgio įtvirtinimus ir juos veikiančias jėgų kryptis, vagono svorį stabdymo metu (žr. 1 pav.) baigtinių elementų metodu (naudojome CosmosWorks programą) buvo nustatytas rato įtempimų ir deformacijų būvis.

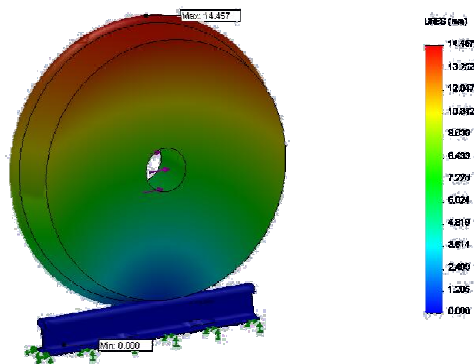
Aširatį apkrauname 4000 kg ( $4000 \cdot 9.81 = 39200$  N) jėga toje vietoje kur jis liečiasi su bėgiu. Matome, kad didžiausi įtempimai gaunami 1039 MPa kurie susidaro ties išorine aširačio antbriaunio dalimi ir bėgio kontakto zonoje su aširačiu. Aširatyje susidarę didžiausi įtempimai viršija medžiagos takumo ribą (352 MPa) (žr. 2 pav.).



1 pav. Rato ir bėgio įtvirtinimai, veikiančios jėgos



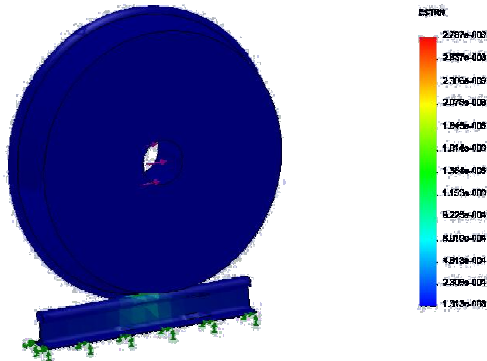
2 pav. Aširačio įtempimai stabdant, kai naudojama 39200 N jėga



3 pav. Bėgio ir rato poslinkiai naudojant 39200 N spaudimo jėgą

39200 N jėga apkrauto rato ir gėbio poslinkiai yra pateikti 3 pav. Matome, kad didžiausi poslinkiai susidaro aširačio antbriaunyje. Didžiausias poslinkis susidaro antbriaunio viršutinėje dalyje, kurio vertė yra 14 mm (žr. 3 pav.).

Rato ir bėgio deformacijos su yra pateiktos 4 pav. Kaip matome didžiausios deformacijos susidaro aširačio išoriniame paviršiuje.



4 pav. Bėgio ir rato deformacijos naudojant 39200 N spaudimo jėgą

**Vidutinė vagonų svorio kategorija** ( $\Delta H_c = 0$ ,  $i = 15\%$ ):

$$\Delta H_y = (5.7 + 10.8) \cdot 0.015 = 0.2475 \approx 0.25 \text{ m/s};$$

$$\Delta H_0 = (5.7 + 10.8) \cdot 0.0014 = 0.02 \text{ m/s};$$

$$\Delta H = \Delta H_y - \Delta H_0 - \Delta H_c = 0.25 - 0.02 - 0 = 0.23 \text{ m/s}.$$

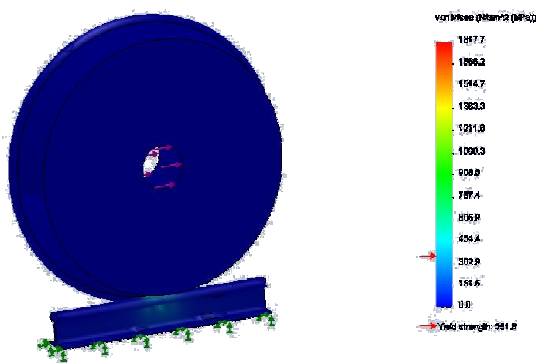
Esant šiam vagono svoriui ir pataisai yra naudojama 7 t stabdiklio spaudimo jėga, t.y.  $7000 \cdot 9.81 = 68600 \text{ N}$ .

Padidinus vagono svorį, tuo pačiu padidėjus ir spaudimo jėgai, matome kad maksimalūs įtempimai siekia 1818 MPa. Aširatyje susidarę didžiausi įtempimai viršija medžiagos takumo ribą (žr. 5 pav.).

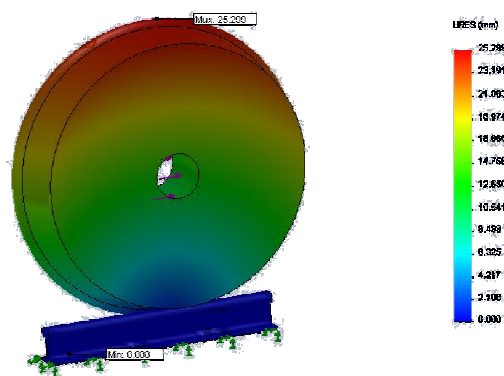
6 pav. yra pateikti poslinkiai susidarantys rate, bėgyje kai jis yra apkraunamas 68600 N jėga. Matome, kad didžiausi poslinkiai susidaro aširačio antbriaunyje. Didžiausias poslinkis susidaro antbriaunio viršutinėje dalyje, kurio vertė yra 25 mm.

Deformacijos yra pateiktos 7 pav. Kaip matome didžiausios deformacijos susidaro aširačio ir bėgio kontakto zonoje.

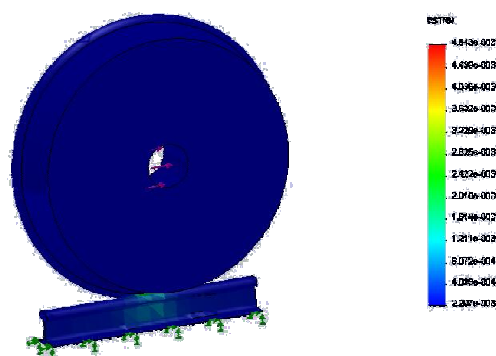




5 pav. Aširačio įtempimai stabdant, kai naudojama 68600 N jėga



6 pav. Bėgio ir rato poslinkiai naudojant 68600 N spaudimo jėgą



7 pav. Bėgio ir rato deformacijos naudojant 68600 N spaudimo jėgą

**Sunki vagonų svorio kategorija** ( $\Delta H_c = 0$ ,  $i = 20\%$ ):

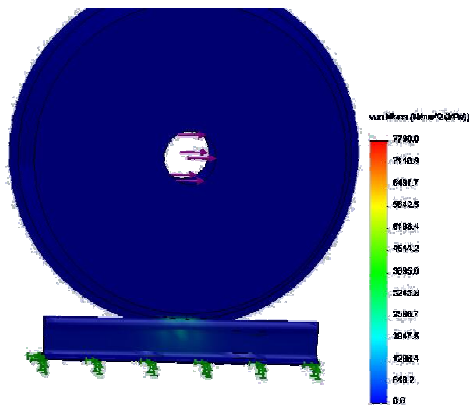
$$\Delta H_y = (5.7 + 10.8) \cdot 0.02 = 0.33 \text{ m/s};$$

$$\Delta H_0 = (5.7 + 10.8) \cdot 0.00123 = 0.0203 \text{ m/s};$$

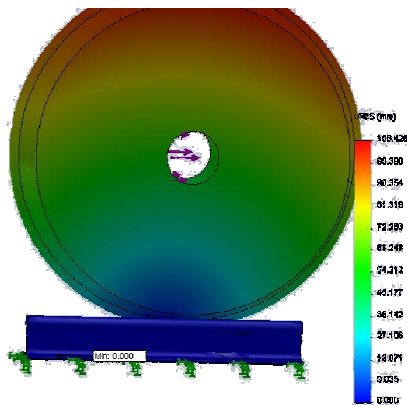
$$\Delta H = \Delta H_y - \Delta H_0 - \Delta H_c = 0.33 - 0.0303 - 0 \approx 0.31 \text{ m/s}.$$

Esant šiaim vagono svoriui ir pataisai yra naudojama 30 t stabdiklio spaudimo jėga ( $30000 \cdot 9.81 = 294000 \text{ N}$ ).

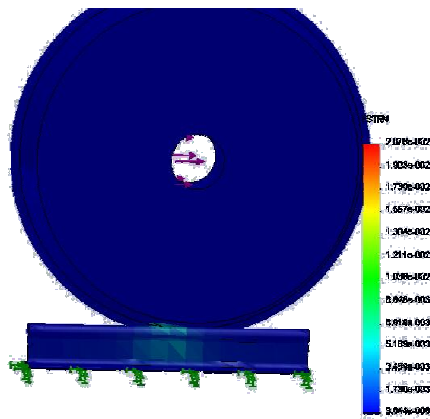
Padidinus vagono svorį, tuo pačiu padidėjus ir spaudimo jėgai, matome kad maksimalūs įtempimai siekia 7760 MPa. Aširatyje susidarę didžiausi įtempimai viršija medžiagos takumo ribą (352 MPa), todėl veikiant šiai jėgai aširatis turi įtrūkti, įskilti arba net sulūžti (žr. 8 pav.).



8 pav. Aširačio įtempimai stabdant, kai naudojama 294000 N jėga



9 pav. Bėgio ir rato poslinkiai naudojant 294000N spaudimo jėgą



10 pav. Bėgio ir rato deformacijos naudojant 294000 N spaudimo jėgą

9 pav. yra pateikti poslinkiai susidarantys aširatyje, kai jis yra apkraunamas 294000 N jėga. Matome, kad didžiausi poslinkiai susidaro aširačio antbriaunyje. Didžiausias poslinkis susidaro antbriaunio viršutinėje dalyje, kurio vertė yra 108.4 mm (žr. 9 pav.).

Aširačio deformacijos yra pateiktos 10 pav. Kaip matome didžiausios deformacijos susidaro aširačio išoriniame paviršiuje [2, 3, 5].

### Išvados

Atlikus skaičiavimus, siekiant nustatyti rato ir bėgio kontakto zonos poveikį tenkatiems aširačiams įvertinant vagono svorį, gauta:

1. Esant lengvam (tuščiam) vagonui ir 39200 N stabdiklio prispaudimo jėgai gaunami 1039 MPa įtempiai, kurie viršija medžiagos takumo ribą 352 MPa.
2. Esant vidutiniam (pusiau pakrautam) vagonui ir 68600 N stabdiklio prispaudimo jėgai gaunami 1818 MPa įtempiai, kurie viršija medžiagos takumo ribą 352 MPa.
3. Esant pilnai pakrautam vagonui ir 294000 N stabdiklio prispaudimo jėgai gaunami 7760 MPa maksimalūs įtempiai, kurie viršija medžiagos takumo ribą 352 MPa. Esant tokiom sąlygom aširatis gali įtrūkti, įskilti arba deformuotis.

Siūlau stabdiklius, kurie naudojami Lietuvoje pakeisti į naudojamus JAV, kurie savo techniniu požiūriu pranoksta naudojamus Lietuvoje. Šie stabdikliai yra mažesni, todėl juos lengviau eksploatuoti, prižiūrėti, sugedus pakeisti. Pagrindinis jų privalumas – vagonų stabdymas vyksta ratui užvažiuojant ant stūmoklio, taip mažiau yra deformuojamas aširatis. Jei

vagono greitis yra mažesnis negu stabdiklio greičio nustatymas, stūmoklis nesiūlo jokio pasipriešinimo.

### **Literatūra**

1. AB „Lietuvos geležinkeliai“ internetinis puslapis. Prieiga per internetą <<http://www.litrail.lt/>> [žiūrėta 2009-10-05].
2. Ratstabdžių, specialių šakių ir kitų darbo priemonių naudojimo stotyse instrukcija. – Vilnius, 2006. 320 p.
3. **Модин Н. К.** Безопасность функционирования горочных устройств. – Москва: Транспорт, 1994.
4. Ultra railway products. Railway / Railroad Products. Prieiga per internetą: <<http://www.dowties.com/>> [žiūrėta 2010-02-10].
5. 1520 (1524) mm vėžės vagonų aširačių apžiūros tikrinimo, remonto ir formavimo instrukcija. – Vilnius, 1998. – 107p
6. ОАО НИИАС Ростовский филиал. Prieiga per internetą: <<http://www.rfniias.ru/>> [žiūrėta 2009-10-05].
7. **Сагайтис В. С., Соколов В. Н.** Справочник устройства механизированных и автоматизированных сортировочных горок. – Москва: Транспорт, 1988.

## ĮVAIRIŲ VARIKLIŲ KURO SĄNAUDŲ TYRIMAS

**M. Daščioras, A. Tautkus**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** įvairių variklių, sąnaudų tyrimas.

### 1. Įvadas

Kuro sąnaudos – tai degalų kiekis su kuriuo automobilis sugeba nuvažiuoti 100 km atstumą. Kuro sąnaudos yra išreiškiamos l/100 km.

Šiais sunkiais visiems ekonominiais laikais yra labai svarbu tinkamai taupyti ir skirstyti lėšas. Paprastai gyvenimas diktuoja savo tempą, o tam, kad tą tempą pavyktų pasivyti dažnai naudojame transporto priemones ko pasakoje – turime išlaidų susijusių su transporto priežiūra, o jei pasiseka ir transporto taisyti nereikia – tai bet koku atveju susiduriame su didelėmis kuro kainomis. Nevienas turbūt susimastė, kaip sutaupyti ir pasiekti optimalų ir ekonomišką važiavimą ir kuro sąnaudas [1].

Vos ne kasdien brangstant automobilių kurui, – tiek benzinui, tiek dyzelinui, vis daugiau pirkėjų, besidominčių naujais ar pavažinėtais automobiliais, juos rinkdamiesi stengiasi atsižvelgti ne tik modelio kainą, jo eksploatacines savybes ar atsarginių detalių kaštus, bet ir į kuro sąnaudas. šalies ekonomika ir vairuotojų pajamos šį faktorių pamažu daro lemiamu renkantis automobilį [2].

**Tyrimų objektas:** įvairių variklių kuro sąnaudos.

**Darbo tikslas:**

- Ištirti įvairių variklių kuro sąnaudas.
- Ištirti įvairių variklių kuro sąnaudas priklausomai nuo veiksnų.

**Darbo uždaviniai:**

1. Palyginti ištirtas kuro sąnaudas su gamintojo pateiktomis sąnaudomis.
2. Surasti veiksmingiausią tyrimo veiksmą kuris turi didžiausią įtaką kuro sąnaudoms.

### 2. Automobilio BMW 325 kupė kuro sąnaudų tyrimas

Tyrimas buvo atliktas su automobiliu BMW 325 kupė. Tyrimui atlikti buvo pasirinktas užmiesčio kelias, kad būtų galima važiuoti įvairiais greičiais. Kelio danga sausas asfaltas. Tam, kad nustatyti kuro sąnaudas buvo

panaudotas automobilyje įdiegtas gamiklinis „BORTO“ kompiuteris. Kad bandymo rezultatai būtų tikslesni buvo naudojamas automobilio autopilotas, arba kitaip tariant, automatinė greičio palaikymo sistema. Prieš atliekant bandymus degalinėje buvo sureguliuotas padangų slėgis iki 2,3 bar. Ant automobilio buvo uždėtos gana plačios R17/225/45 padangos.

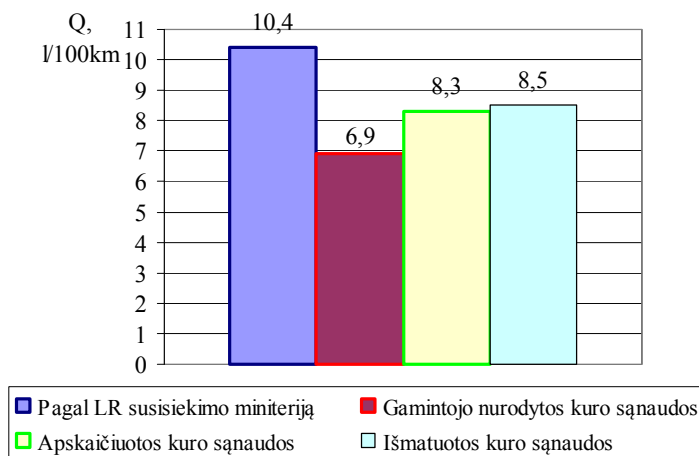
Kadangi tiek pagal LR susisiekimo ministeriją, tiek pagal gamintojo teikiamus duomenis negalima paskaičiuoti skirtingais greičiais skirtingomis pavaromis, tai palyginimui pasirinksiame aukščiausią pavarą bei 90 km/h greitį, todėl, kad gamintojas pateikia kuro sąnaudas važiuojant užmiestyje 90 km/h greičiu, bei pagal LR susisiekimo ministeriją buvo paskaičiuotos kuro sąnaudos taip pat užmiėsčio keliams. Kuro sąnaudos pateiktos 1 lentelėje.

Taigi iš 1 pav., galima pasakyti, kad realios kuro sąnaudos yra didesnės nei gamintojo nurodytos, tai gali įtakoti pagrindiniai du dalykai, tai, kad mašina jau nebe nauja, pravažiavusi daugiau nei 300 tūkst. km. Bei naudojamos platesnės padangos nei rekomenduoja gamintojas. Paskaičiuotos kuro sąnaudos žinoma skiriasi nuo gamintojo pateiktų sąnaudų, kadangi skaičiavimai nėra tokie tikslūs.

1 lentelė

Automobilio BMW 325 kupė kuro sąnaudos

| Pavara   | Greitis, km/h | Pagal LR susisiekimo ministeriją, l/100km | Gamintojo nurodytos kuro sąnaudos, l/100km | Apskaičiuotos kuro sąnaudos $Q$ , l/100km | Išmatuotos kuro sąnaudos, l/100km |
|----------|---------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| 3 pavara | 40            | –                                         | –                                          | 5,6                                       | 9,3                               |
|          | 50            | –                                         | –                                          | 6,2                                       | 9,7                               |
|          | 60            | –                                         | –                                          | 6,8                                       | 10,0                              |
|          | 70            | –                                         | –                                          | 7,6                                       | 10,3                              |
|          | 80            | –                                         | –                                          | 8,6                                       | 11,0                              |
|          | 90            | –                                         | –                                          | 9,6                                       | 12,0                              |
| 4 pavara | 40            | –                                         | –                                          | 5,3                                       | 7,6                               |
|          | 50            | –                                         | –                                          | 5,8                                       | 7,8                               |
|          | 60            | –                                         | –                                          | 6,4                                       | 8,0                               |
|          | 70            | –                                         | –                                          | 7,1                                       | 8,4                               |
|          | 80            | –                                         | –                                          | 8,0                                       | 8,8                               |
|          | 90            | –                                         | –                                          | 9,0                                       | 9,6                               |
| 5 pavara | 40            | –                                         | –                                          | 4,9                                       | 6,5                               |
|          | 50            | –                                         | –                                          | 5,4                                       | 6,9                               |
|          | 60            | –                                         | –                                          | 5,9                                       | 7,2                               |
|          | 70            | –                                         | –                                          | 6,6                                       | 7,4                               |
|          | 80            | –                                         | –                                          | 7,4                                       | 7,9                               |
|          | 90            | 10,4                                      | 6,9                                        | 8,3                                       | 8,5                               |



1 pav. Automobilio BMW 325 kupė kuro sąnaudos

### 3. Automobilio BMW 525 TDS kuro sąnaudų tyrimas

Antrasis tyrimas buvo atliktas su automobiliu BMW 525 TDS. Šio automobilio variklis dyzelis, bei tokio pat darbinio tūrio. Tyrimui atlikti kaip ir pirmajame bandyme buvo pasirinktas užmiesčio kelias, kad būtų galima važiuoti įvairiais greičiais, bei sausa asfalto danga. Kuro sąnaudų parodymai buvo fiksuojami automobilyje idiegtu „BORTO“ kompiuteriu. Kad bandymo rezultatai būtų tikslesni buvo naudojamas automobilio autopilotas, kad palaikyti pastovų greitį. Degalinėje sureguliuotas visų padangų slėgis iki 2,3 bar. Automobilis buvo eksploatuojamas su R15/205/65 dydžio padangomis.

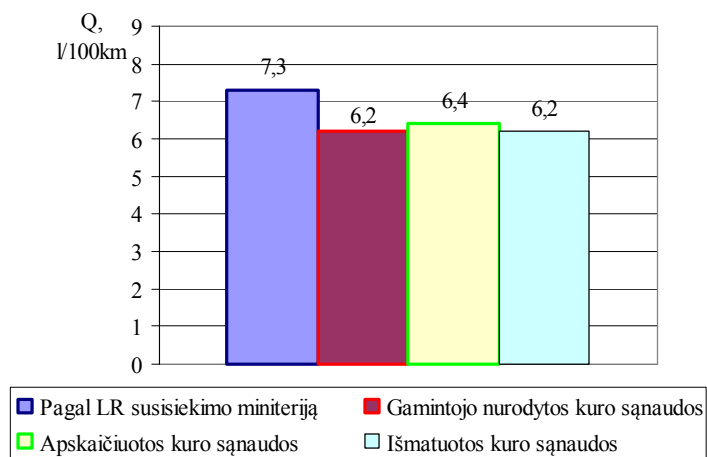
Analogiškai pirmajam automobiliui tam, kad palygintume kuro sąnaudas, pasirenkame 90 km/h greitį, nes kadangi skirtingais greičiais nei pagal LR susisiekimo ministeriją, nei pagal gamintojo teikiamus duomenis negalima paskaičiuoti. Automobilio kuro sąnaudos pateiktos 2 lentelėje.

Iš 2 pav., matyti, kad skirtumai tarp paskaičiuotų bei realiai išmatuotų kuro sąnaudų skirtumai nėra dideli, tai gali būti todėl, kadangi automobilis dyzelinis. Dyzelinių automobilių kuro sąnaudų skirtumai tarp gamintojo ir realių sąnaudų nebuna dideli. Antras dalykas kuris gali turėti įtakos nedideliems skirtumams tai automobilio pagaminimo metai. Lyginant su pirmuoju automobiliu šis automobilis naujesnis, bei jo pravažiuotas kilometražas mažesnis lyginant su pirmuoju automobiliu.

2 lentelė

## Automobilio BMW 525 TDS kuro sąnaudos

| Pavara   | Greitis, km/h | Pagal LR susisiekimo ministeriją, l/100km | Gamintojo nurodytos kuro sąnaudos, l/100km | Apskaičiuotos kuro sąnaudos $Q$ , l/100km | Išmatuotos kuro sąnaudos, l/100km |
|----------|---------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| 3 pavara | 40            | —                                         | —                                          | 4,1                                       | 5,4                               |
|          | 50            | —                                         | —                                          | 4,5                                       | 6,0                               |
|          | 60            | —                                         | —                                          | 5,0                                       | 6,8                               |
|          | 70            | —                                         | —                                          | 5,5                                       | 7,8                               |
|          | 80            | —                                         | —                                          | 6,2                                       | 9,3                               |
|          | 90            | —                                         | —                                          | 6,9                                       | 10,5                              |
| 4 pavara | 40            | —                                         | —                                          | 3,9                                       | 4,8                               |
|          | 50            | —                                         | —                                          | 4,4                                       | 5,0                               |
|          | 60            | —                                         | —                                          | 4,8                                       | 5,2                               |
|          | 70            | —                                         | —                                          | 5,3                                       | 5,6                               |
|          | 80            | —                                         | —                                          | 5,9                                       | 6,0                               |
|          | 90            | —                                         | —                                          | 6,7                                       | 6,8                               |
| 5 pavara | 40            | —                                         | —                                          | 3,8                                       | —                                 |
|          | 50            | —                                         | —                                          | 4,2                                       | 4,5                               |
|          | 60            | —                                         | —                                          | 4,6                                       | 4,8                               |
|          | 70            | —                                         | —                                          | 5,2                                       | 5,1                               |
|          | 80            | —                                         | —                                          | 5,8                                       | 5,6                               |
|          | 90            | 7,3                                       | 6,2                                        | 6,4                                       | 6,2                               |

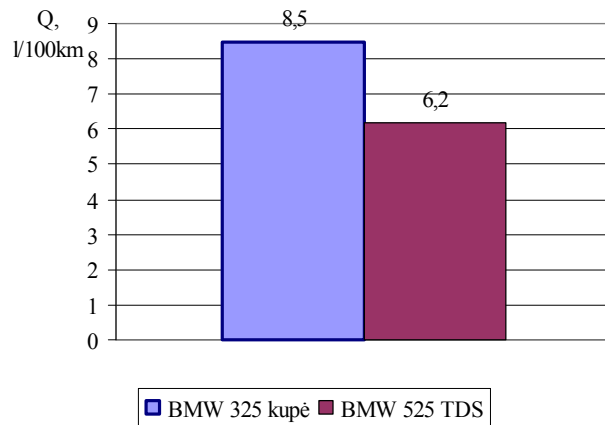


2 pav. Automobilio BMW 525 TDS kuro sąnaudos

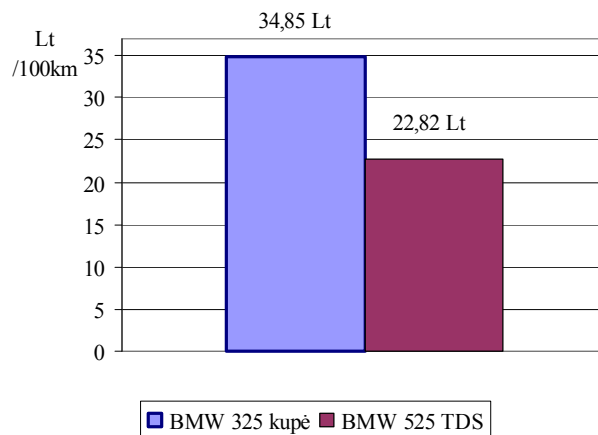


#### 4. Automobilių BMW 325 kupė ir BMW 525 TDS kuro sąnaudų palyginimas

Palyginus tokių pat darbinių tūrių automobilius, tik vieną dyzelinį o kitą benzininį matosi akivaizdus skirtumas (3 pav.). Kadangi variklių darbiniai turiai vienodi, renkantis automobilį, bei nekreipiant dėmesio į kuro sąnaudas vertėtų pagalvoti, kadangi benzininis variklis daug galingesnis lyginant su dyzeliniu, benzininis turi 141 kW, o dyzelinis 105 kW. Tai vėl gi priklauso nuo žmogaus, ar jis nori važiuoti ekonomiškai, ar mokėti už kurą brangiau, bei



3 pav. Automobilių BMW 325 kupė ir BMW 525 TDS kuro sąnaudos



4 pav. Automobilių BMW 325 kupė ir BMW 525 TDS 100 km kaina

važiuoti sportiškiau. Lyginant automobilių komfortą, dyzelinio automobilio bazė didesnė, jis komfortiškesnis, o benzininis kadangi galingesnis, bei lengvesnis, turi kietoką pakabą bei nėra toks komfortiškas kaip dyzelinis.

4 pav. pateikta kuro, reikalingo automobiliams nuvažiuoti 100 km, kainos (imtos 2010-11-23 dienos kainos). Matome, kad dyzelinio automobilio kuro, reikalingo 100 km nuvažiuoti, kaina yra 12 Lt mažesnė už to paties darbinio turio benzininio automobilio kuro kainą.

#### **4. Išvados**

1. Benzininio automobilio kuro sąnaudos skiriasi su gamintojo pateiktomis sąnaudomis 19%, tai galima pagrįsti tuo, kad automobilis nebe naujas, bei netvarkinga kuro sistema.
2. Ištyrus vienodo darbinio turio bet skirtingo kuro variklius galima padaryti išvadą, kad dyzelinis automobilis yra ekonomiškesnis.

#### **Literatūra**

1. Paprastai gyvenimas diktuoja savo tempą. Prieiga per internetą: <<http://www.automobiliuremontas.lt/kuro-sanaudu-mazinimas>> [žiūrėta 2010-10-10].
2. Vos ne kasdien brangstant automobilių kurui. Prieiga per internetą: <<http://www.medelsta.lt/main.php?id=447&lang=1>> [žiūrėta 2010-10-10].

## MOLIO SIENA: LIETUVOS SENASIS TRADICINIS STATYBOS BŪDAS

T. Kličius, S. Klimanskis

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** molinė siena, molis, konstrukcija, mušta, plaušinga medžiaga, šakos, šiaudai, plyta.

### 1. Įvadas

1864 m. panaikinus baudžiavą, sodybos skaidėsi, suaktyvėjo naujos statybos, smarkiai išaugo statybinių medžiagų poreikis. XIX a. pabaigoje nykstant miškams ir brangstant medienai paplito molio statyba. Vidurio Lietuvoje molio statyba buvo žinoma ir naudojama nuo seno, ypač laisvųjų valstiečių ar bajorų sodybose. XIX a. pabaigoje ji ypač išpopuliarėjo Šiaurės Lietuvoje. Molio statyba ypač rekomenduojama. Ji – pigi, ekologiška, praktiška ir gražiai dera kraštovaizdyje [1].

XX a. trečiajame dešimtmetyje visoje Lietuvoje pradėjo plisti molinė statyba. Tai lėmė gyventojų persikėlimas į naujas vietas ir jų tradicijų persipynimas su vietos gyvenimo bei darbo sąlygomis [2].

Molis, kaip kokybiška statybinė medžiaga, plačiai buvo naudojamas vidaus įrangos, aslų, kaminų, krosnių, pamatų bei sienų statyboje ir plytų gamyboje [1...6]. Net ir šiais laikais molinė statyba išlieka gana populiari. Daugelis užsienio turistų, atvykstančių į Lietuvos kaimus, renkasi tokią kaimo turizmo sodybą, kurios pastatai yra su molinėmis sienomis ar bent pastato konstrukcijų statyboje panaudotas molis. Moliniai namai savo populiarumu nenusileidžia ir vietos gyventojams, kurie dėl tokių namų ekologiškumo ir ekonomiško juos renkasi.

Šiame straipsnyje yra apibūdinama molinė siena ir jos statybos technologija. Išvadosse glaustai apibendrinamos tokios sienos, pabrėžiant jų privalumus ir trūkumus.

**Darbo tikslas:** supažindinti su molinės sienų konstrukcija, jos statybos technologija bei pateikti jų panaudojimo galimybes ir privalumus.

**Darbo aktualumas:** pateikta informacija naudinga senovinės tradicinės Lietuvos statybos srityje, statant pasyvųjį namą, kas pastaruoju susilaukia vis didesnio tiek užsakovų, kiek statytojų susidomėjimo. Pasiūlytas pastatų statybos būdas gali konkuruoti su įprastais statybos būdais.

## 2. Molio sienos

Tose vietose, kur yra daugybė molio, galima statyti molines sienas. Racionaliai pastatytos tokios sienos yra pakankamai higieniškos.

Apie molinių sienų statybos technologijas buvo daug svarstoma ir galiausiai buvo išdirbti tipai:

- 1) muštos molio sienos;
- 2) molio sienos su plaušinga medžiaga;
- 3) molio-šakų sienos;
- 4) šiaudų sienos, aplietos moliu;
- 5) nedegtų (molio su šiaudais) plytų sienos;
- 6) molio sienos su mediniu karkasu.

### 2.1. Muštos molio sienos

Statant šio tipo sienas, molis iškasamas iš žemės, gerai sutrambuojamas ir vartojamas natūralaus drėgnumo. Tokioms sienoms tinka bet koks molis, jei tik jis ne per daug riebus ar liesas. Jei būtų vartojamas per riebus molis, sienai džiūvant atsirastų daug plyšių. Jei per liesas – Lietuvos sąlygomis būtų gauta per silpna siena.

Paprasčiausiu būdu galima sužinoti, koks yra molis: riebus ar liesas. Tam reikia padaryti keletą mažų plytelių ir jas išdžiovinti. Iš riebaus molio padarytose plytelėse bus plačių, iš ne labai riebaus – siaurų plyšelių, o lieso molio – plyšių plytelėse išvis nebus. Drėgnas riebaus molio gabaliukas, mestas žemėn nesutrumpa, kaip, pavyzdžiui, drėgno smėlio gabalas, o tiksliai pakeičia savo formą.

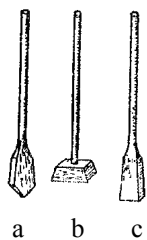
Muštos molio sienos pradedamos statyti taip: ant paruošto cokolio klojamas hidroizoliacijos sluoksnis, po to montuojamos sienos formos.

Šios formos montuojamos statybos aikštelėje. Jos yra apie 300 mm aukščio. Montavimas vykdomas tokia tvarka: prie statomo pastato kampų ir išilgai sienos įkasami laikini mediniai stulpai, po to iš vidinės pusės prikalamos medinės lentos, kurios sudaro formos sieną.

Pastačius formas, kasamas molis (viršutinio sluoksnio nereikia naudoti, nes yra per sausas), atgabenamas ir supilamas į formą. Vėliau reikia jį stipriai trambuoti apie 10 kg masės trambuokliais (1 pav.). Molis trambuojamas 100 mm storio sluoksniais tol, kol bus pripildyta visa forma (300 mm aukščio).

Molio sienos nestatomos storais sluoksniais dėl to, kad sluoksniai greičiau džiūtų. Džiūvimas trunka 2...3 dienas, t. y. per tiek laiko mūrininkas apeina visą statomą pastatą. Apėjęs, mūrininkas pila sekantį sluoksnį (eilę) ir, tokiu būdu, be pertraukos, tęsia darbą tol, kol užbaigiamos statomos sienos.

Šio tipo sienos statomos su vienu oro tarpu arba be jo. Oro tarpas formuojamas naudojant medines šerdeles, kurios montuojamos kartu su formomis.



1 pav. Trambuokliai: a – pagrindinei sienos masei trambuoti; b – trambavimui prie sienos formų; c – paviršiaus lyginimui

Kol vyksta statybos darbai, sienos turi būti apsaugotos nuo lietaus, todėl vakare, baigus darbus ir prieš lietų jas reikia uždengti šiaudais (kad vėjas nenupūstų, ant šiaudų uždedami sunkūs daiktai, pavyzdžiui, mediniai tašai, plytos ar rieduliai). Be to, sienas galima apdengti toliu ar lentomis.

Kaip yra žinoma, džiūstančio molio tūris mažėja, todėl sienos susėda. Tai labai apsunkina langų ir durų angų apmūrijimą, taip pat kampų, viršdurių ir viršlangių apdirbimą degtomis plytomis, kas leidžia pagražinti ir sustiprinti namą. Sienos susėda ne tik džiūstant moliui, bet taip pat nuo viršutinio sluoksnio slėgimo.

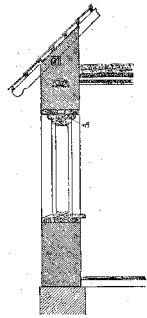
Slėgis į palangių lygyje esančią horizontalę ir sienos plokštumą tose vietose, kur yra langai, yra mažesnis, o tose vietose, kur jų nėra – didesnis (nes čia yra storesnis molio sluoksnis). Dėl šios priežasties, sienos tarp langų labiau susėda nei sienos po langais. Galiausiai dėl to sienoje atsiranda plyšiai. Siekiant to išvengti sienos statomos be angų ir vėliau, sienai nusėdus ir išdžiūvus, jos išpjaunamos. Kita vertus, tokios angos gali būti formuojamos, kai siena statoma, bet į jas būtina pridėti kokių nors sunkių daiktų, kad tos sienos dalies svoris būtų apytiksliai lygus sienos dalies be angų svoriui.

Molis yra pernelyg silpna medžiaga, kad vien iš jo būtų formuojami arkos (lankai) langų ir durų viršuje. Todėl šios angos perdengiamos storomis lentomis arba gelžbetoninėmis sąramomis (tokios sąramos naudojamos statant mūro sienas), kurių galai įleidžiami į sieną. Jei angos išpjaunamos vėliau, vis dėlto, būtina naudoti lentas, kurios tvirtinamos reikiamame aukštyje, kad būtų apsaugota anga. Montuojant durų staktas, būtina užtikrinti, kad staktos nekliudytų sienos sėdimui. Tam tikslui, virš staktų paliekamas tarpas, kuris užpildomas pakulomis.

Kad langų ir durų angokraščiai būtų gražesni ir stipresni, jie apdirbami lentomis. Langų rėmų, ar durų staktų paviršiai, kurie liečiasi su molio sienos angokraščio paviršiumi privalo būti hidroizoliuoti.

Tarp degtomis plytomis išmūrytų kampų ir molio sienų paliekamas tarpas, kuris užtaisomas tik sienoms susėdus. Jei tas nebūtų nepadaryta, tarp molio ir plytų gali atsirasti plyšiai.

Po perdangos sijų galais, prie molio sienos pritvirtinama stora medinė lenta ar pusrastis, kad tokiu būdu sijų slėgis būtų paskirstytas didesniai plotui. Gegnėms atremti ant sijų galų tvirtinami mūrločiai (2 pav.).



2 pav. Muštos molio sienos pjūvis

Sienos viršų būtina uždengti hidroizoliacine medžiaga, geriausiai – toliu, kad nesudrėktų. Sudrėkęs sienos viršus labai blogina jos techninę būklę, ji ima gesti.

Praėjus mėnesiui po sienų statybos užbaigimo, kai sienos pakankamai sustiprėja, medinė viršutinė perdanga užpilama gruntu ir dengiamas stogas. Kol stogas neuždengtas, sienos turi būti apsaugotos nuo lietaus, jas uždengiant toliu, šiaudais ar polietileno plėvele.

Iki pirmųjų šalnų molio sienos turi visiškai išdžiūti, nes drėgnos molio sienos atlydžio metu dažniausiai iširsta. Dėl šios priežasties tokios sienos pradedamos statyti ankstyvą pavasarį.

Sienos iš nemindyto molio retai būna stiprios, nes iškastas molis paprastai yra įvairios sudėties. Dėl to džiūvimo metu atsiranda nevienodi įtempiai.

Jei į molį nededama jokių rišančių medžiagų, jis apdirbamas tokiu būdu: molis minamas, maišomas, pilama vandens, o kartais ir smėlio, jei molis labai riebus. Paprastai molis minamas arkliais. Molis supilamas į apskritą 250 mm storio ir 15 m skersmens sluoksnį. Jo centre stovi vienas žmogus, kuris ragina arkliu bėgioti moliu. Kitas darbininkas laisto mindomą molį vandeniu. Sumintas molis supilamas į krūvas, leidžiant jam truputį apdžiūti, ir tik po to molis pilamas į sienos formas.

Kad molį būtų galima lengviau apdirbti, jis kasamas rudenį ir supilamas į 60 cm aukščio krūvas. Molis žiemą persąla ir pavasarį tampa trupus.

## 2.2. Molio sienos su plaušinga medžiaga

Vis dėlto, sienos iš apdirbto ir neapdirbto molio yra gana silpnos ir, svarbiausia, labiau leidžia šilumą. Siekiant šį trūkumą pašalinti, į molį

įmaišoma plaušinga medžiaga, t. y. šiaudai, viržiai, spaliai ir t. t. Šiaudai su molio sumaišomi mindant arkliais.

Tuo atveju, ant supilto, anksčiau nurodytu bodu, molio dedamas kapotų šiaudų sluoksnis (apie 15...20 kg 1 m<sup>3</sup> molio), ir varinėja po molį arklius tol, kol masė pasidaro visur vienodos sudėties.

Taip minkomas molis laistomas vandeniu iš laistytuvo. Baigus minkyti, molis supilamas į krūvas, kad iš jo išsisunktų nereikalingas vanduo. Po to molis naudojamas sienoms statyti.

Siekiant apsaugoti, kad paruošto ir sukrauto molio neišplautų lietus, krūvos apdengiamos šiaudais ir apkasamos griovelio. Dar geriau – paruoštą molį laikyti po stogine ar pašiūrėje.

Šio tipo sienų statybai naudojamos tokios pačios formos, kaip ir muštoms molio sienoms. Tokiu pačiu būdu jos ir tambuojamos.

Dėl molyje įmaišytos plaušingos medžiagos sienos tampa tvirtesnės ir šiltesnės. Gyvenamiems namams tokias sienas rekomenduojama statyti ne plonesnes kaip 600 mm. storio. Taip pat labai gerai padaryti oro tarpą, nes tokios sienos greičiau džiūsta ir mažiau laidžios šilumai.

Visos kitos šio tipo sienos konstrukcinės dalys yra tokios pačios, kaip ir muštų molio sienų. Todėl jos nebekartojamos. Svarbu pažymėti, kad 1 m<sup>3</sup> tokio tipo molio sienai reikia 1m<sup>3</sup> molio, 15...36 kg šiaudų ar kitos plaušingos medžiagos. Prikasti 1 m<sup>3</sup> molio, apdirbti jį ir sutrambuoti sienas užtrunka 1,5 darbo dienos.

### **2.3. Molio – šakų sienos**

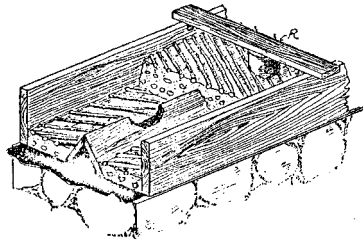
Molio – šakų sienos, kaip jų pavadinimas rodo, statomos iš molio ir šakų.

Šio tipo sienoms galima vartoti bet kokią molį, tik jis neturi būti per daug liesas. Jei iškastas molis yra vienodos sudėties, jį galima naudoti neapdirbtą, truputį palaisčius vandeniu. Jei molis yra nevienodas, reikia jį stipriai minti bei įmaišyti į jį šiaudų ar spalių.

Sienoms geriausiai tinka spygliuočių šakos, ypač pušies. Lapuočių – beržų ar alksnių šakos nerekomenduojamos, nes jos greitai pūva. Šakas geriausia kirsti žiemą. Kiti sezonai tinkamiausi jų paruošimui: kapojimui į mažesnes dalis – iki 70 cm ilgio. Tinkamas šakų storis turi būti ne plonesnis kaip piršto ir ne storesnis kaip rankos. 1 m<sup>3</sup> sienos reikia 0,9...1,1 m<sup>3</sup> iškasto molio ir 0,7...0,9 m<sup>3</sup> šakų.

Gyvenamiems namams tokias sienas rekomenduojama statyti ne plonesnes kaip 600 mm storio. Taip pat formuojami horizontalieji ir vertikalieji ventiliacijos kanalai.

Statybos darbai vykdomi tokia tvarka: įrengiami pamatai (paprastai pamatas yra 100 mm platesnis nei siena); pamatų paviršius hidroizoliuojamas. Išilgai pamato dedama iš lentų sukonstruota trikampė prizmė, kaip pavaizduota 3 pav.



3. pav. Pagrindas, ant kurio formuojama molio-šakų siena

Po to iš lentų montuojama sienos forma. Galiausiai baigus formos įrengimo darbus, pradedami sienos įrengimo darbai – į tarpus tarp formos lentų ir trikampės prizmės klojamas ir trambuojamas pirmasis molio sluoksnis. Ant šio sluoksnio įstrižai klojamas šakų sluoksnis, o ant jo – sekantis molio sluoksnis, kuris taip pat trambuojamas.

Sienos montavimo metu įrengiami vertikalūs kanalai, 0,8...1,0 m atstumu vienas nuo kito. Vertikalūs kanalai sujungiami su horizontaliuoju kanalu (trikampe prizme). Sujungimo vietoje, prizmės viršuje prakertama skylė. Kartais vietoj trikampės prizmės dedamas storas medinis stiebas, kuris vėliau ištraukiamas. Tokiu būdu horizontalusis kanalas gaunamas be mediniu sienelių.

Molio sluoksnis tarp šakų siekia 100 mm. Kiekvienas sekantis šakų sluoksnis dedamas įstrižai prieš tai sudėtam.

Langų ir durų angokraščiai apdirbami tokiu pačiu būdu, kaip nurodyta 2.1 poskyryje. Kai sienos baigiamos formuoti, dedamas vienas horizontalus kanalas, kuris jungia visus vertikalius kanalus. Viršutinis kanalas sujungiamas su ventiliaciniu kaminėliu, o apatinis – su kambariais ir su rūsiu. Jei prie išorinės sienos nenumatomas ventiliacinio kaminėlio, tai viršutinis horizontalusis kanalas sujungiamas su vidinės sienos viršutiniu horizontaliuoju kanalu. Sienos užbaigiamos taip, kaip minėta ankstesniuose poskyriuose.

Šio tipo sienos greitai džiušta ir mažai sėda. Tokio tipo sienos turi didelį pranašumą, palyginti su kitų tipų molio sienomis ir ypač tinkamos gyvenamiesiems namams.

#### 2.4. Šiaudų sienos, aplietos moliu

Į anksčiau minėtus sienų tipus taip dedami šiaudai, bet nedaug. Jie turi sienų kokybę pagerinančią funkciją.

Šio tipo sienose šiaudai naudojami kaip pagrindinė statybinė medžiaga, o molis juos tik sulipdo. Šį sienų statymo būdą ištyrė agronomas Krasauskas [7].

Parengiamieji darbai tokie patys, kaip minėta 2.1 poskyryje. Pagrindinį dėmesį reikia atkreipti į sienų kampų sustiprinimą.



Formų įrengimo darbams naudojamos nuobliuotos lentos, kad siena būtų lygi ir lengvos formos.

Paruošiamieji darbai apima molio mišinio maišymą. Šiam tikslui, prie statomo pastato iškasamos dvi duobės. Į jas supilamas molis. Vandens pilama tol, kol maišomas mišinys tampa panašus į grietinę. Molis maišomas darbo dienos metu pakaitomis – pirma vienoje, vėliau kitoje duobėje.

Kai atgabenami šiaudai, pradedami sienų liejimo darbai. Šiaudai, geriausiai rugių, sudedami į formas ir mindomi kojomis. Sumindytų šiaudų sluoksnis turi būti apie 100 mm storio. Tada ant šiaudų pilamas paruoštas molis. Po to dedamas sekantis šiaudų sluoksnis ir procesas kartojamas. Darbai vykdomi tol kol užpildoma visa forma.

Šiaudai ir skystas molis sudaro gana stiprią konstrukciją, kuri atlaiko didelį slėgį, tad sienų statymo darbus galima tęsti be technologinių pertraukų.

Būsimų langų vietose laikinai įstatomos storos lentos, kurios turi būti 60 cm platesnės už angokrščius (lentos pašalinamos sienai sukietėjus). Viršuje paliekamas apie 100 mm tarpas sienos sėdimui. Panaši technologija taikoma durų įrengimui – kad būtų galima į pastatą įeiti darbo metu, durų staktos pastatomos formuojant sieną.

1 m<sup>3</sup> tokios sienos reikia 60...80 kg šiaudų ir apie 1/3 m<sup>3</sup> molio.

Norint pasiekti geriausią rezultatą, reikia daug darbininkų, dirbančių vienu metu. Per vieną darbo dieną 20 darbininkų grupė gali pastatyti vieno nedidelio gyvenamo namo sienas.

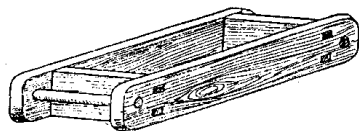
Paprastai gyvenamųjų namų tokio tipo sienų storis būna 500...550 mm. Gerai pastatyto sienos yra geros kokybės ir gali ilgai stovėti. Jų taip pat negrauzia pelės.

## 2.5. Nedegtų (molio su šiaudais) plytų sienos

Nedegtos molio su šiaudais plytos gaminamos šiek tiek didesnių matmenų nei įprastos degtos plytos, pavyzdžiui, 400×200×150 mm. Jos gaminamos rankomis statybų aikštelėje. Tai yra puikus būdas siekiant išvengti transportavimo, kurio metu plytos gali būti pažeistos.

Plytų gamybai naudojama bedugnė formavimo dėžė (4 pav.). Dėžės dydis priklauso nuo plytos dydžio.

Molis naudojamas toks pat, kaip ir muštoms molio sienoms. Į molį įmaišoma kapotų šiaudų ar pakulų.



4 pav. Nedegtų molinių plytų gaminimo forma

Plytos daromos tokiu būdu: bedugnės formavimo dėžės vidinės sienelės ir medinis pagrindas, ant kurio pastatyta dėžė, sudrėkinami vandeniui ir pabarstomi smėliu; paruoštas molis supilamas į dėžę; plytos viršus išlyginamas mediniu peiliu; darbininkas už rankenų iškelia formą.

Visos kitos plytos gaminamos tokiu pačiu būdu. Pagamintai plytai šiek tiek apdžiūvus, ji apverčiama ant šono ir paliekama džiūti dar kurį laiką. Vėliau visos plytos sudedamos į rietuves, kur paliekamos, kad galutinai išdžiūtų. Geriausia plytas formuoti ir džiovinti po stogine.

Mūro darbų technologija tokia pati, kaip ir mūrijimo degtomis plytomis. Vietoj mūro skiedinio naudojamas molis, tačiau jo sluoksnis turi būti plonas, kad siena per daug nesudrėktų. Langų ir durų angokraščių apdirbimas, perdangų sijų montavimas yra toks pat, kaip ir statant muštas molio sienas.

Šio tipo sienos džiūsta gana greitai. Paprastai tokios sienos pasatomos per dvi vasaras: pirmą vasarą gaminamos ir džiovinamos plytos, antrą – mūrijamos pastato sienos. Sienos yra stiprios ir stabilios. Jos taip pat tinkamos gyvenamųjų namų statybai; nesunku įrengti oro tarpus.

Paprastai šio tipo sienų storis būna 500...600 mm.

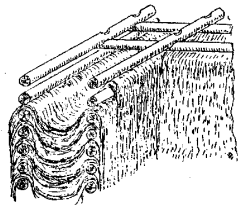
## 2.6. Molio sienos su mediniu karkasu

Molio sienoms su mediniu karkasu reikia daug medienos, tačiau pakanka ir plonų rąstelių.

Sienos statomos tokia tvarka: renčiamas karkasas iš plonų rąstelių, tarp kurių paliekami dideli tarpai; karkasas užpildomas šiaudais: ant kiekvieno įręsto vainiko skersai dedant šiaudų, išmirkytų skystame molyje; ant tų šiaudų dedamas kitas plonų rąstelių vainikas, o ant šio – šiaudų, išmirkytų skystame molyje ir t. t. Pastatytas sienas belieka išlyginti ir užtepti plonu molio sluoksniu išsikišusių šiaudų galus. Šio tipo sienos yra gana stiprios, stabilios ir pigios.

Be to, medinis karkasas gali būti renčiamas ir iš kerčių, tačiau reikia rėsti dvigubą, t. y. daryti dvi lygiagrečias kerčių eiles. Šiaudai dedami taip, kaip nurodyta anksčiau (5 pav.).

Ši sienų statybos technologija naudojama šaltiems pastatams, t. y. negyvenamiems. Pagrindinį karkasą sudaro kolonos karkaso tarpuose, sijos ir fachverkinės kolonos.



5 pav. Molio sienos su mediniu karkasu fragmentas

Jei tokio tipo sienos naudojamos gyvenamųjų namų statyboje, būtina įrengti tvirtus pamatus, vidines pertvarines sienas, ant kurių remiamos perdangos sijos.

Palyginus su medinėmis, molio sienos su mediniu karkasu pasižymi galimybe vartoti paprastesnes medžiagas, ekonomiškumu, priešgaisrinėmis savybėmis ir apsauga prieš peles.

Be čia minėtų medžiagų gali būti naudojamos alternatyvios medžiagos, tokios kaip durpės. Tačiau naudojant durpes būtina turėti papildomų žinių apie tai, kiek laiko durpės nesupūva. Beje, šio tipo sienų statyboje durpės beveik nenaudojamos, todėl jų ši alternatyva nenagrinėjama.

### 3. Išvados

Šiame straipsnyje apibūdinama molinė siena ir jos šeši tipai. Pagrindinis dėmesys skirtas šios sienos statybos technologijai. Apibendrinant galima, kad molinė statyba gali būti taikoma kaip alternatyva statant pasyvųjį namą.

Lyginant su šiuolaikine statyba, molinė statyba atrodo pasenusi, tačiau pastaroji paremta ekologiškumu bei ekonomiškumu ir tai yra Lietuvos tradicija, siekianti XIX a. pabaigą. Derėtų atminti, jog molinių namų populiarumas didėja ir užsienio turistų tarpe.

### Literatūra

1. **Bertašiūtė R., Baltrušaitis V., Burinskaitė I., Žumbakienė G.** Vakarų Aukštaitijos tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2008. 23 – 24 p. ir 90 p.
2. **Kačinskaitė I., Baltrušaitis V., Burinskaitė I., Žumbakienė G.** Suvalkijos (Sūduvos) tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2008. 11, 40 – 41 p. ir 91 p.
3. **Bertašiūtė R., Vasiliauskaitė V., Žumbakienė G., Bortkūnas R., Norvaišaitė N.** Rytų Aukštaitijos tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2009. 20 – 23 p.
4. **Purvinas M.** Mažosios Lietuvos tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2008. 8 – 35 p. ir 37 p.
5. **Bomblauskas J., Burinskaitė I., Žumbakienė G.** Žemaitijos tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2008. 40 – 41 p.
6. **Andriušytė A., Baltrušaitis V., Burinskaitė I., Žumbakienė G.** Dzūkijos tradicinė kaimo architektūra. – Vilnius: Etninės kultūros globos tarybos sekretoriatas, 2008. 16 – 18 p.
7. Architektūros ir aplinkos darba: šiaudinis namas // *Meisteris*, Nr. 6, 2007. 8 – 15 p.

## VAIRUOTOJŲ BŪSENOS ATPAŽINIMO SISTEMOS INFRARAUDONŲJŲ SPINDULIŲ DIAPAZONE TYRIMAS

**A. Blagoderov, V. Sinkevičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** atpažinimas, budrumo sistema, saugaus eismo valdymas

### 1. Įvadas

Yra daug profesijų arba veiklų kur būtinas pastovus dirbančiojo ar budinčiojo žmogaus budrumas ir aktyvumas. Viena iš tokių veiklų yra automobilio vairavimas [1]. Nuovargis, miego stoka, ilgalaikis sėdėjimas vienoje pozoje, monotoniški variklio ir važiuoklės garsai mažina vairuotojo budrumą. Tai aktualu didelių transporto priemonių, traukinių, metro, sunkvežimių ar autobusų vairuotojams.

Tos pačios vairuotojo budrumo problemos kyla vairuojant lengvuosius automobilius, kai vairuotojas yra vienas automobilyje arba važiuoja su miegančiais keleiviais. Mažėjant vairuotojo budrumo lygiui labai didėja autoįvykio atsitikimo tikimybė. Vairuotojai su sumažėjusiu budrumu turi labai žemą gebėjimą atpažinti kelio ženklus ir realiai įvertinti situaciją kelyje. Vairuotojai tokioje būsenoje sukelia didžiulį pavojų aplinkiniams ir patys sau. Vairuotojas su stipriai sumažėjusiu budrumu, jei nesustojama pailsėti, gana dažnai pereina į miego būseną. Tokiu atveju automobilis tampa visiškai nevaldomas ir beveik visuomet įvyksta avarija. Pastovus automobilių kiekio didėjimas keliuose ir dėl to prastėjančios vairavimo sąlygos vairuotojo budrumo palaikymo problemą tik didina.

### 2. Miegoisto vairuotojo aptikimo metodai

Daugeliu atveju vairuotojo būsenos budrumo stebėjimas ir savalaikis signalizavimas apie budrumo sumažėjimą padėtų išvengti daugybės automobilių avarių arba sumažinti jų žalingumą. Tokia budrumo stebėjimo sistema gali būti realizuota technikos priemonėmis. Avarių keliuose sumažinimui ir eismo saugumo padidinimui yra kuriamos ir tiriamos įvairios vairuotojo būsenos aktyvios ir pasyvios kontrolės sistemos.

## 2.1. Aktyvios kontrolės sistemos

Geriausi rezultatai buvo pasiekti metodikomis, kur yra matuojami žmogaus fiziologiniai parametrai – širdies darbo ritmas ir smegenų aktyvumas [2]. Vairuotojas gali būti "aprengtas" EEG kepure, EOG elektrodais ir širdies plakimo fiksavimo elektrodais (1 pav.).



1 pav. Vairuotojas bandymo metu prijungiamas prie širdies dažnio fiksavimo įrenginio, EOG elektrodu bei užmaunama EEG kepurė

Tačiau mes nelabai galime įsivaizduoti vairuotoją, kuris pats savo noru prieš kelionę automobiliu prie galvos, rankų prisijungtų keliolika elektrodų, patikrintų kiekvieno elektrodo prijungimo kokybę. Tokie metodai geri tyrinėjant, tačiau kasdieniniame gyvenime tai visiškai netinka.

## 2.2. Pasyvios kontrolės sistemos

Kitoje tyrimų kryptyje naudojami pasyvūs metodai ir čia vairuotojo veidas yra tik stebimas. Jokių tiesioginių kontaktų ar laidų nenaudojama. Iš vairuotojo akių būsenos, veido išraiškos, galvos padėties ir žvilgsnio krypties galima spręsti apie vairuotojo aktyvumą. Taip pat yra įvertinamas akių vokų judėjimo greitis, žvilgsnio fiksavimo į vieną tašką laikas ir paties žvilgsnio kryptis. Tipiškuose nuvargusio arba užmiegančio žmogaus veido vaizduose vokai juda labai lėtai, akys mažai pravertos arba iš viso užmerktos, nuleista galva. Kai kuriais retais atvejais žmogus užmiega atmerktomis akimis, tada akių obuoliai pasisuka aukštyn ir akyse išnyksta vyzdžiai.

Visų šitų vizualinių charakteristikų panaudojimas, stebint vairuotojo veidą videokamera ir panaudojant šiuolaikinius vaizdų apdorojimo metodus yra vienas iš populiariausių ir perspektyviausių budrumo stebėjimo metodų.

Tokia žmogaus budrumo pasyvaus stebėjimo sistema sėkmingai gali būti naudojama ne tik automobiliuose, bet ir kitose su operatoriaus budrumu susietose profesijose. Tai gali būti budintys apsaugos darbuotojai, budintys jūreiviai, pavojingos gamybos operatoriai ir visi kiti, kurie darbo metu neturi užmigti ir visą laiką turi būti budrūs.

### 3. Pasyvių budrumo stebėjimo sistemų ypatumai

Pasyvios budrumo stebėjimo sistemos skirtos atpažinti žmogaus, kurio veidas yra stebimas, budrumo būseną. Tokia sistema nėra skirta atpažinti automobilio savininką.

Kitas esminis ypatumas tai, kad transporto priemonėje videokamera negali būti padėta ten, kur tyrinėtoji patogia. Prieš vairuotoją yra labai mažai erdvės vietų, kuriose padėta kamera netrukdytų vairuotojui, nebus užstojiama vairuotojo rankų, vairo ir vairuotojo veidas bus visą laiką matomas. Parenkant vietą reiktų įvertinti tai, kad tekančios ar besileidžiančios saulės spinduliai per automobilio šoninius ar galinius langus gali „apakinti“ videokamerą ir budrumą stebinti sistema taps neveiksni.

Dar vienas esminis ypatumas tai, kad važiuojant nakties metu vairuotojo veidas gali būti visiškai tamsoje arba labai ryškiai apšviestas priešais atvažiuojančių automobilių žibintų. Pasyvių budrumo stebėjimo sistemų šviesos šaltiniai ir jų pastatymo vietos iš esmės lemia visos sistemos darbą.

### 4. Veido apšvietimo problemos

Viena iš pagrindinių veido atpažinimo sistemų problema yra veido apšviestumo stipris ir šviesos šaltinio kryptis. Vairuotojo veido apšviestumas važiuojant naktį praktiškai yra artimas nuliui. Šiuo atveju pagrindinis šviesos šaltinis yra prietaisų skydelio sklindanti šviesa ir nuo kelio atspindinti žibintų šviesa. Tokio apšvietimo videokameras nepakanka ir būtina naudoti papildomą šviesos šaltinį.

Pasyviose budrumo sistemose apšvietimo problema yra išsprendžiama pasinaudojant infraraudonos šviesos spinduliais, kurių žmogaus akis nemato. Tačiau tokiu atveju tenka naudoti videokameras, kurios gali priimti tos bangos ilgio spindulius.

Važiuojant naktį automobilio kabinos vidų atsitiktinai gali apšviesti stiprūs šviesos šaltiniai. Tai priešpriešiais važiuojančio automobilio prožektoriaus šviesos, periodiškai atsirandanti ir išnykstanti gatvių žibintų šviesa ar atsitiktinė reklamų šviesa. Šie šviesos šaltiniai vairuotojo veidą apšviečia netolygiai, keičiasi šviesos spindulių kryptis ir stiprumas. Tokių apšvietimo besikeičiančia matoma šviesa poveikių galima išvengti, jei video kamera „nemato“ matomos šviesos spindulių.

Važiuojant dienos metu, kai aplinkoje yra šviesu, kyla kitos problemos. Priklausomai nuo saulės padėties danguje, vairuotojo veidas gali būti apšviestas išsklaidyta šviesa arba tiesioginiais saulės spinduliais. Veido apšvietimo kryptis keisis keičiantis automobilio važiavimo kryptį. Apšvietimo stiprumas keisis įvažiuojant į tunelius, pravažiuojant po viadukais, prasilenkiant su didelėmis transporto priemonėmis. Toks apšviestumo

stiprumo ir krypties keitimasis komplikuoja budrumo stebėjimo sistemos darbą.

Todėl yra tikslinga vairuotojo veidą apšviesti infraraudonais spinduliais ir dienos metu, kai matomos šviesos videokamerei tikrai pakanka. O tam, kad matoma šviesa ir jos pokyčiai netrukdytų, yra panaudojamos infraraudonųjų spindulių videokameros. Joms papildomai uždedamas optinis filtras, kuris nepraleidžia matomos šviesos spindulių.

Tokiu būdu į videokamerą patenka nuo veido atspindėję infraraudonieji spinduliai, kurių stiprumas dieną ir naktį yra toks pats. Taip pat visą laiką ta pati infraraudonųjų spindulių sklaidimo kryptis ir jų stiprumas, kadangi šviesos šaltinis yra įmontuojamas automobilyje priešais vairuotoją.

Veido atpažinimo sistemos, veikiančios infraraudonajame spektre, neįtakoja besikeičianti šviesa matomajame spektre. Ji gali dirbti be jokių problemų bet kurio apšvietimo sąlygomis, net ir visiškoje tamsoje. Jai taip pat neturi įtakos žmogaus odos spalva, įdegimas, naudota kosmetika bei akių spalva.



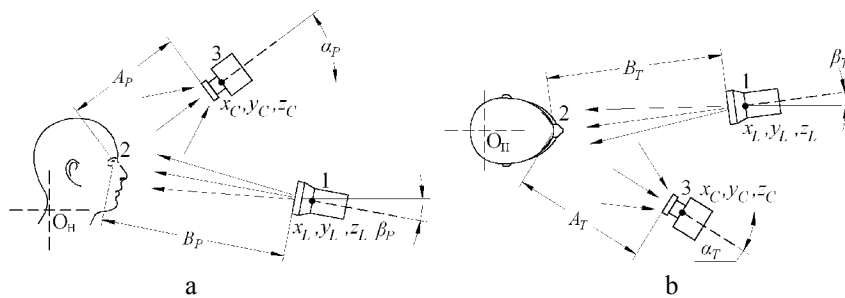
2 pav. Veidas matomos šviesos diapazone bei infraraudonos šviesos diapazone

#### 4. Tyrimo eksperimentinė sistema su robotu

Pasyvių budrumo stebėjimo sistemų kūrimui, tyrimui ir apmokymui buvo sukurta pagalbinė robotizuota sistema. Joje infraraudonų spindulių videokamera bei infraraudonos šviesos šaltinis gali būti įtvirtintas roboto griebtuve ir dinamiškai judėti erdvėje, keisti atstumą iki tiriamojo veido ir kryptį atžvilgiu veido. Esant reikalui kamera arba šviesos šaltinis gali būti statiškai pritvirtintas prie specialaus stovo. Vairuotojas sėdi kėdėje ir laiko galvą vienoje pozicijoje.

Roboto griebtuvo padėtis ir orientacija erdvėje valdoma programiškai. Video kameros ir šviesos šaltinio padėtys aprašomos koordinatėmis  $x_C, y_C, z_C$  ir  $x_L, y_L, z_L$  (3 pav.). Orientacija nurodoma kampais  $\alpha_P, \beta_P$  profilio projekcijos plokštumoje ir  $\alpha_T, \beta_T$  horizontalioje projekcijoje. Žmogaus galvos sukimosi taškas  $O_H$  priimtas kaip koordinatinių sistemos pradžios taškas. Parašomos programos robotams, nurodant reikiamas koordinates ir kampus. Atliekant

tyrimus vykdoma programa ir kamera su šviesos šaltiniu dideliu greičiu ir tikslumu perkeliama ir pasukama.



3 pav. Stendo projekcija iš šono (a) stendo projekcija iš viršaus (b):  
1 – šviesos šaltinis, 2 – veidas, 3 – video kamera

Kitas šios sistemos privalumas pasireiškia, kai pasyvios budrumo stebėjimo sistemos apmokymui ar testavimui reikia sukurti keliolika ar keliasdešimt serijų nuotraukų [3]. Tose nuotraukose vairuotojas pakreipęs veidą įvairiais kampais horizontalia ir vertikalia kryptimi. Papildomai gali būti fiksuojamos skirtingos žvilgsnių kryptys.

## 5. Išvados

1. Dviejų robotų panaudojimas kameros ir šviesos šaltinio pozicionavimui garantuoja eksperimentų, skirtų budrumo stebėjimo sistemai tirti ir derinti, pakartojamumą.
2. Robotų greitaveika suteikia galimybę per trumpą laiką gauti testines nuotraukas įvairiais iš anksto užduotais videokameros ir šviesos šaltinio kampais.

## Literatūra

1. **Ji Hyun Yang, Zhi-Hong Mao.** Detection of Driver Fatigue Caused by Sleep Deprivation. IEEE transactions on systems, man and cybernetics – Part A: Systems And Humans, Vol. 39, 2009. Pages 694 – 705.
2. **Kim Hong, Chung.** Electroencephalographic study of drowsiness in simulated driving with sleep deprivation. International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 35. 2005, Pages 307-320.
3. **Stan Z. Li, Anil K. Jain.** Handbook of face recognition. Springer, 2005. 394 p.



# SKENUOJANČIO ZONDO MIKROSKOPO ELEKTROMECHANINĖS SISTEMOS DINAMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

A. Ivašauskas, I. Morkvėnaitė-Vilkončienė, D. Viržonis

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** Atominių jėgų mikroskopas, AJM valdymo sistema.

## 1. Įvadas

Yra trys pagrindinės skenuojančių mikroskopų rūšys: tuneliniai (STM), optiniai artimojo lauko ir atominės jėgos mikroskopai (AJM). Atominės jėgos mikroskopu galima išmatuoti beveik bet kokio tipo paviršiaus mėginių parametrus, įskaitant polimerus, keramiką, kompozitus, stiklą ir biologinius mėginius. AJM naudojami tiek medžiagos paviršiaus charakterizavimui, tiek nanodarinių vizualizavimui ir nanomatavimams. Tipinė lateralinė AJM skiriamoji geba yra dešimtosios nanometro dalys. Veiksniai, ribojantys atominės jėgos mikroskopų skiriamąją gebą: zondo geometrija (nusidėvėjimas), šiluminis zondo judėjimas, gembės defektai, aplinka (oras, vakuumas) [1...8].

**Darbo tikslas:** tiriant skenuojančio zondo mikroskopo elektromechaninės sistemos savybes, išsiaiškinti su tomis savybėmis susijusių vaizdo artefaktų atsiradimo priežastis.

## 2. Metodai

Modelis sudarytas *Matlab Simulink* programiniu paketu. Šiuo metodu paprasta dalinti sistemą į posistemes ir tirti ryšius tarp jų. Sistema susideda iš trijų pagrindinių dalių: liestuko ir paviršiaus tarpusavio sąveikos jėgos, gembės ir skenerio elektromechaninės dalies. Paviršiaus struktūra *Matlab Simulink* yra generuojama iš bloko Pulse generator. Pasirinkta silicio gembė, kurios skerspjūvis stačiakampis, matmenys:  $50\ \mu\text{m} \times 2\ \mu\text{m}$ , ilgis  $450\ \mu\text{m}$ , tamprumo konstanta  $0,2\ \text{N/m}$ , liestuko kreivumo spindulys  $10\ \text{nm}$ . Gembės masė  $m = 0,1\ \text{ng}$ . Skenerio perdavimo funkcijos koeficientai:  $R_{sc} = 360\ \Omega$ ,  $L_{sc} = 0,3\ \text{H}$ ,  $m = 35\ \text{g}$ ,  $k_{sc} = 185\ \text{N/m}$ . Paviršiaus jėgos suskaičiuotos iš šių dydžių:  $H_{Si} = 168 \cdot 10^{-21}\ \text{J}$ ,  $H_{PMMA} = 7,9 \cdot 10^{-21}\ \text{J}$ ,

$$E_{Si} = 130 \text{ GPa}, \quad E_{PMMA} = 1,8 \text{ GPa}, \quad \nu_{Si} = 0,26, \quad \nu_{PMMA} = 0,4, \quad W = 2 \cdot \gamma_{Si} = 2 \cdot 1467 \text{ mJ/m}^2, \quad W = 2 \cdot \gamma_{PMMA} = 2 \cdot 41 \text{ mJ/m}^2.$$

## 2.1. Gembės modelis

Gembės modelis yra imamas iš [9]:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + b \frac{dz}{dt} + k_{eff} z = F_{vdv}; \quad (1)$$

čia:  $m$  – gembės masė, kg;  $b = Q^{-1} \sqrt{m k_{eff}}$  – slopinimo koeficientas,  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ;

$k_{eff} = \frac{k_c k_s}{k_c + k_s}$  – ekvivalentinis standumas,  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ ;  $k_s$  – paviršiaus standumas,

$\text{Nm}^{-1}$  [10, 11];  $k_c$  – gembės standumas lenkiant,  $\text{Nm}^{-1}$ ;  $Q = (2\pi W_0) / \Delta W$ ;  $W_0$  yra suteikiama energija gembei ir  $\Delta W$  – energijos praradimas per vibravimo ciklą [7];  $z$  – gembės įlinkis, m;  $t$  – laikas, s.

Kokybės koeficiento priklausomybė nuo liestuko geometrijos pateikta 3 pav.  $Q$  yra aprašoma [6, 7, 12] taip:

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_{\text{tvirtinimo}}} + \frac{1}{Q_{\text{oro}}} + \frac{1}{Q_{\text{TED}}} + \frac{1}{Q_{\text{tūrio}}} + \frac{1}{Q_{\text{paviršiaus}}} + \frac{1}{Q_{\text{kiti}}}; \quad (2)$$

čia kokybė išskaidoma į dedamąsias, charakterizuojančias klampumo nuostolius, TED (temperatūrinius), vidinės trinties (tūrio) ir paviršiaus efektus.

Van der Valso jėga tarp rutulio formos kūno ir paviršiaus [10, 11]

$$F_{vdv} = -\frac{H R}{6 z^2}; \quad (3)$$

čia:  $R$  – liestuko smaigalio viršūnės kreivumo spindulys, m;  $H = \pi^2 C \rho_1 \rho_2$  – Hamakerio konstanta, J;  $C$  – atomų porų potencialų konstanta,  $\text{J} \cdot \text{m}^6$ ;  $\rho_1$  ir  $\rho_2$  – atomų skaičius tūrio vienetu,  $\text{m}^3$ .

## 2.2. Elektromagnetinio skenerio modelis

Elektromagnetinis skeneris [13] susideda iš dviejų dalių [14]: elektrinės ir mechaninės (1 pav.). Omo dėsnis (1 pav., a) visai grandinei

$$u = \frac{di}{dt} L_{sc} + R_{sc} i; \quad (4)$$

čia:  $L_{sc}$  – ritės induktyvumas, H;  $R_{sc}$  – ritės varža,  $\Omega$ ;  $u$  – tinklo įtampa, V.

Niutono judesio lygtis (1 pav., b)

$$F_e = m_{sc} \frac{d^2 x}{dt^2} + b_{sc} \frac{dx}{dt} + k_{sc} x; \quad (5)$$

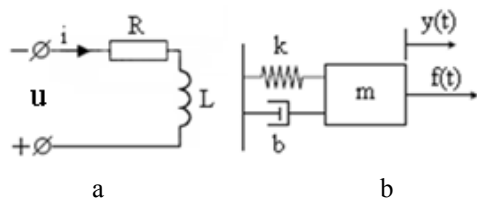
čia:  $F_e = c i$  – elektromagnetinė jėga [15];  $c = B l$ ;  $l$  – ritės laido ilgis, m;  $B$  – magnetinė indukcija, T;  $x$  ir  $m_{sc}$  – nuolatinio magneto poslinkis (m) ir masė (kg);  $b_{sc} = 2 \sqrt{m_{sc} k_{sc}}$ ,  $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $k_{sc}$  – spyruoklės standumas,  $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Skenerio perdavimo funkcijos Laplaso transformacija pagal (4) ir (5)

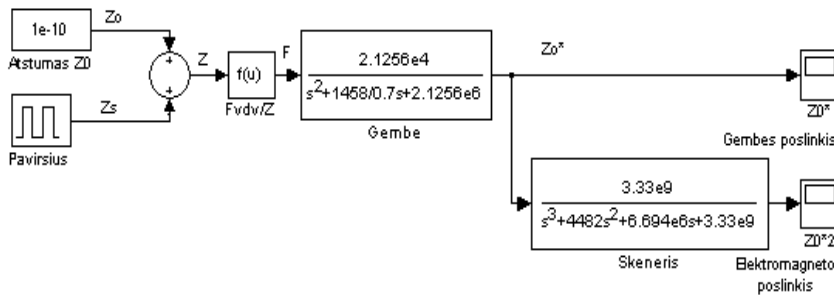
$$\frac{X(s)}{E(s)} = \frac{c / R k}{(T_e T_{m1}) s^3 + (T_e T_{m2} + T_{m1}) s^2 + (T_e + T_{m2}) s + 1}; \quad (6)$$

čia:  $T_e = \frac{L_{sc}}{R_{sc}}$ ;  $T_{m1} = \frac{m_{sc}}{k_{sc}}$ ;  $T_{m2} = \frac{b_{sc}}{k_{sc}}$  – laiko pastoviosios.

Sistemos modelis pateiktas 2 pav.



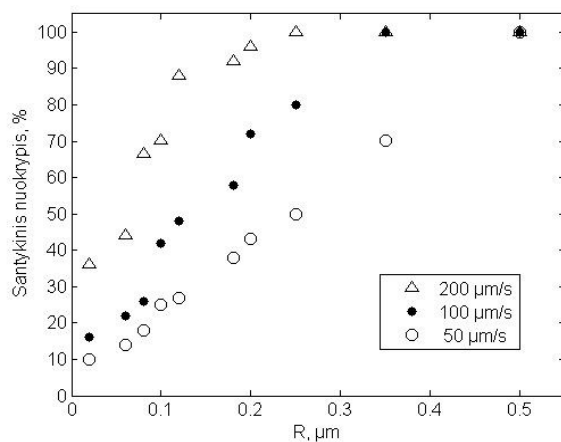
1 pav. Elektrinė (a) ir mechaninė (b) skenerio dinaminės sistemos modelio dalys. Magneto judesys –  $y(t)$ , jėga, veikianti magnetą –  $f(t)$



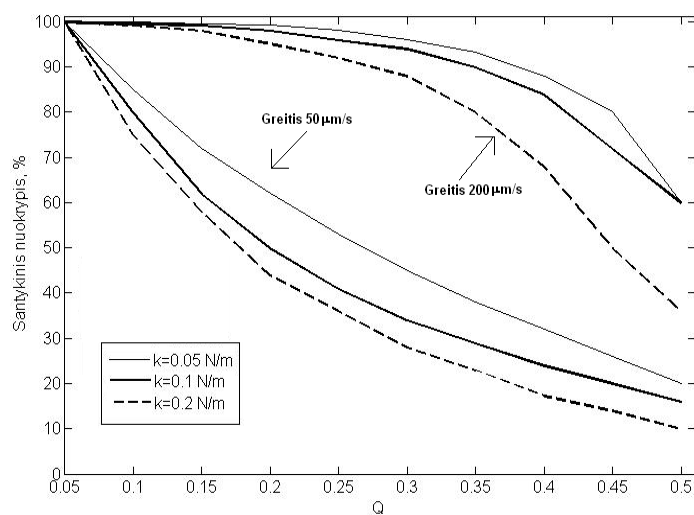
2 pav. AJM elektromechaninės sistemos Matlab Simulink modelis

### 3. Rezultatai

Gauta, kad liestuko nusidėvėjimui didėjant, santykinis nuokrypis procentais didėja (3 pav.); kokybės koeficientui didėjant, santykinis nuokrypis procentais mažėja (4 pav.).



3 pav. Santykinio nuokrypio priklausomybė nuo liestuko viršūnės spindulio, esant skirtingiems greičiams



4 pav. Santykinio nuokrypio priklausomybė nuo kokybės koeficiento  $Q$

#### 4. Išvados

1. Sistemos modelis yra tinkamas siekiant įvertinti AJM matavimo metu gaunamus artefaktus ir jų išvengti parenkant matavimo režimą konkrečiam atvejui.
2. Modeliuojant skirtingų struktūrų AJM matavimo rezultatus, surasta priklausomybė tarp liestuko geometrijos, skenavimo greičio ir santykinio matavimo nuokrypio.
3. Iš modelio rezultatų matyti, kad kokybės koeficientas turi būti nuo 0,1 iki 0,5. Didžiausias kokybės koeficientas gaunamas modeliuojant kambario temperatūroje liestuku, kurio viršūnės spindulys ne daugiau nei 0,1  $\mu\text{m}$ .

#### Literatūra

1. **Rob N. Candler, Matt Hocrift, Carrie W. Low, Saurabh Chandorkar, Bongsang Kim, Mathew Varghese, Amy Duwel, Thomas W. Kenny.** Impact of slot location on thermoelastic dissipation in micromechanical resonators. The 13th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Seoul, Korea, June 5-9, 2005. 597-600 p.
2. **Ron Lifshitz and M. L. Roukes.** Thermoelastic Damping in Micro- and Nano- Mechanical systems. Condensed Matter Physics 114-36, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125. February 1, 2008. 1-10 p.
3. **Ronny Nawrodt, Anja Zimmer, Torsten Koettig, Christian Schwarz, Daniel Heinert, Matthias Hudl, Ralf Neubert, Matthias Thurk, Sandor Nietzsche, Wolfgang Vodel, aul Seidel.** High mechanical Q-factor measurements on silicon bulk samples. 7 th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves. Journal of physics: Conference Series 122 (2008) 012008. IOP Publishing. 1-6 p.
4. **F. Marinello, P. Schiavuta, S. Carmignato, E. Savio.** Critical factors in quantitative Atomic Force Acoustic Microscopy. CIRP Journal on Manufacturing Science and Technology (2010). 1-6 p.
5. **Rob N. Candler, Huimou Li, Markus Lutz, Woo-Tae Park, Aaron Partridge, Gary Yama, Thomas W. Kenny.** Investigation of Energy Loss Mechanisms in Micromechanical Resonators. The 12 th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems, Boston, June 8-12, 2003. 332-335 p.
6. **J. Lu, T. Ikehara, Y. Zhang, T. Mihara, T. Itoh, R. Maeda.** High Quality Factor Silicon Cantilever Driven by PZT Actuator for Resonant Based Mass Detection. DTIP of MEMS and MOEMS 9-11 April 2008. ISBN: 978-2-35500-006-5.
7. **Kevin Y. Yasumura, Timothy D. Stowe, Eugene M. Chow, Timothy Pfafman, Thomas W. Kenny, Barry C. Stipe, Daniel Rugar.** Quality

- factors in Micron- and Submikron- Thick Cantilevers. Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 9, No. 1, March 2000. 117-125 p.
8. **D. Sarid.** Scanning Force Microscopy: With Applications to Electric, Magnetic, and Atomic Forces (Oxford Series in Optical and Imaging Sciences). - ISBN-10: 0-19-509204-X. -Hardcover, 1994. - 288 p.
  9. **I. Morkvėnaitė-Vilkončienė, D. Viržonis.** Skenuojančiojo zondo mikroskopo liestuko-jutiklio sistemos dinaminės sąveikos su paviršiumi tyrimas. Jaunųjų mokslininkų ir studentų konferencija „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2010“ (šio leidinio 8 p.).
  10. **Hans-Jürgen Butt, Brunero Cappella, Michael Kappl.** Force measurements with the atomic force microscope: technique, interpretation and applications. Surface Science Reports 59 (2005) 1 – 152 p.
  11. **B. Capella, G. Dietler.** Force-distance curves by atomic force microscopy. Surface Science Reports 34 (1999) 1 – 104 p.
  12. **K. K. Park, H. J. Lee, P. Crisman, M. Kupnik, Ö. Oralkan, and B. T. Khuri-Yakub.** Optimum design of circular CMUT membranes for high quality factor in air. 2008 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings. 504-507 p.
  13. **Lucas E. Howald.** Multiaxis actuator and measuring head, especially for a scanning probe microscope. Patent No: 6,525,316 B1. 2003.
  14. UVA Virtual Lab: Atomic Force Microscope (AFM). Prieiga per internetą <[http://www.virlab.virginia.edu/VL/easyScan\\_AFM.htm/state/9](http://www.virlab.virginia.edu/VL/easyScan_AFM.htm/state/9)> [žiūrėta: 2010-12-03].
  15. **Vytautas Rinkevičius.** Elektromagnetizmas. ISBN: 9986-778-08-5. Mokykla FIZIKOS OLIMPAS, 1999.

## GESTŲ, NAUDOJAMŲ OBJEKTAMS VALDYTI, ATPAŽINIMO TYRIMAS

**O. Fiodorova, V. Sinkevičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** gestai, pradinis vaizdo apdorojimas, vaizdų atpažinimas.

### 1. Įvadas

Nuotolinio valdymo gestais idėja nėra nauja. Nuo senovės gestus informacijai perduoti naudoja žmonės ir gyvūnai. Šiuo metu praktiškai visi įrenginiai yra valdomi kompiuteriu arba pultu, o tam reikia tam tikrų įgūdžių ir realiose lauko sąlygose dažnai net neįmanoma. Transporte, aviacijoje, laivyne yra sava nusistovėjusi gestų rankomis kalba, skirta vizualinių valdymo signalų bei įvairios informacijos tarp žmonių perdavimui. Yra galimybė tuos pačius gestus naudoti valdymo veiksams atlikti.

### 2. Gestai

Pagrindinės sritys, kuriuose naudojami gestai: eismo reguliavimui kelyje (transportas); gyvybei saugoti, informacijai perduoti, veiksams nusakyti (karyba); bendravimui po vandeniu (nardymas); informacijos apie pirkimus / pardavimus derybų metu vizualizavimui (finansų birža); informacijai tarp laivų bei žemės perdavimui (laivynas); darbininkų saugumui užtikrinti (statyba); bendravimui, minčių, emocijų išraiškai (kurčėnybių gestų kalba). Taigi, kūno kalba ir gestai yra paprasčiausias, saugiausias, o kartais ir greičiausias būdas informacijai perduoti [1...6].

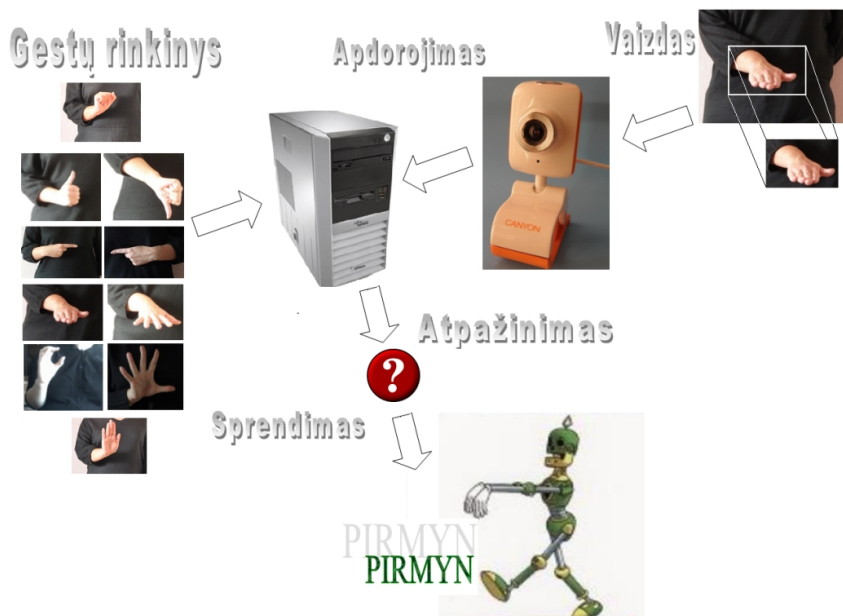
Valdymo gestus, kuriuos keičiame į komandas galima suskirstyti į dvi grupes: 1) gestai, skirti valdymui iš arti; 2) gestai, skirti valdymui iš toli. Kasdieniniame gyvenime žmogus, dažniausiai nesąmoningai, naudoja neverbalinę kalbą, todėl vienas iš pagrindinių uždavinių, sukurti rankų gestų atpažinimo sistemą, kuri gebėtų „atskirti“ tiesiogines valdymo komandas, skirtas konkrečiai įrenginio valdymui, nuo paprasčiausio žmogaus mosikavimo rankomis. Kiekvieną kartą pradedant veiksmą (arba veiksmų seką) operatorius turi „atkreipti“ valdomo objekto dėmesį, t. y. specialiu gestu „pranešti“, kad bus vykdomas informacijos perdavimas, o veiksmo (veiksmų sekos) pabaigoje „pasakyti“, kad informacijos perdavimas arba valdymas baigtas.

Gestus, naudojamus valdymo veiksmams atlikti, sąlyginai suskirstome į sekančius pogrupius: 1) pradžios gestai – tai informacijos perdavimo atskaitos tašką nusakantys gestai; 2) valdymo gestai – tai gestai, tiesiogiai naudojami valdymui (valdymo gestai skirstomi į kryptį nusakančiuosius, greitį identifikuojančiuosius bei pagalbinius gestus); 3) pabaigos gestai – tai gestai, naudojami darbui užbaigti, signalo perdavimo arba staigiam darbų sekos nutraukimui, iškilus pavojui arba problemai.

Pagrindinė problema, kuriant gestų atpažinimo sistemą, tai teisingo gestų rinkinio sudarymas. Yra dvi galimybės: pirma, pasinaudoti jau sukurtais ir konkrečioje srityje naudojamais gestais, tačiau tokiu atveju juos supras tik atskira žmonių grupė, antra – sukurti savo stacionarų gestų rinkinį ir pritaikyti jį įrenginių valdymui. Literatūros analizė rodo, kad, pavyzdžiui, pramoninio roboto valdymui specialios gestų sistemos iki šiol nėra sukurta, todėl apsistojama ties antrąja galimybe [7, 8].

### 3. Atpažinimo sistemos struktūrinės dalys

Rankų gestų atpažinimo sistema (1 pav.) sudaryta iš 4 pagrindinių dalių: vaizdų bibliotekos, vaizdo gavimo ir persiuntimo į kompiuterį įrangos, gauto vaizdo pradinio apdorojimo ir atpažinimo-sprendimo priėmimo dalių.



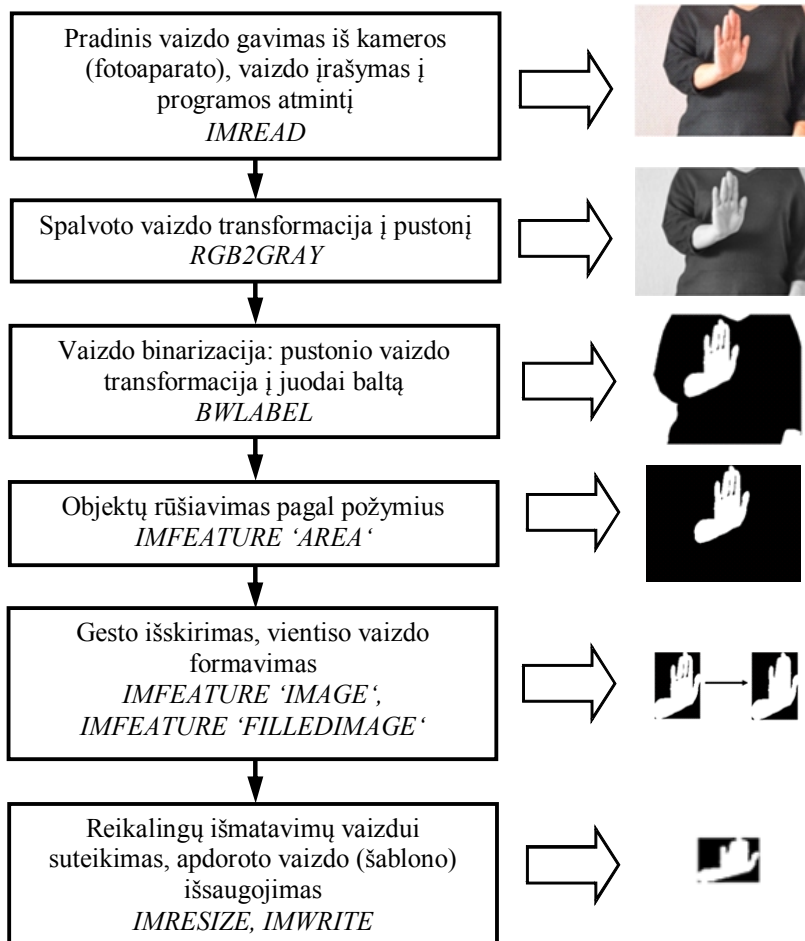
1 pav. Rankų gestų atpažinimo sistemos struktūra



Vaizdų bibliotekos sudėtyje yra dešimt gestų: pradžios, valdymo (*aukšty, žemyn, dešinėn, kairėn, pirmyn, atgal, suspausti, atleisti*) ir pabaigos.

Vaizdai, naudojami eksperimentui, yra skirtingų dydžių, t. y. skirtingos skiriamosios gebos ir gauti keliais būdais: iš internetinės web kameros CANYON CNR-WCAM513G ir iš skaitmeninio fotoaparato Olympus SP-590UZ.

Pirminis vaizdų apdorojimas atliktas *MATLAB Image Processing Toolbox (IPT)* įrankiais (2 pav.) [9]. Vaizdas paruoštas atpažinimo procesui.

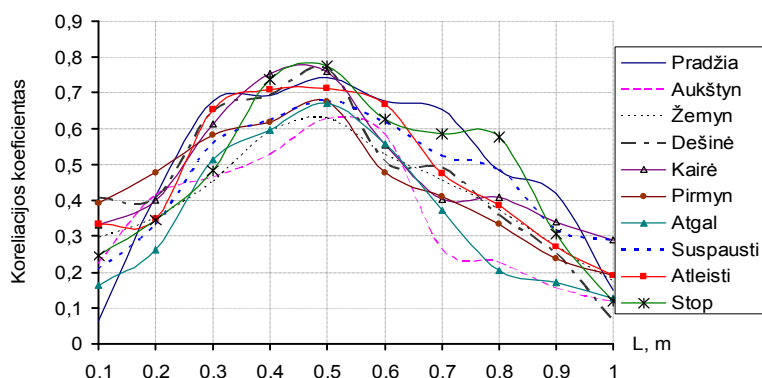


2 pav. Pradinis vaizdo apdorojimas

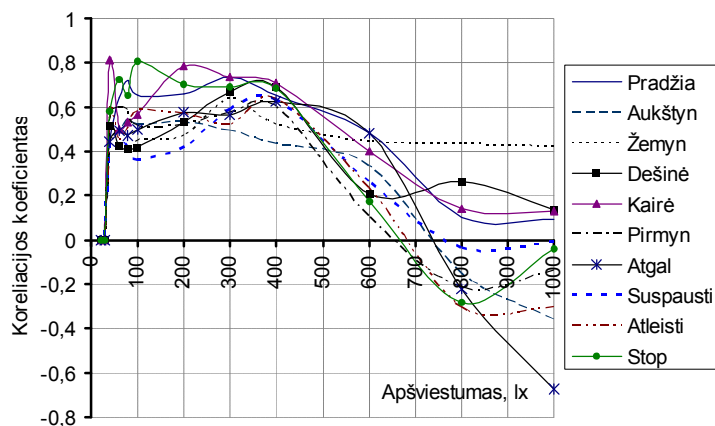
Paskutinis etapas – vaizdo atpažinimas. Paruoštas vaizdas yra palyginamas su visais gestų šablonų vaizdais, esančiais vaizdų bibliotekoje ir apskaičiuojamas kiekvieno palyginimo koreliacijos koeficientas. Didžiausią koreliacijos koeficiento skaitinę reikšmę atitinkančios gesto komandos pavadinimas išvedamas į ekraną.

#### 4. Atpažinimo sistemos tyrimas

Gestų atpažinimo sistemos tikslumas buvo ištirtas keičiant operatoriaus atstumą  $L$  kameros atžvilgiu (3 pav.) ir apšvietimą darbo zonoje (4 pav.).



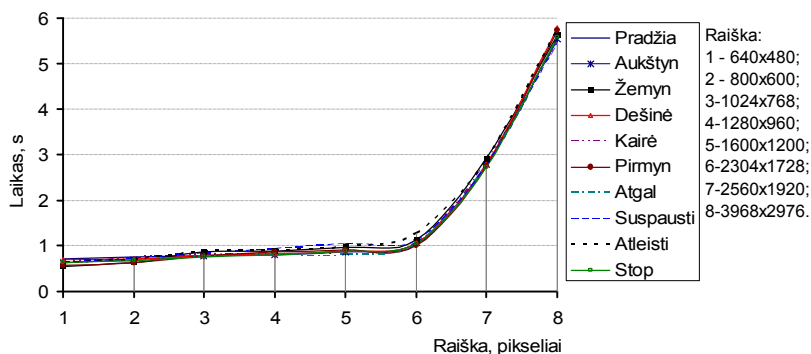
3 pav. Koreliacijos koeficiento priklausomybė nuo atstumo



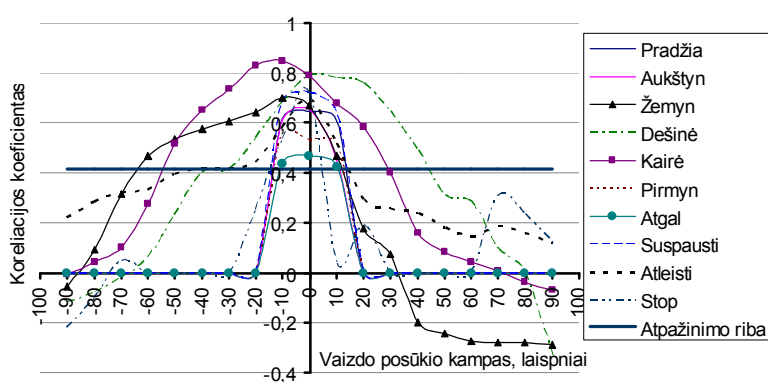
4 pav. Koreliacijos koeficiento priklausomybė nuo apšvietimo lygio, esant natūraliam apšvietimui

Greitaveikos (operacijų atlikimo laiko) tyrimas atliktas keičiant vaizdų skiriamąją gebą (5 pav.).

Sistemos stabilumas įvairaus pobūdžio trikdžiams ištirtas keičiant vaizdo (kameros objektyvo) posūkio kampą (6 pav.).



5 pav. Vaizdo apdorojimo laiko priklausomybė nuo nuotraukos raiškos



6 pav. Koreliacijos koeficiento priklausomybė nuo vaizdo posūkio kampo

## 5. Išvados

1. Atliekant valdymo veiksmus, operatorius turi vilkėti tamsesnės spalvos drabužiais (juoda, pilka, ruda, mėlyna, violetinė, tamsiai raudona), kadangi pastelinių spalvų (salotinė, balta, šviesiai ruda, žydra) naudojimas aprangoje neleidžia gauti kokybiško juodai baltu vaizdo.

2. Atpažinimo tikslumą įtakoja operatoriaus padėtis kameros atžvilgiu. Kuo arčiau kameros stovi operatorius, tuo žemesnis koreliacijos koeficientas gaunamas. Optimali operatoriaus padėtis 0,4...0,6 m nuo kameros.
3. Atpažinimo proceso greیتaveika priklauso nuo gaunamų vaizdų skiriamosios gebos. Kuo mažesnė yra nuotraukos raiška, tuo greičiau vyksta vaizdo atpažinimo procesas. Atpažinimo proceso trukmė gali svyruoti nuo milisekundžių iki sekundžių.
4. Tikslumui įtakos turi vaizdo posūkio kampas. Kuo jis yra didesnis, tuo žemesnis koreliacijos koeficientas gaunamas. Daugumos gestų atpažinimas galimas tik diapazone nuo –10 iki 10 laipsnių.
5. Geriausia, kai darbo vietos natūralus apšvietimas siekia 300...400 lx, tokiu atveju gaunamas didžiausias koreliacijos koeficientas, o išvedamų komandų tikslumas svyruoja nuo 80% iki 100%.

### Literatūra

1. Lietuvos Policijos eismo priežiūros tarnyba. Kelių eismo taisyklės su papildymais ir priedais 2006 metų. – Vilnius, 2006. ISBN 9986-761-17-4. 15-16 p.
2. Specialiųjų tarnybų gestai. Prieiga per internetą: <<http://i060.radikal.ru/0909/30/cfb6fe31cf05.jpg>> [žiūrėta 2010-09-22].
3. Op-Chart: Making Money Hand Over Fist. Prieiga per internetą: <[http://www.nytimes.com/interactive/2008/04/07/opinion/20080407\\_TRA\\_DING\\_GRAPHIC.html#step1](http://www.nytimes.com/interactive/2008/04/07/opinion/20080407_TRA_DING_GRAPHIC.html#step1)> [žiūrėta 2010-09-22].
4. Ручные сигналы для крановщиков и операторов подъемщиков. Установленные ручные сигналы для операторов гусеничных кранов и кранов, смонтированных на грузовых автомобилях. Технический информационный листок. Prieiga per internetą: <[http://www.osh.org.il/uploadfiles/cis\\_rus\\_b.pdf](http://www.osh.org.il/uploadfiles/cis_rus_b.pdf)> [žiūrėta 2010-09-22].
5. Семаформая азбука. Prieiga per internetą: <<http://psychologiya.ucoz.ru/publ/18-1-0-99>> [žiūrėta 2010-09-25].
6. **Fant L., Bernshtein Fant B.** The American Sign Language Phrase Book. Third edition. 2008. ISBN-10: 0071642358. 402 pages.
7. Wag The Robot? Robot Responds To Human Gestures. Prieiga per internetą: <<http://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090311085058.htm>> [žiūrėta 2010-10-15].
8. Naujasis televizoriaus nuotolinio valdymo pultelis: tik ranka? Prieiga per internetą: <[http://www.technologijos.lt/n/technologijos/technologiju\\_rinka/straipsnis?name=straipsnis-7082](http://www.technologijos.lt/n/technologijos/technologiju_rinka/straipsnis?name=straipsnis-7082)> [žiūrėta 2010-10-15].
9. **Gonsales, R. C., Woods, R. E., Eddins, S. L.** Digital image processing using MATLAB. Prentice Hall, 2004. ISBN 0-13-008519-7. 610 pages.

## TERMIJONINIO KEITIKLIO ELEKTRONŲ SRAUTŲ, VALDOMŲ MAGNETINIŲ LAUKŲ, MODELIAVIMAS

V. Strikulis, L. Urbanavičiūtė

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** termijoninis keitiklis, magnetinis laukas, elektronų trajektorijos.

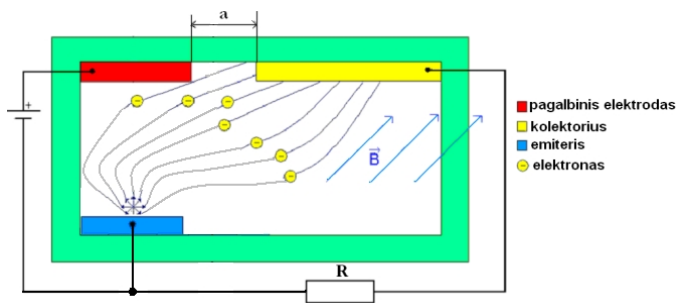
### 1. Įvadas

Pirmą kartą termijoninis keitiklis buvo pristatytas 1915 m. W. Schlichter'io. Termijoniniai keitikliai keičia šilumos energiją į elektros energiją, išskirdami elektronus iš įkaitinto elektrodo, vadinamo emiteriu. Keitiklio buvo pagaminamos žemos įtampos palyginus su aukštomis temperatūromis, kurios reikalingos pagaminti atitinkamai srovei. Jos sukelė daug problemų, įskaitant nenumatytus šilumos perdavimus iš įkaitinto emiterio į šaltą kolektorių. Praktinis termijoninis keitimas buvo pademonstruotas 1957 m. L. Hernquist'o, kur buvo pasiektas 5...10% naudingumas su galios tankiu 3...10 W/cm<sup>2</sup>. Bendrai toks naudingumas ir galios tankis nebuvo finansiškai konkurencingi energijos rinkoje, todėl tai sumažino tokių įrenginių taikymą. Be to, tokie įrenginiai buvo per dideli naudoti. Kita iškilusi problema – erdvinio krūvio efektas. Jis atsiranda, kai neigiamas krūvis elektronų debesyje tarp dviejų elektrodų sulaiko kitų elektronų judėjimą kolektoriaus link. Viena iš galimybių sumažinti erdvinio krūvio efektą yra tarpo tarp elektrodų sumažinimas. Tobulėjant MEM's technologijoms daugelis anksčiau kilusių problemų tampa išsprendžiamos. Tai rodo ir patentų analizė [1...5].

### 2. Tiriamas termijoninis keitiklis

Šiame darbe yra modeliuojamas 1 pav. pateiktos konstrukcijos termijoninis keitiklis. Naudojant termijoninių keitiklių veikimo principus ir šaltų katodų savybes, keitiklio veikimas galėtų būti sekantis: emiteris emituoja elektronų srautą; pagalbinis elektrodas, prie kurio prijungtas pagalbinis šaltinis, sukuria elektrinį lauką, kuris įgreitina emituotus elektronus, o taip pat padidina emisijos srovę. Vakuuminės kameros ertmę statmenai kerta papildomo magnetinio lauko linijos. Dėl šio magnetinio lauko elektronų srautas juda kreivaliniame trajektorija ir patenka į kolektorių. Kolektoriaus

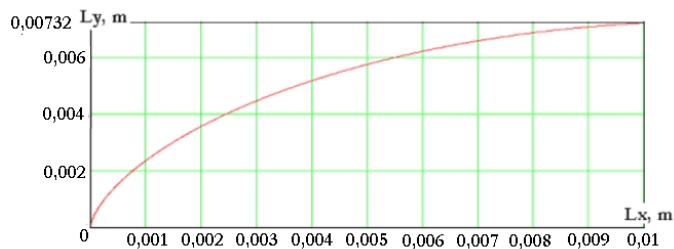
emituoti elektronai, taip pat veikiami magnetinio lauko nukrypsta tolyn nuo emiterio ir ten nepatenka. Magnetinio lauko stipris ir papildomo šaltinio įtampa parenkami tokie, kad emiterio emituoti elektronai nepatektų į papildomą elektrodą. Iki šiol, atliekant termijoninio keitiklio parametrų tyrimus, buvo modeliuojama tik vieno elektrono, išlekiančio ir emiterio statmenai, trajektorija [6]. Tačiau iš tikrųjų iš emiterio elektronai gali išlėkti įvairiomis kryptimis, todėl šio darbo pagrindinis uždavinys yra apskaičiuoti įvairiais kampais ir iš įvairių emiterio vietų išlekiančių elektronų kelią. Elektronų trajektorijos valdomos papildomai sukurtu magnetiniu lauku taip, kad kuo daugiau jų patektų į kolektorių. Modeliuojant siekiama nustatyti: 1) kiek procentų elektronų, išlėkusių įvairiais kampais iš emiterio, papuls į kolektorių; 2) optimalią kolektoriaus padėtį; 3) sužinoti koks tokio termijoninio keitiklio elektronų surinkimo į kolektorių efektyvumas.



1 pav. Modeliuojamas termijoninis keitiklis

### 3. Termijoninio keitiklio parametrų nustatymas

1 pav. pateikto modelio preliminariniams geometriniai parametrams nustatyti buvo atlikti vieno elektrono, išlekiančio iš emiterio, trajektorijos

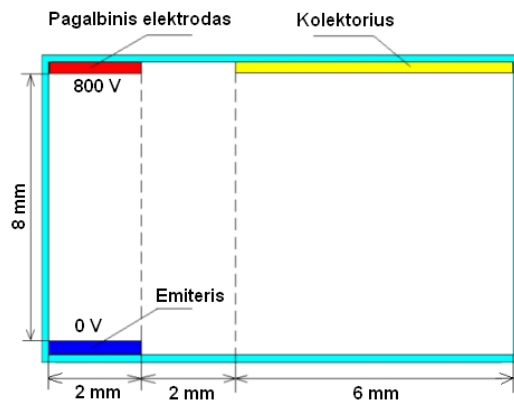


2 pav. Elektrono trajektorijos dalis, kai  $E_y = 105 \text{ V/m}$ ,  $B = 0,0125 \text{ T}$  (čia  $E_y$  – elektrinio lauko stipris,  $B$  – magnetinio lauko indukcija)

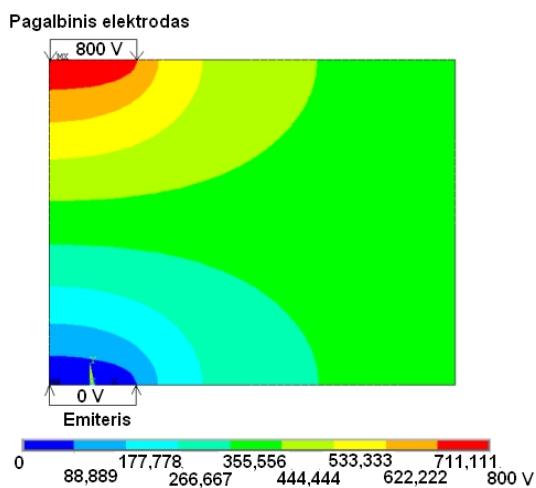
modeliavimo darbai. Elektronų trajektorija apskaičiuota pagal [6] darbe pateiktą diferencialinių lygčių sistemą. Skaičiavimo rezultatai pateikti 2 pav.

Remiantis gautais skaičiavimo rezultatais, pasirinkta 3 pav. pateikta termijoninio keitiklio konstrukcija ir geometriniai parametrai.

Pasirinkus geometrinius parametrus, buvo sudarytas keitiklio baigtinių elementų modelis elektrinio lauko potencialo pasiskirstymui apskaičiuoti. Šis pasiskirstymas toliau bus naudojamas modeliuojant keitiklio elektronų trajektorijas. Gauti rezultatai pateikti 4 pav.



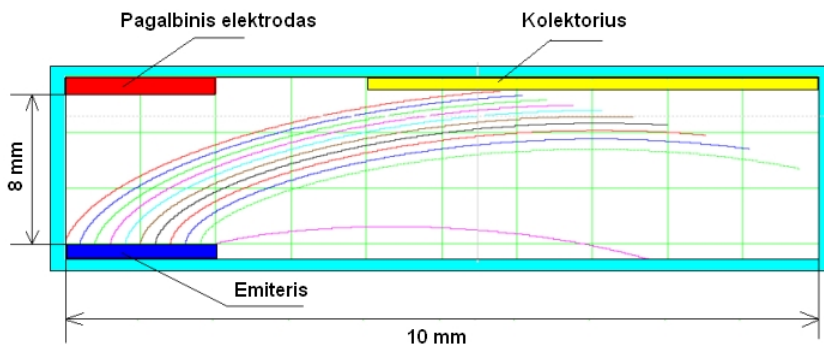
3 pav. Termijoninio keitiklio geometriniai parametrai



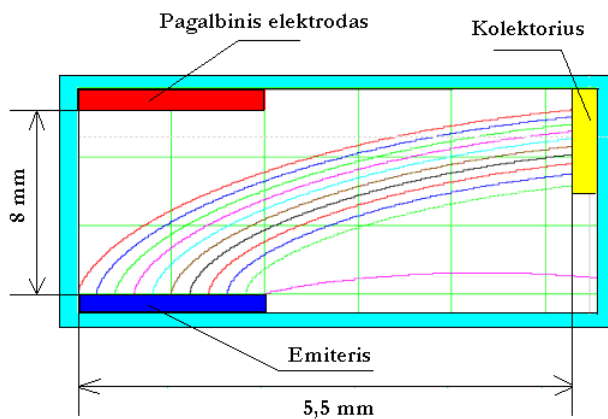
4 pav. Keitiklio elektrinio lauko potencialo pasiskirstymas

Elektronų trajektorijų skaičiavimai atlikti programiniu paketu MathCad. Elektronai išlekia iš viso emiterio plotelio. Gauti rezultatai pateikti 5 pav. Iš pateiktų rezultatų tapo aišku, jog kolektoriaus padėtis yra netinkama, nes elektronai pralekia pro kolektorių, jo nepasiekę. Todėl kolektorių reiktų patalpinti ne horizontaliai viršuje, o vertikaliai dešiniajame šone ir šiek tiek arčiau, nei buvo planuota (6 pav.).

Remiantis atliktais skaičiavimais, galima teigti, kad tokio keitiklio elektronų surinkimo į kolektorių efektyvumas būtų  $\approx 91\%$ . Atlikus tokio keitiklio elektronų trajektorijų priklausomybės tyrimą nuo elektrono išlėkimo kampo ir jo greičio, paaiškėjo, kad šie parametrai neturi esminės įtakos. Sukuriant magnetinį lauką, kurio  $B = 0,0125 \text{ T}$ , įvairiais kampais išlėkę elektronai vis tiek nukreipiami kolektoriaus link (7 pav.).

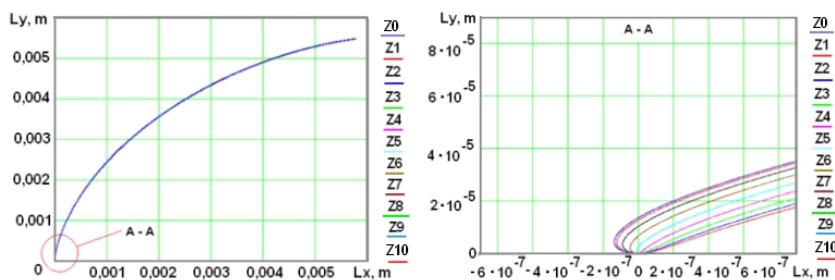


5 pav. Elektronų trajektorijos keitiklyje



6 pav. Reikiamos konstrukcijos keitiklis





7 pav. Elektronų trajektorijos nuo išlėkimo kampo, kai greitis  $10^4$  m/s (čia Z0....Z10 elektronų trajektorijos)

#### 4. Išvados

1. Nustatyti termijoninio keitiklio geometriniai parametrai ir apskaičiuotos keitiklio elektronų trajektorijos.
2. Nustatyta keitiklio kolektoriaus padėtis. Jį reiktų patalpinti vertikaliai dešiniajame keitiklio celės šone. Tada elektronų surinkimo į kolektorių efektyvumas, remiantis skaičiavimais, siektų  $\approx 91\%$ .
3. Atlikus keitiklio elektronų trajektorijų priklausomybės tyrimą nuo elektrono išlėkimo kampo ir jo greičio, nustatyta, kad šie parametrai neturi esminės įtakos. Sukuriant magnetinį lauką, kurio  $B = 0,0125$  T, įvairiais kampais išlėkę elektronai vis tiek nukreipiami kolektoriaus link.

#### Literatūra

1. Thermionic electric converters. 1995 metų patentas Nr. US 4,303,845.
2. Thermionic electric converters. 1998 metų patentas Nr. WO 98/32155.
3. Thermionic automobile. 2003 metų patentas Nr. US 6,651,760 B2.
4. Self-powered microthermionic converter. 2004 metų patentas Nr. US 6,774,532 B1.
5. Apparatus and method for steam engine and thermionic emission based power generation system. 2005 metų patentas Nr. US 6,854,273 B1.
6. **Pakarklis A., Urbanavičiūtė L.** Elektros krūvių srautų valdymas termijoniniuose keitikliuose // Jaunųjų mokslininkų ir studentų konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2009“ pranešimų medžiaga. ISBN 9789955257493. – Kaunas: Technologija, 2009. 115-118 p.

# EKSPERIMENTINIO MOBILAUS ROBOTO JUDESIO DINAMINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS

**M. Balčėtis, V. Sinkevičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** mobilus robotas, dinamika, srovės matavimas.

## 1. Įvadas

Nėra mobilaus roboto kuris galėtų veikti be energijos šaltinio. Robotams energijos šaltinis gali būti kuras, akumuliatorių baterijos, saulės energija, suspaustas oras, hidraulinė energija, šiluminė energija, išimtiniais atvejais mikrobiniiai kuro elementai [1...2]. Tai priklauso nuo roboto paskirties, judėjimo pobūdžio. Energijos suvartojimas priklauso nuo roboto judėjimo terpės, paviršiaus dangos (smėlis, žvyras, kieta danga, ledas, vanduo ar oras), nuo paviršiaus dangos posvyrio kampo. Roboto konstrukciniai sprendimai taip pat lemia energijos panaudojimo efektyvumą (vaikščiojantis, važiuojantis ratine pavara, važiuojantis vikšrine pavara, skrendantis, plaukiantis, nardantis). Energijos suvartojimo kiekis taip pat priklauso nuo manevravimo metodų, varančiųjų ratų skaičiaus, svorio centro padėties ir kt.

Neatsinaujinantys energijos šaltiniai veikiant roboto įrangai palaipsniui išsenka. Todėl labai svarbu optimizuoti roboto konstrukciją taip, kad judesio metu būtų vartojama kuo mažiau energijos.

**Darbo tikslas:** ištirti eksperimentinio mobilaus roboto judesio dinamines charakteristikas.

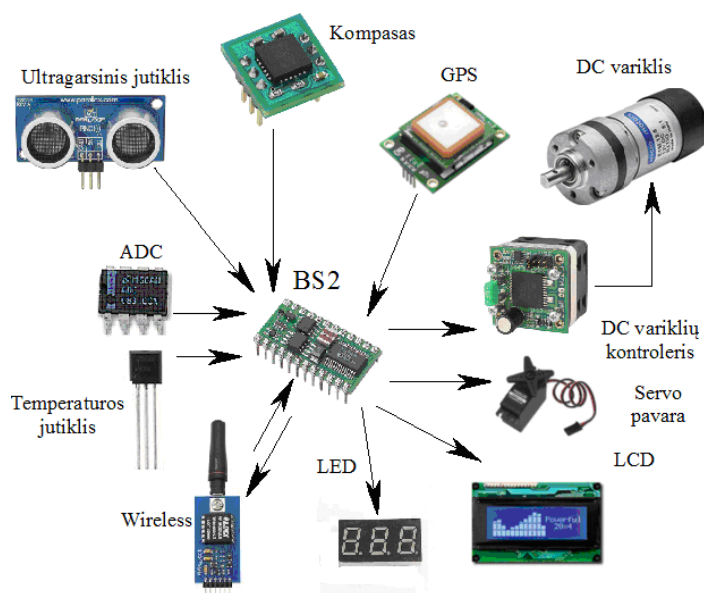
## 2. Eksperimentinio mobilaus roboto struktūra

Pagrindinė eksperimentinio mobilaus roboto dalis – mikroprocesorius BS2. Jis priima signalus iš jutiklių, ir atitinkamai valdo vykdyklius. 1 pav. pavaizduota eksperimentinio mobilaus roboto galima komplektacija:

- BS2 – loginis įtaisas apdorojantis duomenų srautą.
- Kompasas – navigacinis prietaisas skirtas orientuotis žemės magnetinių laukų atžvilgiu.
- Ultragarsinis jutiklis – prietaisas aptinkantis objektus, matuojantis atstumą iki 3 metrų.

- GPS – globali pozicionavimo sistema, leidžia nustatyti objekto koordinates, bet kurioje pasaulio vietoje [3].
- DC variklis – įrenginys elektrinę energiją keičiantis mechanine sukamąja energija.
- DC variklių kontroleris – įrenginys skirtas keisti variklių sukimosi greitį ir kryptį.
- Servo pavara – įrenginys pasisukantis užduotu kampų, naudojamas griebtuvams, jutikliams.
- ADC – įrenginys analoginę įtampą keičiantis skaitmeniniu kodu.
- Temperatūros jutiklis – prietaisas matuojantis temperatūrą ir matavimo rezultatus pateikiantis elektriniu signalu.
- Wireless – prietaisas skirtas perduoti ar priimti duomenis radijo bangomis nedideliu atstumu.
- LED – diodas ar diodų matrica, kurio sandara pritaikyta informacijai šviesos pavidalu atvaizduoti.
- LCD – skystųjų kristalų ekranas, skirtas informacijai ar roboto būsenai atvaizduoti.

Be čia paminėtų prietaisų mobilų robotą sudaro korpusas, ant kurio montuojami įrenginiai, ratai, jungiamieji laidai. Visi paminėti prietaisai neveikia be elektros energijos šaltinio.



1 pav. Eksperimentinio mobilaus roboto struktūrinė schema

### 3. Roboto naudojama elektrinė galia ir jos matavimas

Mobilaus roboto naudojama elektrinė galia  $P$  yra lygi akumuliatoriaus įtampos  $U$  ir suminės srovės stiprio  $I$  sandaugai [4].

$$P(t) = I(t) U(t) \quad (1)$$

Vienas iš paprasčiausių būdų matuoti roboto naudojamą galią yra roboto naudojamos srovės dydžio matavimas. Robote naudojama 12 V akumuliatorių baterija. Srovės maksimalios reikšmės priklauso nuo naudojamų variklių tipo ir kiekio. Srovė, naudojant keturis variklius, variklių paleidimo ar reverso metu gali siekti 10...20 A. Įjungus visus roboto įrenginius maitinimo įtampa pasikeičia 0,1...0,6 V. Atlikdami tyrimus šią įtampą vertinsime kaip nekintančią. Srovę matuoti galima šunto metodu arba laidininku tekančios srovės magnetinio lauko stiprį. Pastarasis matavimo metodas žymiai tikslesnis, tačiau sudėtingesnis. Į matuojamą elektros grandinę nereikia nieko papildomai įjungti, matuojama grandinė tampa galvaniskai išrišta nuo matavimo schemos. Magnetinio lauko stiprį matuoja holo jutiklis, o holo jutiklio išėjime matuojama įtampa. Šio srovės jutiklio perdavimo koeficientas priklauso nuo matuojamos grandinės vijų aplink jutiklio šerdį.

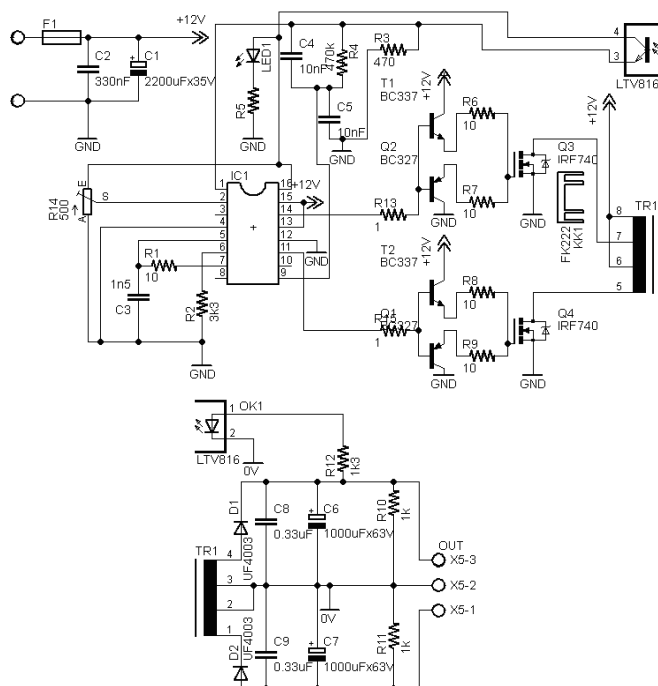
### 3. Holo jutiklis CSNA111

Srovės matavimui pasirinktas jutiklis CSNA111, jo parametrai pateikti 1 lentelėje. Šiam jutikliui reikalinga  $\pm 15$  V maitinimo įtampa. Mobilaus roboto borto įtampa 12 V. Tam, kad matavimo sistema būtų mobili, jutiklio maitinimui sukurtas įtampos keitiklis, kuris iš akumuliatoriaus +12 V sukuria  $\pm 15$  V įtampą. Schema pateikta 2 pav., šaltinio maitinimo įtampa gali būti nuo 8 iki 35 voltų. Išėjimo įtampa gali būti reguliuojama nuo  $\pm 5$  iki  $\pm 60$  V įtampą.

1 lentelė

Pagrindiniai jutiklio CSNA111 parametrai [6]

| Eil.Nr. | Jutiklio CSNA111 pagrindinės charakteristikos |                        |
|---------|-----------------------------------------------|------------------------|
| 1.      | Maksimali matuojama srovė                     | 70 A                   |
| 2.      | Nominali matuojama srovė                      | 50 A                   |
| 3.      | Matuojamos srovės tipas                       | AC ir DC               |
| 4.      | Išėjimo tipas                                 | Srovė                  |
| 5.      | Maitinimo įtampa                              | $\pm 15$ V             |
| 6.      | Maitinimo srovė                               | $\pm 10 +$ išėjimas mA |
| 7.      | Nominali išėjimo srovė                        | $\pm 50$ mA            |



2 pav. Įtampos keitiklio principinė schema [7]

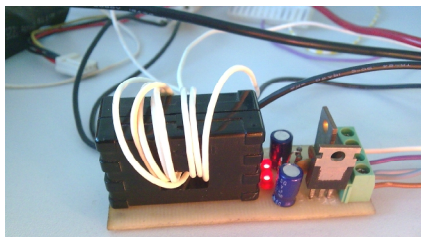
### 3. Eksperimentinė dalis

Holo jutiklio išėjimo įtampos kitimo laike matavimui panaudotas analogas-kodas 8-ių bitų keitiklis ADC0831. Keitiklio duomenis nuskaityto ir perduoda į kompiuterį BS2 mikroprocesorius. Holo jutiklio CSNA111 nominali matavimo srovė yra 50A, o tiriamo roboto bendra naudojama srovė apie 5 A. Jutiklio perdavimo koeficientui pakeisti buvo užvyniotos kelios apvijos (3 pav.), jo priklausomybės nuo apvijų kiekio pateiktos 2 lentelėje. Jutiklio bandymams apkrovos naudojamos kaitrinės lempučių 12 V, 35 ir 50 W.

2 lentelė

Išėjimo įtampos priklausomybė nuo vijų skaičiaus

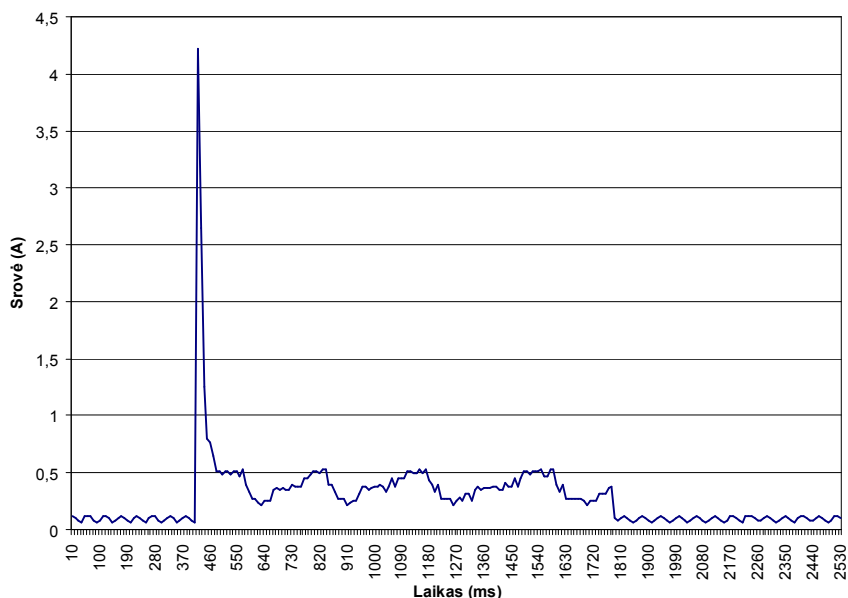
| Bandymo numeris              | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Matuojama srovė, A           | 2,6  | 5,09 | 8,44 | 6,24 | 3,79 | 3,55 | 2,59 | 3,64 |
| Apvijų skaičius jutiklyje    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 12   | 12   | 12   |
| Įtampa jutiklio išėjime, V   | 1,54 | 2,98 | 4,88 | 3,64 | 2,23 | 4,15 | 3,04 | 4,23 |
| ADC konverterio kodas (8bit) | 80   | 155  | 254  | 190  | 116  | 216  | 158  | 220  |



3 pav. Jutiklis CSNA111 su keliomis vijomis

#### 4. Eksperimento rezultatai

Mobilaus roboto naudojamos srovės kitimo matavimo sistema bus panaudota roboto dinamikos tyrimuose. Šiame darbe buvo išbandyti visi sistemos elementai (srovės keitiklis, analogas-kodas keitiklis ir perdavimo į personalinį kompiuterį kanalas), kai vienas variklis įsibėgėja iki maksimalaus greičio, po to yra stabdomas iki sustojimo. Buvo matuojama mobilaus roboto suminė naudojama srovė. Matavimo rezultatai pateikti 4 pav. Kol pavara neįjungta, roboto borto aparatūra naudoja apie 150mA srovę. Įjungimo metu srovė pasiekia 4 amperų reikšmę.



4 pav. Pavaros HB-25 iki maksimalios reikšmės įsibėgėjimas ir lėtėjimas

#### 4. Išvados

1. Sumontuotas srovės keitiklio šaltinis yra galvaniskai išrištas nuo roboto akumuliatoriaus grandinių.
2. Šaltinio išėjimo įtampa stabilizuota, jos neįtakoja įtampos pokyčiai įėjimo grandinėje. Maitinimo įtampa gali kisti nuo 8 V iki 35 V.
3. Parinktas jutiklis CSNA111 galvaniskai išrištas nuo roboto akumuliatoriaus grandinių.
4. Srovės matavimo sistema gali matuoti srovės šuolius iki 70 A.
5. Srovės matavimo sistemos greitaveika pakankama roboto dinamikos tyrimui.

#### Literatūros sąrašas

1. Mikrobiniai kuro elementai. Prieiga per internetą: <<http://www.technologijos.lt/n/technologijos/elektronika/S14027/straipsnis?name=S-14027&l=2&p=1>> [žiūrėta 2010-12-02].
2. Prietaisai kaupiantys energiją. Prieiga per internetą: <<http://lt.wikipedia.org/wiki/Akumuliatorius>> [žiūrėta 2010-12-02].
3. GPS prietaisas. Prieiga per internetą: <<http://lt.wikipedia.org/wiki/GPS>> [žiūrėta 2010-12-02].
4. Informacija apie srovės skaičiavimą. Prieiga per internetą: <[http://ik.su.lt/~mariusbm/Elektra/teorija/darbas\\_ir\\_galia.html](http://ik.su.lt/~mariusbm/Elektra/teorija/darbas_ir_galia.html)> [žiūrėta 2010-12-02].
5. Holo jutiklis. Prieiga per internetą: <[http://www.allegromicro.com/en/Products/Design/sensors\\_appliances/](http://www.allegromicro.com/en/Products/Design/sensors_appliances/)> [žiūrėta 2010-12-02].
6. Jutiklio CSNA111 pagrindinės charakteristikos. Prieiga per internetą: <<http://ip565bfb2a.direct-adsl.nl/datasheets/Sensor/current/CSNA111.pdf>> [žiūrėta 2010-12-02].
7. Keitiklio principinė schema. Prieiga per internetą: <<http://forum.elektronika.lt/viewtopic.php?p=531889>> [žiūrėta 2010-12-02].

## PASLAUGŲ ROBOTO GALIMYBIŲ LIPTI LAIPTAIS TYRIMAS

**R. Bagavičius, V. Sinkevičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** paslaugų robotas, mobilus robotas, žmogus su negalia, laiptai.

### 1. Įvadas

Paslaugų robotai skirti dirbti socialinėje sferoje – aptarnauti, padėti žmonėms. Viena iš paslaugų robotų rūšių yra neįgaliųjų transportavimo priemonės. Pasaulyje gaminama daugybė motorizuotų transporto priemonių, skirtų transportuoti pastovią ar laikiną judėjimo negalią turinčius žmones. Tačiau šių transporto priemonių valdymą atlieka pats neįgalusis arba jį palydintis asmuo. Praktiškai nėra tokių transporto priemonių, kurioms galima būtų programiniu būdu nurodyti kelionės tikslą. Ir ji, be pašalinės pagalbos, gebėtų viena ar transportuodama neįgalųjį, nukeliauti į užduotą tikslą. Taigi, motorizuotoms neįgaliųjų transportavimo priemonėms reikia suteikti visas mobilaus roboto savybes.

Kita tokių paslaugų robotų savybė būtų gebėjimas judėti per bortelių tipo kliūtis, įveikti įvairių geometrinių matmenų ir konstrukcijų laiptus. Visos šios kliūtys turi būti įveiktos be pašalinės pagalbos. Paslaugų mobilus robotas, privažiavęs prie laiptų turėtų be jokių papildomų priemonių sumontavimo ar išmontavimo, įveikti tuos laiptus.

**Darbo tikslas:** Ištirti paslaugų roboto galimybę autonomiškai lipti laiptais.

### 2. Tiriamojo objekto analizė

Atlikus literatūros analizę pastebėta, kad laiptų įveikimui gana dažnai naudojamos specialios laiptuose įrengtos bėginės sistemos [1]. Šios sistemos yra labai įvairios ir nėra galimybių sukurti paslaugų robotą, gebantį pasinaudoti šia įvairove. Dar daugiau, šie papildomi bėgiai ar kiti įrengimai tik kliudytų paslaugų robotui kopti laiptais.

Dalis analizuotų mechanizmų kopimui laiptais naudoja atraminius ar papildomus ratukus arba atramas [2]. Tokios sistemos gana nestabilios ir kopimo procesas užima daug laiko.

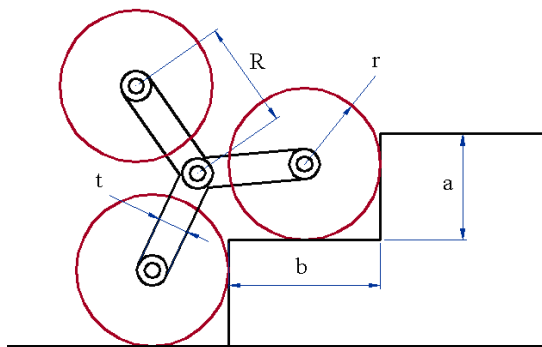


Yra papildomi mechanizmai, kurie tvirtinami prie įprasto neįgaliojo vežimėlio [3]. Deja, bet tokių įtaisų naudojimui reikalinga papildoma palydinčio žmogaus pagalba. Yra dalis mechanizmų, kurie gali be papildomų veiksmų iš pašalies kopti ar leistis laiptais. Šie mechanizmai lygiu paviršiumi važiuoja kaip įprasta transporto priemonė [4]. Tokio tipo mechanizmas pasirinktas kaip prototipas modeliavimo ir valdymo uždaviniams spręsti.

### 3. Tiriamojo objekto parametrai

Priekinė ir galinė mobilaus įrenginio ašys turi tris žvaigždės forma išdėstytus ratus. Ši žvaigždė gali sukrtis aplink savo centrą, taip pat gali sukrtis kiekvienas ratas aplink savo ašis [5].

Projektuojant žvaigždės tipo ratus yra atsižvelgiama į penkis pagrindinius parametrus:  $a$  – pasirinktų laiptų aukštis,  $b$  – laipto gylis,  $r$  – ratų spindulys,  $R$  – atstumas nuo centro iki ratų ašių ir  $t$  – ratų tvirtinimo laikiklių storis (1 pav.).



1 pav. Ratų ir laiptų parametrai

Bandymams panaudotos tokios parametų reikšmės:  $a = 140$ , mm;  
 $b = 200$ , mm.

Atstumas  $R$  apskaičiuojamas taip:

$$R = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{3}}. \quad (1)$$

Didžiausias ratų tvirtinimo laikiklių storis  $t_{max}$ , išvengiant laikiklių lietimosi į laiptus, apskaičiuojamas taip:

$$t_{max} = \frac{ar(3 - \sqrt{3}) + br(3 + \sqrt{3}) + a(\sqrt{3}a - 3b)}{3R}. \quad (2)$$

Mažiausias ratų spindulys  $r_{min}$  randamas taip:

$$r_{min} = \frac{6R(t/2) + a(3b - \sqrt{3}a)}{(3 - \sqrt{3})a + (3 + \sqrt{3})b} \quad (3)$$

Didžiausias naudojamų ratų spindulys  $r_{max}$  apskaičiuojamas taip:

$$r_{max} = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} \quad (4)$$

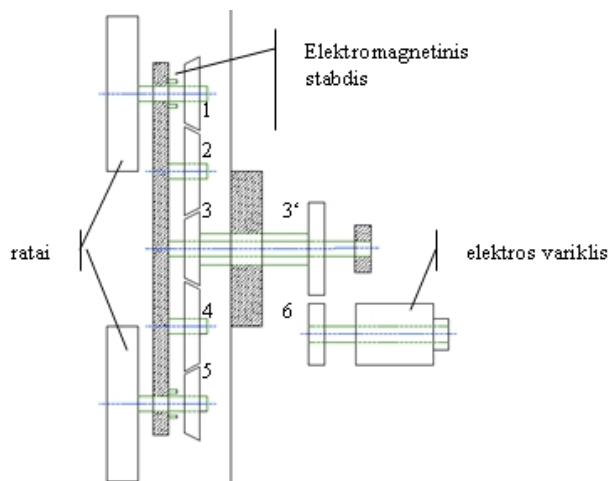
Didžiausias laiptų aukštis kurį gali įveikti robotas su žvaigždės tipo ratais, parinkus parametrus  $a$ ,  $b$ , ir  $r$  randamas taip:

$$a_{max} = \sqrt{a^2 + b^2 - r^2} \quad (5)$$

### 3.1. Ratų mechaninio sukamojo judesio perdavimo schema

Šis mobilus įrenginys turi keturis mazgus su keturiomis atskirai valdomomis ašimis. Čia galimi du judesio variantai. Vienas, kai kiekviena ašis turi atskirą variklį ir jo sukimosi greitis valdomas atskirai. Tačiau tokia konstrukcija būtų su 16-ka variklių, iš kurių vienu metu dirbtų tik keturi. Be to, varikliai turi turėti elektromagnetinius stabdžius. Tokia konstrukcija būtų labai neekonomiška su labai prastu naudingumo koeficientu.

Kitas variantas, kai vienas mazgas turi tik vieną elektros variklį (2 pav.) Judesys į ratus perduodamas krumpliaračiais, perdavimas ir stabdymas atliekamas elektromagnetinėmis movomis. Šiuo atveju vis tiek kiekvienai ašiai

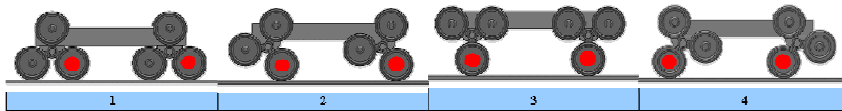


2 pav. Elektros variklis, ratų sukamojo judesio perdavimo schemeje

reikalingas elektromagnetinis vykdymo įtaisas elektromagnetinė mova, tačiau ji naudoja žymiai mažiau energijos ir nereikia reguliuoti jos greitį.

Ant elektros variklio veleno užmautas varantysis krumpliaratis 7 (2 pav.), skirtas sukimosi judesiui perduoti kitam varomajam krumpliaraičiui 3. Per elektromagnetines movas 2 ir 4, sukimo momentas perduodamas rato ašis sukantiems krumpliaraičiams 1 ir 5.

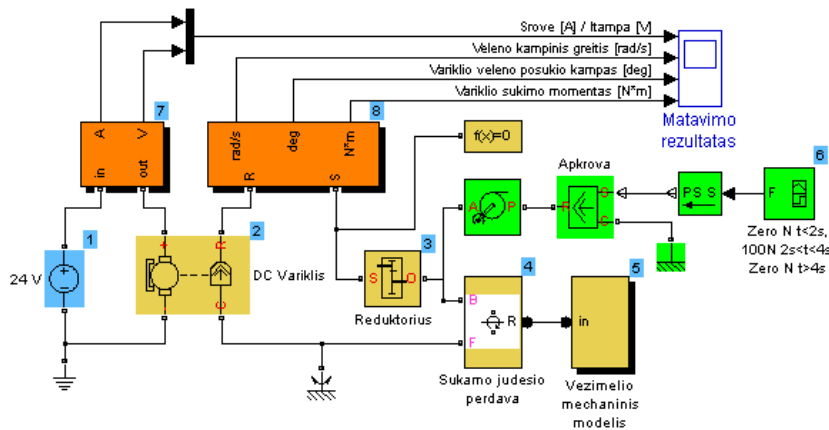
Elektromagnetinis stabdis, kurį turi visos ratų ašys, skirtos ne tik roboto stabdymui, tačiau ir atlieka vieną iš pagrindinių funkcijų, kai reikia lipti laiptais. Atitinkamai užstabdžius rato sukimosi ašį, kuomet tos ašies sukimosi ašis varo ratą važiuojantį ant plokštumos, galima gauti judesį apie to krumpliaraičio sukimosi ašį (3 pav.)



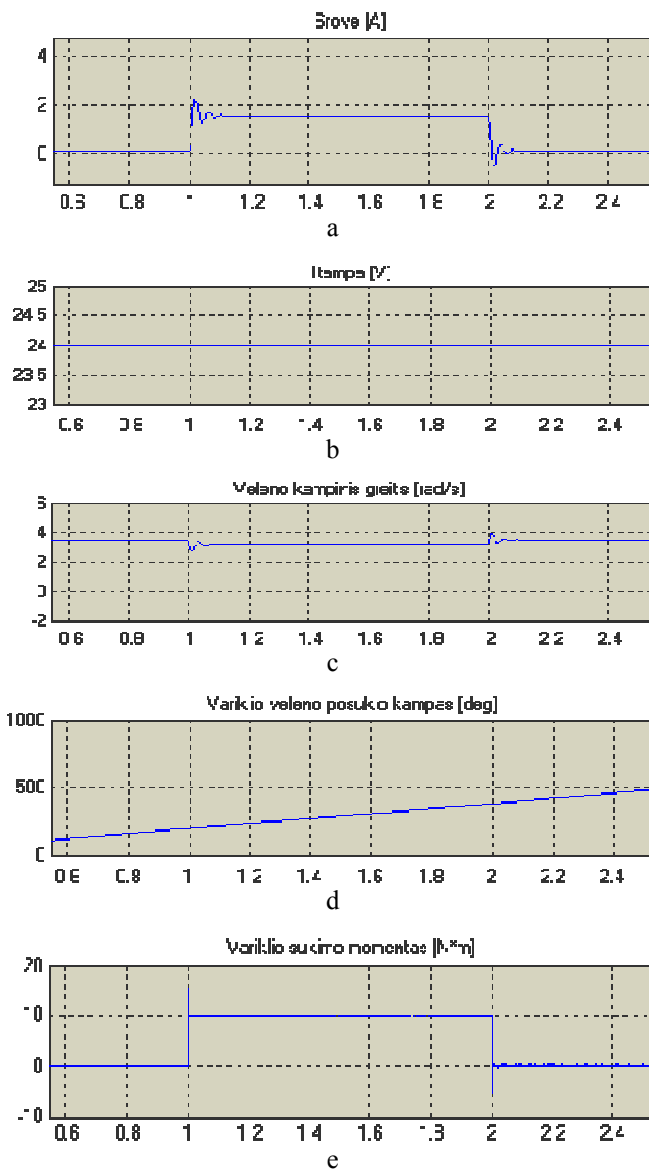
3 pav. Roboto ratų sukimosi schema apie stabdomą ašį

#### 4. Roboto judesio tyrimas modeliavimo priemonėmis

Tiriamo objekto modelis (4 pav.) sudarytas naudojantis *Matlab* priemonėmis. Prie nuolatinės srovės variklio 2 prijungtas pastovios srovės šaltinis 1. Prie variklio veleno 2 per reduktorių 3, 4 prijungtas tiriamojo roboto mechaninis modelis 5. Keičiant apkrovos dydį 6 ant variklio veleno ašies, panaudojus pakeičiamą matavimo signalo jutiklį matavimo blokuose 7 ir 8, galima stebėti kaip reaguos sistema į apkrovą (5 pav.).



4 pav. Tiriamojo objekto modelis, modeliavimo aplinkoje



5 pav. Bandymo rezultatas, kai variklio veleno ašis yra veikiamą 500 N jėgos apkrova, esant laikui  $t$  nuo 1 s iki 2 s: a – srovės kitimo grafikas; b – maitinimo įtampos grafikas; c – veleno kampinio greičio kitimo grafikas; d – variklio veleno posūkio kampo grafikas; e – variklio sukimo momento priklausomybės nuo laiko kitimo grafikas

## 5. Išvados

1. Apžvelgus ir išanalizavus mechanizmus, pritaikytus lipti laiptais, įvertinome kiekvieno privalumus ir trūkumus. Išanalizuoti konstrukciniai gebėjimo lipti laiptais ir valdymo ypatumai.
2. Pasirinktas mechanizmo prototipas, labiausiai tinkamas tiriamajam darbui atlikti.
3. Atlikti modeliavimo bandymai su sudarytu modeliu virtualioje aplinkoje.

## Literatūra

1. Neįgaliojo vežimėlis su bėgine sistema. Prieiga per internetą: <<http://www.google.com/patents?id=G587AAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4#v=onepage&q=&f=false>> [žiūrėta: 2010-10-20].
2. Laiptų kopimo įtaisas. Prieiga per internetą: <[http://www.sano-stair-climber.com/pt\\_s\\_outdoor\\_frame.htm](http://www.sano-stair-climber.com/pt_s_outdoor_frame.htm)> [žiūrėta: 2010-10-20].
3. Lengvai pritaikomi laiptų lipimo įtaisai, neįgaliojo vežimėlio gabenimui. Prieiga per internetą: <<http://www.google.com/patents?id=4ik8AAAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4#v=onepage&q=&f=false>> [žiūrėta: 2010-10-20].
4. Autonominiai laiptų kopimo robotai. Prieiga per internetą: <<http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/29701/53888127.pdf?sequence=1>> [žiūrėta: 2010-10-20].
5. Ratų grupių naudojimas laiptų įveikime. Prieiga per internetą: <<http://article.nuclear.or.kr/jknsfile/v27/A04803285520.pdf>> [žiūrėta: 2010-10-20].

## VALDOMO TERMIJONINIO KEITIKLIO PARAMETRŲ TYRIMAS

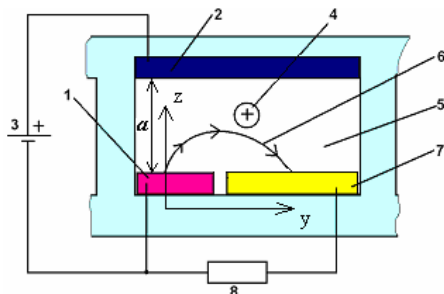
I. Girštautaitė, L. Urbanavičiūtė

KTU Panevėžio instituto Elektros inžinerijos katedra

**Raktiniai žodžiai:** termijoninis keitiklis, lauko emisijos srovė.

### 1. Įvadas

Termijoniniai vakuuminiai keitikliai keičia šiluminę energiją į elektros energiją. Darbe [1] buvo iškelta idėja, kad pasinaudojant termijoninių keitiklių veikimo principu ir lauko emisija, panaudojant šaltą katodą, būtų galima sukurti 1 pav. pateiktos konstrukcijos termijoninį keitiklį. Esminis skirtumas tarp jau tradicinių termijoninių keitiklių ir šio keitiklio yra ta, kad emiterio emituojamų elektronų srautui užlenkti būtų naudojamas magnetinis laukas. Taip elektronai nepatektų į pagalbinį elektrodą, o būtų nukreipiami tiesiai į kolektorių.



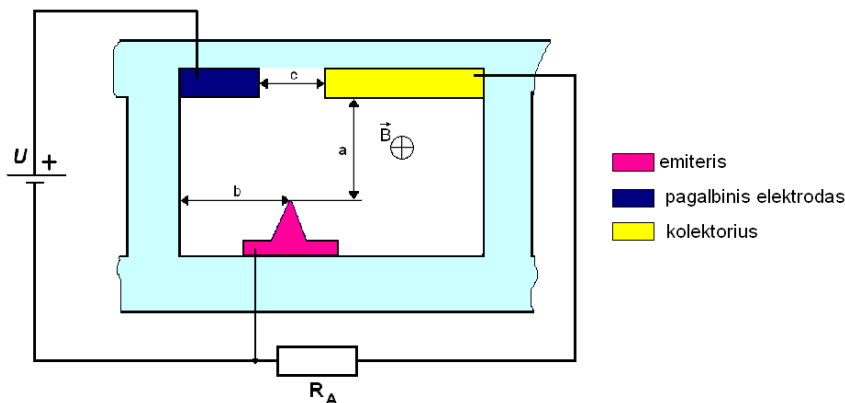
1 pav. Termijoninio keitiklio konstrukcija: 1 – emiteris; 2 – pagalbinis elektrodas; 3 – pagalbinis šaltinis; 4 – magnetinio lauko kryptis; 5 – vakuuminė kamera; 6 – elektronų srautas; 7 – kolektorius; 8 – apkrova; z ir y – ašių kryptys; a – atstumas.

### 2. Tyrimo objektas

Iš [1] darbe pateiktų pirminių tokio keitiklio tyrimų matome, kad nagrinėtos konstrukcijos keitiklio elektronų srautui „užlenkti“ reikalinga didelė

magnetinio lauko indukcija. Todėl būtų galima pakeisti keitiklio konstrukciją taip, kad kolektorius būtų viršuje. Tada elektronų srautą reikėtų „užlenkti“ mažiau. Atlikus patentų analizę [2, 3] ir remiantis ankstesniais tyrimų rezultatais, šiame darbe modeliuojamas 2 pav. pateiktos konstrukcijos termijoninis keitiklis.

Šiame darbe buvo nustatyti modeliuojamo keitiklio geometriniai, elektriniai ir magnetiniai parametrai ir apskaičiuota tokio keitiklio lauko emisijos srovė.



2 pav. Modeliuojamo termijoninio keitiklio konstrukcija

### 3. Termijoninio keitiklio modeliavimas

Prieš nustatant pasirinktos konstrukcijos keitiklio parametrus, tokius kaip atstumas  $a$  tarp emiterio ir kolektoriaus (2 pav.), atstumas  $c$  tarp kolektoriaus ir pagalbino elektrodo, atstumas  $b$ , t. y. emiterio padėtis celėje, bei magnetinės indukcijos dydį, pirmiausia modeliuojamos termijoninio keitiklio vieno elektrono trajektorija. Keitiklyje veikia elektrostatinis laukas, erdvinio krūvio laukas, magnetinis laukas, emituoti elektronai turi pasiskirstymą pagal greičius bei kampus emiterio plokštumos atžvilgiu, todėl norint apskaičiuoti elektrono trajektoriją plokštumoje, naudojama [1] darbe pateikta diferencialinių lygčių sistema elektrono trajektorijai apskaičiuoti, kuri buvo sprendžiama programiniu paketu *MathCad*.

Pagal pasirinktą konstrukciją, kadangi kolektorius yra viršutinėje celės dalyje, tiriama kylančioji elektrono trajektorijos dalis. Pasirinkome aštuntąją kylančiosios trajektorijos dalį. Nagrinėjant atvejį, kai elektrinio lauko stipris  $E_z = 10^6$  V/m, magnetinė indukcija  $B_0 = 0,5$  T, apskaičiavus elektrono trajektoriją prie šių parametrų, pasirinkome, kad atstumas  $a$  tarp emiterio ir kolektoriaus  $z$  ašies kryptimi bus  $20 \mu\text{m}$ , ir tada nustatėme kokių atstumu  $y$  ašies

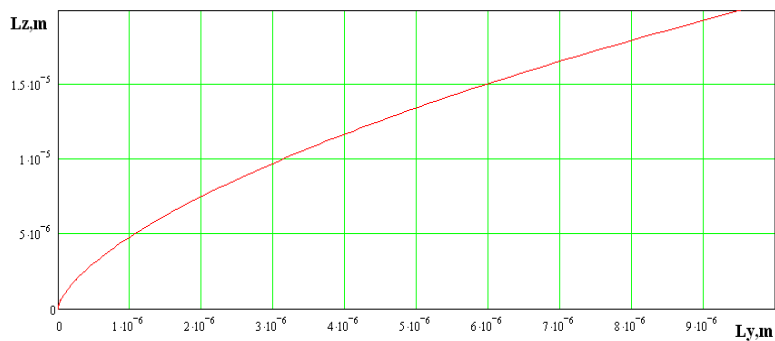
kryptimi galėtų būti toliausiai nuo emiterio pastumtas šis kolektorius. Iš 3 pav. pateiktos elektrono trajektorijos dalies matyti, kad šis atstumas yra  $10\ \mu\text{m}$ .

Atlikus šiuos skaičiavimus, buvo pasirinkta 4 pav. pateikti nagrinėjamo termijoninio keitiklio geometriniai parametrai.

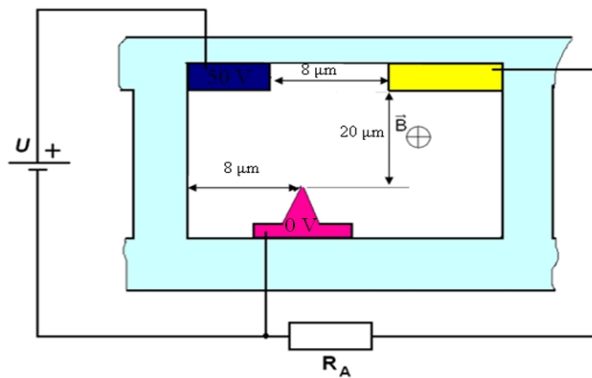
Toliau buvo atlikti tokio keitiklio lauko emisijos srovės skaičiavimai. Šios srovės tankis gali būti apskaičiuojamas pagal Faulerio-Nordheimo lygtį:

$$j = \frac{e^3}{8\pi h} \cdot \frac{E^2}{t^2(y)\phi} \cdot e^{\left[-6,83 \cdot 10^7 \frac{\phi^{3/2}}{E} g(y)\right]}; \quad (1)$$

čia:  $e$  – elektrono krūvis;  $E$  – elektrinio lauko stipris prie emiterio viršūnės;  $h$  – Planko konstanta;  $\phi$  – elektrono išėjimo darbas,  $t(y)$  ir  $g(y)$  – Faulerio-Nordheimo funkcijos, pateikiamos [4].



3 pav. Elektrono trajektorijos dalis, kai  $B_0 = 0,5\ \text{T}$ ,  $E_z = 106\ \text{V/m}$

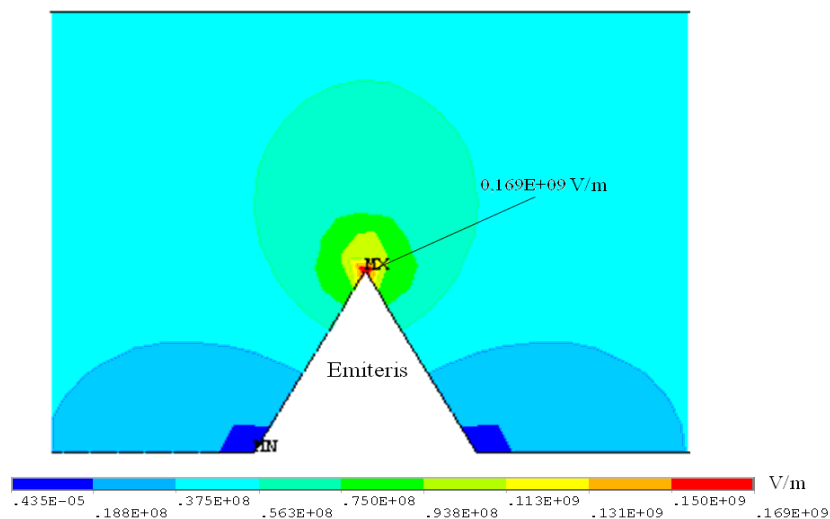


4 pav. Termijoninio keitiklio geometriniai parametrai



Iš lygties (1) matome, kad turi būti žinomas elektrinio lauko stiprio pasiskirstymas prie emiterio viršūnės. Šiam pasiskirstymui apskaičiuoti buvo sudarytas pasirinktos konstrukcijos keitiklio baigtinių elementų modelis ir atlikti skaičiavimai programiniu paketu ANSYS. Gauti rezultatai pateikti 5 pav. Iš jų matyti, kad prie viršūnės gaunamas pakankamas elektrinio lauko stipris, kad elektronai iš šalto emiterio būtų „ištraukiami“.

Pasinaudojus gautais elektrinio lauko stiprio pasiskirstymo prie emiterio viršūnės rezultatais, pagal (1) lygtį apskaičiuota lauko emisijos srovė.



5 pav. Elektrinio lauko stipris prie emiterio, kai anodo įtampa 50 V

1 lentelė

Lauko emisijos srovė  $I_e$ , kai emiterio viršūnės spindulys 100 Å

| Emiterio medžiaga                             | $\phi$ , eV | $I_e$ , pA |
|-----------------------------------------------|-------------|------------|
| Nikelis padengtas bario oksidu                | 0,11        | 98,7262    |
| Silicis                                       | 1,12        | 3,05617    |
| GaAs                                          | 1,42        | 1,44845    |
| Deimantas                                     | 1,5         | 1,18522    |
| Cezis                                         | 2,1         | 0,25191    |
| Volframas padengtas nedideliu sluoksniu torio | 2,63        | 0,05891    |
| SiC                                           | 3,1         | 0,01507    |
| GaN                                           | 3,49        | 0,00461    |
| Tantalas                                      | 4,07        | 0,00072    |
| Volframas                                     | 4,52        | 0,00016    |

Buvo pasirinktos įvairios medžiagos, iš kurių gaminami „šalti“ katodai ir kurių yra skirtingos elektrono išėjimo darbo reikšmės. Pasirinktos medžiagos ir apskaičiuotos emisijos srovės reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

#### 4. Išvados

1. Kuomet elektrinio lauko stipris  $E_z = 10^6$  V/m, magnetinė indukcija  $B_0 = 0,5$  T, atstumas  $a$  tarp emiterio ir kolektoriaus  $z$  ašies kryptimi  $20\ \mu\text{m}$ , atstumas  $c$  tarp kolektoriaus ir pagalbinio elektrodo  $x$  ašies kryptimi  $8\ \mu\text{m}$ , atstumas  $b$ , t. y. emiterio padėtis celėje,  $x$  ašies kryptimi  $8\ \mu\text{m}$ .
2. Kai atstumas tarp emiterio ir pagalbinio elektrodo yra  $20\ \mu\text{m}$ , pagalbiniam elektrodui užduodama  $50$  V įtampa, emiterio viršūnėje gaunamas pakankamas  $0,169 \cdot 10^9$  V/m elektrinio lauko stipris.
3. Apskaičiuota lauko emisijos srovė medžiagoms, kurios naudojamos „šaltų“ katodų gamybai. Geriausi rezultatai gauti naudojant nikelį, padengtą bario oksidu ir silicij.

#### Literatūra

1. **Pakarklis A., Urbanavičiūtė L.** Elektros krūvių srautų valdymas termijoniniuose keitikliuose. // jaunųjų mokslininkų ir studentų konferencijos „Technologijos mokslai šiandien ir rytoj – 2009“ pranešimų medžiaga. ISBN 9789955257493. – Kaunas: Technologija, 2009. 115 – 118 p.
2. Cold-cathode electron source, microwave tube using it, and production method thereof. Prieiga per internetą: <<http://ip.com/patent/US7391145>> [žiūrėta 2010-07-05].
3. Cold cathode with concentrated emission. Prieiga per internetą: <[www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=2003081629&IA=EP2%200%2003001557&DISPLAY=STATUS](http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=2003081629&IA=EP2%200%2003001557&DISPLAY=STATUS)> [žiūrėta 2010-06-05].
4. **H.Craig Miller.** Values of Fowler-Nordheim field emission functions:  $v(y)$ ,  $t(y)$ , and  $s(y)$ . // Journal of the Franklin Institute, Volume 282, Issue 6, December 1966. Pages 382-388.

## TAISYKLINGŲ GEOMETRINIŲ OBJEKTŲ ATPAŽINIMO VALDYME TYRIMAS

V. Sinkevičius, V. Virbalas

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** vaizdų atpažinimas, kompiuterinė rega.

### 1. Įvadas

Vaizdo atpažinimo sistemos vis plačiau naudojamos produkcijos automatiniams matavimams gamybinėse linijose atlikti. Tačiau jų taikymų augimą stabdo technologinės kliūtys, didelė įrenginių kaina bei tai, kad skirtingiems uždaviniams spręsti reikalinga skirtinga įranga. Sunku ją patobulinti arba pritaikyti kitam tikslui.

Šio darbo tikslas yra ištirti taisyklingų geometrinių objektų atpažinimą taikant lengvai prieinamas ir lanksčiai panaudojamas priemones. Tikslui pasiekti numatomi 2 uždaviniai: išanalizuoti pramoninės vaizdo atpažinimo sistemos OMRON F150-3 galimybes atpažįstant dažniausiai gamybinėse linijose sutinkamų taisyklingų geometrinių figūrų detales ir išanalizuoti objektų atpažinimo galimybes panaudojant internetinę 640×480 taškų raiškos kamerą ir asmeninį kompiuterį (1 pav.).



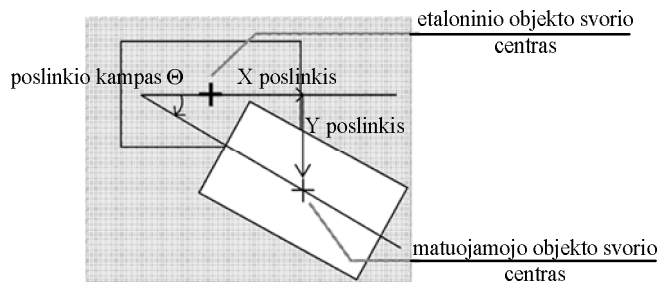
1 pav. Taisyklingų geometrinių objektų atpažinimo sistema

## 2. Pramoninės vaizdo aptikimo-atpažinimo sistemos OMRON F150-3 analizė

F150 yra viena iš naujos kartos gana modernių firmos Omron vaizdo atpažinimo sistemų. Ši sistema naudoja vieną arba dvi elektronines kameras ir geba fiksuoti bei apdoroti judančių ir nejudančių detalių vaizdus. Įrenginys matavimus atlieka 9-iais matavimo režimais: binarinis centro ir ploto nustatymo, binarinis centro ir ašių kampo, pilkos spalvos skenavimo, precizinis skenavimas, pilkos briaunos pozicijos, briaunos žingsnio, paviršiaus defektavimo, tankio vidurkinimo ir susijusių elementų paieškos režimai [1].

Objektų padėties koordinačių, ploto, objekto geometrinio centro suradimui įrenginyje skirti – binarinis centro ir ploto nustatymo, binarinis centro ir ašių kampo režimai, kurie naudoja dvejetainį metodą, kai kameros nuskaitytas paveikslėlis padalinamas į 256 taškus. Filtruojant paveikslai yra išskiriami į juodus ir baltus taškus (juodam fone – baltas objektas). Baltų taškų kiekis apsprendžia objekto plotą. Detalės svorio centras nustatomas priimant, kad balti taškai yra plokštumoje ir pasiskirstę tolygiai, pvz.: apskritimo svorio centras yra apskritimo centras, daugiakampio objekto svorio centras – įstrižainių, išvestų iš priešingų kampų, sankirtos taškas. Objekto orientacija nustatoma nurodant poslinkio kampą (2 pav.) kuris gaunamas dviejų tiesių, išvestų per etaloninio ir matuojamo objekto geometrinius centrus, sankirtos taške ir statmenas objekto kraštinei.

Objektų atpažinimui, nesvarbu ar tai taisyklingos geometrinės figūros, įrenginys naudoja atitikties koeficiento metodą (pilkos spalvos skenavimo ir precizino skenavimo režimai). Tinkamos formos gaminio vaizdas įregistruojamas įrenginio atmintyje, išsaugomas kaip šablonas. Aptinkama nuskenuoto paveikslėlio dalis labiausiai atitinkanti šabloną. Modelio ir testuojamo objekto atitikties lygis išreiškiamas koreliacijos koeficientu. Koeficiento vertė: 0...100. Aukštesnė koreliacijos koeficiento vertė nusako geresnį, panašesnį, objekto vaizdą su iš anksto išsaugotu įrenginio atmintyje



2 pav. Matuojamo objekto svorio centro ir poslinkio kampo nustatymas

šablonu. Nustačius koeficiento slenkstinę ribą galima rūšiuoti objektus į tinkamus (OK) arba brokuojamus (NG).

Įrenginio briaunos žingsnio, paviršiaus defektavimo, tankio vidurkinimo režimai turi galimybę skaičiuoti objektus ir defektuoti objekto paviršių, šių metodų darbe nenagrinėsime.

### 3. Objektų atpažinimas MATLAB programiniu paketu

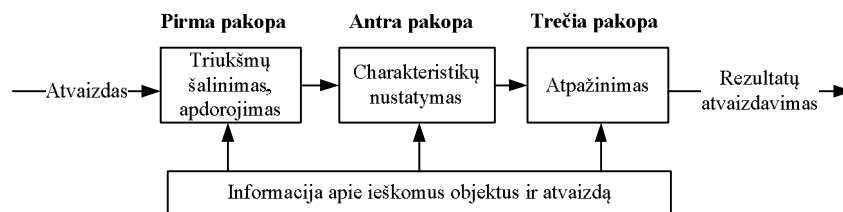
Programinio paketo MATLAB tarpė "Image Processing Toolbox" turi visą eilę funkcijų ir algoritmų pritaikytų įvairiems skaitmeninių vaizdų apdorojimo, analizės, vizualizavimo klausimams spręsti. Dauguma naudojamų funkcijų esančių "Image Processing Toolbox" rinkinyje parašytos atvira MatLab programavimo kalba kas suteikia galimybę susipažinti su algoritmais keisti programos kodą ir sukurti savaip modifikuotas funkcijas [2].

Taisyklingų geometrinių objektų atpažinimui išanalizuosime du atpažinimo metodus: išskiriant charakteringus geometrinių figūrų požymius ir nustatant koreliacijos koeficientą.

Kiekvieną objektą galima charakterizuoti, atpažinti pagal tam tikrus tik tam objektui būdingus požymius. Kiekvieno objekto charakterizuojančių požymių skaičius priklauso nuo objekto sudėtingumo. Atpažįstant objektą pagal jį charakterizuojančius požymius būtina kuo tiksliau parinkti požymių kiekį pagal kuriuos bus atpažįstamas objektas, nes parinktas per didelis požymių skaičius ilgins atpažinimo proceso laiką ir apkraus procesorių, o per mažas požymių rinkinys gali turėti įtakos tikslumui atpažįstant objektus.

Paprastų figūrų atpažinimą pagal charakterizuojančius požymius atliksime keliomis pakopomis (3 pav.).

Pradinėje pakopoje atliekamas pirminis atvaizdo apdorojimas. Jo metu atliekamos įvairios atvaizdo korekcijos, mažinamas triukšmas, paveikslėlis iškerpamas, konvertuojamas į juodai baltą. Antroje pakopoje atvaizdas funkcija "imfeature" segmentuojamas – išskiriamos jo prasmingos sritys ir nustatomos objektus apibūdinančios charakteristikos. Trečioje pakopoje atpažįstami objektai, išskirti iš aplinkos pagal tik jiems būdingus



3 pav. Atpažinimas pagal charakterizuojančius požymius

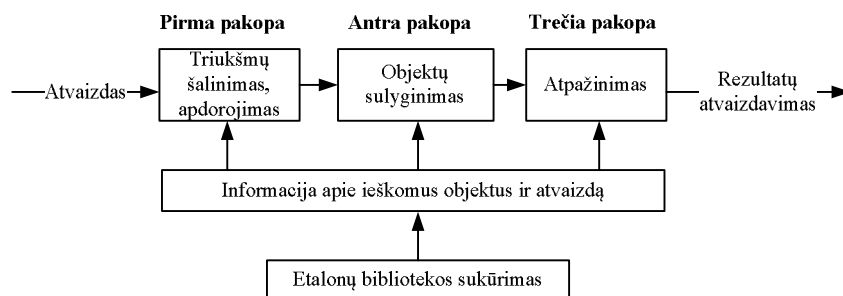
požymius – charakteristikas. Atpažįstanti sistema žino tiriamųjų objektų charakteristikas ir neturėdama visos būtinos informacijos, gali priimti sprendimą apie išskirto objekto tipą.

Kitas būdas, kuris naudojamas atpažinti objektus – koreliacijos (atikties koeficiento) metodas. Šio būdo atpažinti figūras principas – atvaizdų palyginimas. Kaip ir pirmuoju išnagrinėtu atveju suskirstysime vaizdų analizę į tris pakopas (4 pav.). Pradinėje pakopoje taip pat naudojame pirminį vaizdo apdorojimą, jo metu atliekame vaizdo korekcijas reikalingas tolimesniems žingsniams. Antroje pakopoje apdorotą vaizdą palyginame su bibliotekoje esančiais etaloniniais šablonais. Tam tikslui reikalinga sukurti norimų atpažinti atvaizdų biblioteką. Toliau, išskyrus, bendrame atvaizde skirtingus objektus palyginus su bibliotekoje esančiais etalonais, pagal gautus rezultatus galime atpažinti objektus.

Objekto ar detalės padėties ir orientacijos nustatymas, dažnai reikalingi parametrai pramoninių mašinų regos sistemose. Surinkimo, rūšiavimo, brokavimo procesuose pramonėje dažnai reikalinga nustatyti detalės padėtį ir orientaciją. Tiksliai žinant kurioje vietoje ir kaip yra padėtas gaminys galima apmokyti mašiną atlikti tokius veiksmus, kaip detalės ar gaminio rūšiavimas, perkėlimas ir t.t.

Objekto padėties ir orientacijos nustatymui galimos naudoti kelios komandos, funkcijos esančios MatLab programiniame pakete. Šio uždavinio sprendimui išbandysime ir išanalizuosime du sprendimo būdus. Detalės kampo nustatymui naudosime funkciją "imrotate", kuri leidžia sukurti visą nuskaitytą paveikslą tam tikru užduotu kampu. Funkcija "regionprops" išskirsime parametrus "Extrema" – nurodančius ekstremalius objekto taškus, "Centroid" – objekto centro koordinatas paveiksle [3]. Analizuojamame paveikslėlyje turime keturis taisyklingus kvadratus pasuktus kas 5 laipsniai (5 pav.).

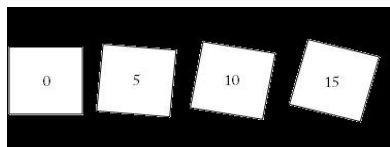
Toliau funkcijos "imrotate" pagalba sukame paveikslėlį po vieną laipsnį ir tikriname detalės atitiktį, pagal tam tikrą detalei būdingą požymį,



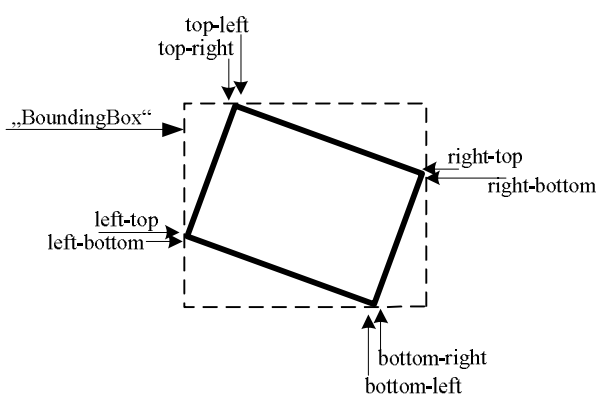
4 pav. Atpažinimas nustatant koreliacijos koeficientą



5 pav. Atvaizdai kampo nustatymui



6 pav. Kampo nustatymo rezultatai



7 pav. Objekto orientacijos nustatymas išskiriant ekstremalius taškus

šiuo atveju tyrinėjamame paveikslėlyje turime kvadratą, todėl puikiai galime pritaikyti funkcijos "regionprops" užpildymo koeficientą "Extent". Tai koeficientas parodantis santykį figūros ploto su plotu apie figūrą apibrėžto taisyklingo stačiakampio. Gavus šio koeficiento reikšmę lygią 1 fiksuojame kampą ir gautą reikšmę atvaizduojame ekrane (6 pav.).

Kitas būdas, kuriuo darbe nustatome objekto padėtį ir orientaciją naudojant funkcijos "regionprops" ir išskiriant parametrus "Extrema" – nurodančius ekstremalius objekto taškus (7 pav.).

Analizuojamas objektas apibrėžiamas taisykliniu stačiakampiu "BoundingBox" ir sudaroma 8x2 matrica  $\begin{bmatrix} \text{top-left} & \text{top-right} & \text{right-top} & \text{right-bottom} \\ \text{bottom-right} & \text{bottom-left} & \text{left-bottom} & \text{left-top} \end{bmatrix}$  fiksuojanti ekstremalius objekto taškus.

#### 4. Išvados

1. Ištyrus pramoninę vaizdo atpažinimo sistemą OMRON F150-3 nustatyta, kad įrenginys labai jautrus apšvietimui. Matavimo rezultatus įtakoja paviršiaus nelygumai, kameros įtvirtinimo netikslumai, kameros atstumas nuo matuojamo paviršiaus. Įrenginys neturi fokuso automatinio reguliavimo galimybės ir tai riboja kameros darbinį aukštį nuo matuojamo objekto.
2. Sukurta sistema naudojant asmeninį kompiuterį ir internetinę kamerą gali būti pritaikyta atpažinti taisyklingus geometrinius objektus ir gautą informaciją panaudoti valdyme.

#### Literatūra

1. F150-3 Vision Sensor Expert Menu Operation Manual. Prieiga per internetą: <<http://www.cms.dicotec.ch/media/Datenblaetter/Omron/03%20Sensing/Vision%20Sensors%20and%20Systems/Englisch/F150-3%20EXPERT%20MENU.pdf>> [žiūrėta 2010-04-10].
2. Image Processing Toolbox. Prieiga per internetą: <<http://www.mathworks.com/products/image>> [žiūrėta 2010-06-12].
3. Журавель И.М. Краткий курс теории обработки изображений. Prieiga per internetą: <<http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/index.php>> [žiūrėta 2010 11 06].



## STATYBOS MAŠINŲ TECHNINĖS BŪKLĖS ĮVERTINIMAS

S. Činikas, A. Tautkus

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** eksploatacijos laikas, mašinos gyvavimo ciklas.

### 1. Įvadas

Analizuodamas mašinų pirkimo ir eksploatacijos išlaidas susidūriau su metodikos universalumo stoka. Reikia analizuoti daug literatūros, kad sugebėtum įvertinti mašinos stovį. Mašinos įsigijimo ir eksploatacijos kriterijai įtakoja mašinos būklę vertinant pasirinktu laikotarpiu. Naujos mašinos pirkimo kainos dalis yra svarus argumentas ją perperkant, teisingai ir tiksliai vesti eksploatacijos duomenys labai palengvina pirkėjo apsisprendimą pasirinkti mašiną. Visi jie skirstomi į dvi grupes: ekonominę ir techninę įvertinimą.

Ekonominis įvertinimas atliktas analizuojant konkretaus įrengimo pirkimo, eksploatacijos ir pardavimo laiką. Tam *MS Excel*’yje buvo sukurta universali skaičiuoklė.

Techninis įvertinimas atliktas tikrinant slėgius ekskavatoriaus CAT 320 hidraulinėse linijose, atliekant diagnostiką elektroniniais prietaisais su CAN jungtimi bei apžiūrint vizualiai.

### 2. Ekonominis transporto priemonių įvertinimas

Pagrindinis požymis, pagal kurį turtas skirstomas į trumpalaikį ir ilgalaikį, yra laikotarpis per kurį naudojant turtą gaunamas pelnas [1]. Jeigu turtas per vieną ataskaitinį laikotarpį visiškai sunaudojamas (arba nebeneša pelno), jis laikomas trumpalaikiu, o jeigu nesunaudojamas, – ilgalaikiu turtu (žr. 1 lent.). Paprastai ataskaitinis laikotarpis yra vieneri metai.

Įmonėje reikalinga turtą suskirstyti norint pasirinkti kokių būdu bus vykdoma turto amortizacijos apskaita įmonėje. Yra keturi amortizacijos skaičiavimo būdai: tiesioginis, dvigubas, metų skaičiaus ir produkcijos. Amortizacijos skaičiavimo būdą pasirinkti galima tik du kartus per visą mašinos eksploatacijos laiką [2].

Amortizacijos būdo pasirinkimas įtakoja apmokestinamo pelno variacijas. Pasirenkant tiesioginį amortizacijos skaičiavimo būdą kiekvienais

## Ilgalaikio turto skirstymas

|                |                                |                           |
|----------------|--------------------------------|---------------------------|
| Nematerialusis | Prekių ženklai                 |                           |
|                | Patentai, licencijos           |                           |
|                | Autorių teisės                 |                           |
|                | Teisė demonstruoti kino filmus |                           |
|                | Plėtros darbai                 |                           |
|                | Kompiuterių programos          |                           |
|                | Prestižas                      |                           |
|                | Kitas nematerialusis turtas    |                           |
| Materialusis   | Nekilnojamas (pasyvus)         | Žemė                      |
|                |                                | Pastatai ir statiniai     |
|                |                                | Gamtiniai ištekliai       |
|                |                                | Kitas nekilnojamas turtas |
|                | Kilnojamas (aktyvus)           | Įrenginiai                |
|                |                                | Baldai                    |
|                |                                | Transporto priemonės      |
|                |                                | Kitas kilnojamas turtas   |
| Finansinis     | Investicijos                   |                           |
|                | Gautinos sumos                 |                           |
|                | Nuosavos akcijos               |                           |
|                | Kitos investicijos             |                           |

metais turtas nuvertėja mažiausiai ir lieka didesnė pelno dalis, kurią valstybė apmokestina. Taip pelnas tampa mažesnis ir mašinų parkas lieka maksimalios vertės. Pasirenkant amortizacijos skaičiavimą pagal produkciją būdą mašinų parko amortizacija yra didžiausia ir pelnui lieka mažiau, todėl mokami mažesni mokesčiai. Amortizaciją skaičiuojant produkcijos būdu įmonės parkas atsinaujina labiau, mašinos sensta vienodai, o mašinos vertė sumažėja.

Prieš įsigyjant įrenginį paprastai analizuojama rinka, vertindama gedimo rizika. Tada nusprendžiama įsigyti naują ar naudotą įrengimą. Jei su įrenginiu bus dirbama daugiau nei vieną pamainą, kurios darbo sustabdymo (gedimo) kaštai dideli, rekomenduojama rinktis naują įrengimą. Jei darbas trunka tik vieną pamainą ar trumpiau ir gedimo rizika minimali ar bent vidutinė – rekomenduojama pirkti mažai naudotą įrengimą, nes jo kaina 25% mažesnė (kas įtakoja mažesnes sąnaudas eksploatacijoje, kai atliekamas toks pats darbas).

Nusipirkus mašiną labai svarbu teisingai ją eksploatuoti. Kai mašina tinkamai paruošta, ji naudoja optimalų kiekį medžiagų kurios įtakoja mechanizmo darbo savikainą.

Eksplotacijos išlaidas sudaro daug komponentų: kuras, tepalai, atsarginės dalys, atlyginimas operatoriui, įvairūs mokesčiai, transportavimo ir saugojimo išlaidos.

Nauja mašina dirba su minimaliais resursais, vėliau jie pradeda didėti. Tai sąlygoja mašinos naudojimo intensyvumas ir priežiūra. Su mašina rentabilu dirbti kol ja uždirbamų pinigų suma yra didesnė už išlaidas eksploatacijai. Daugumos statybos mašinų šis laikotarpis yra apie 7 metus (17500 moto val.) Todėl statybos mašinas reiktų keisti kitomis, tinkamomis darbui, ne vėliau kaip po 17500 eksploatavimo valandų.

Aukščiau išdėstytus teiginius pagrįsime skaičiavimais, atliktais skaičiuokle, sukurta *MS Excel* terpėje. Analizuojant įrengimą reikia aprašyti eksploatacijos sąmatą (žr. 2 lent.). Keisdami eksploatacijos laiką, pirkimo kainą, procentinę remonto ir eksploatacijos dalį nuo pirkimo kainos, randame optimalų modelį įrengimo eksploatacijai [3].

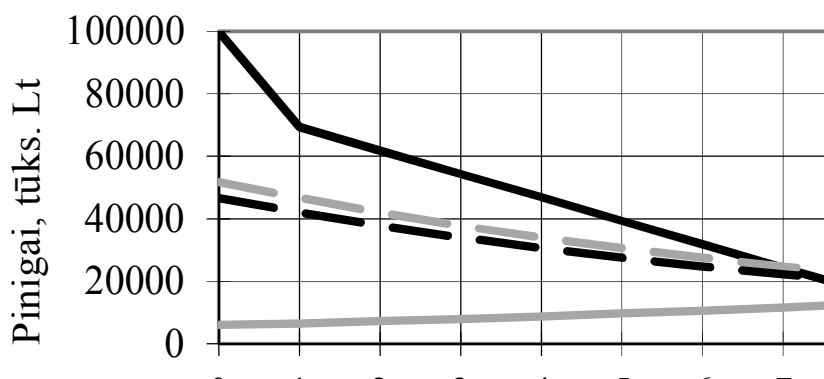
Pirmos simuliacijos metu buvo užduota: mašina per pirmus metus nuvertės 25%, eksploatacijos išlaidos sudaro 6% nuo pirkimo kainos, mašina eksploatuojama 12 metų. Esant tokiems duomenims optimalus įrenginio pirkimo laikas yra iki 2 metų, nes mašinos vertė po dviejų metų pradeda kisti tolydžiai jos naudojimui. Optimalus įrenginio keitimo laikas – po 8,5 metų, nes didėja išlaidos eksploatacijai, o rinkos vertė mažėja, t. y. metai iki pajamų ir išlaidų kreivių susikirtimo (žr. 1 pav). Iš 1 pav. matyti, kad įrenginį nerentabilu eksploatuoti po 10 metų (sąnaudų ir uždarbio kreivių sankirtos taškas).

2 lentelė

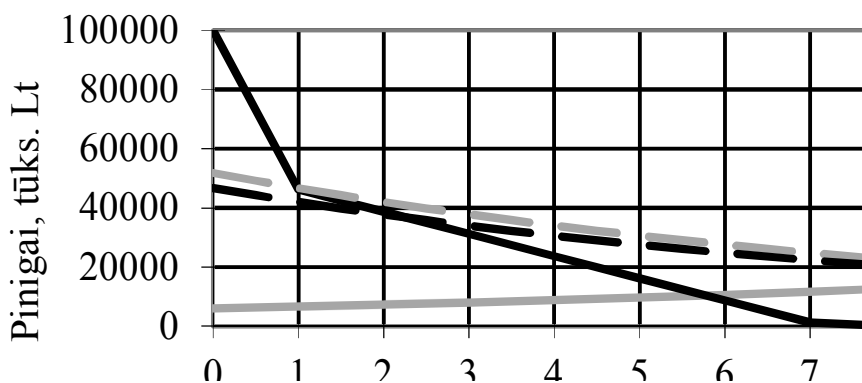
Ekskavatoriaus CAT 428 duomenys

| Mechanizmo pavadinimas                                | CAT 428       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|
| Metai                                                 |               | 1     | 2     | 3     | 4     |
| Kaina, Lt                                             | <b>100000</b> | 69375 | 61875 | 54375 | 46745 |
| Per mėnesį išdirbtos val.                             | <b>120</b>    |       |       |       |       |
| Mašinos svoris, t                                     | <b>5</b>      |       |       |       |       |
| Metalo supirkimo kaina, Lt/t                          | <b>500</b>    |       |       |       |       |
| Procentinė aptarnavimo ir išraiška nuo pirkimo kainos | <b>6</b>      |       |       |       |       |
| Eksplotacijos laikas metais                           | <b>12</b>     |       |       |       |       |
| Vertė po pirmų metų, %                                | <b>75</b>     |       |       |       |       |
| Vienos val. kaina, Lt                                 | <b>36</b>     |       |       |       |       |
| Didžiausia suma kurią galėjo uždirbti įrengimas, Lt   |               | 51847 | 46662 | 41996 | 37797 |
| Uždirbta suma, Lt                                     |               | 46668 | 41990 | 37797 | 34017 |
| Išlaidos eksploatacijai, Lt                           |               | 6000  | 6600  | 7560  | 7986  |
| Kaina už metalo laužą, Lt                             | <b>1750</b>   |       |       |       |       |
| Likutinė vertė, Lt                                    | <b>10000</b>  |       |       |       |       |

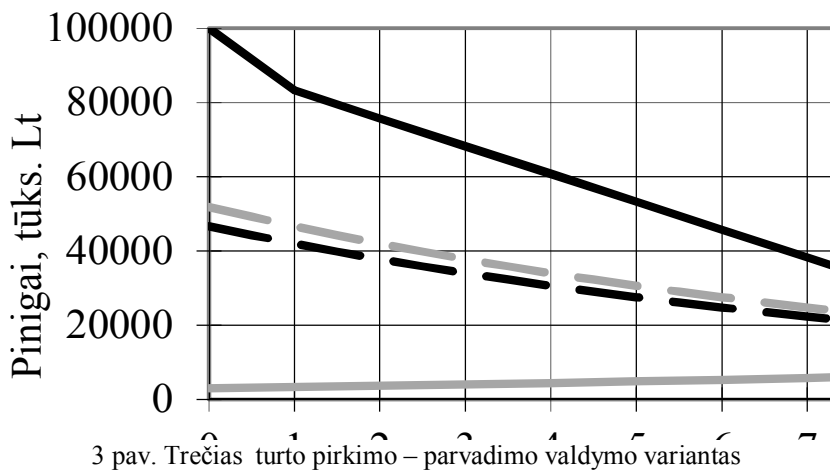
Antros simuliacijos metu buvo užduota: mašina per pirmus metus nuvertės 60%, eksploatacijos išlaidos sudaro 6% nuo pirkimo kainos, mašina eksploatuojama 7 metų. Esant tokiems duomenims optimalus įrenginio pirkimo laikas yra iki 1 metų, nes mašina yra praradusi 60 % naujos kainos, o darbingumas išlikęs apie 85%. Optimalus keitimo laikas – po 9 metų, nes po planuojamų vienų eksploatacijos metų planuojamos išlaidos bus didesnės nei įrenginio uždirbama suma. Sulygimus (1 ir 2 pav.) matosi kaip keičiant amortizacijos skaičiavimo metodiką galime įtakoti pelno apmokestinimą. Kai mechanizmo vertė 1 Lt tai amortizacijos dalis iš pelno nebeatimama. Jei priešingai, tai amortizacijos dalis atimama iš pelno, pelno nėra, nėra ką ir apmokestinti. Nauda lieka įmonėje.



1 pav. Pirmas turto pirkimo – parvadimo valdymo variantas



2 pav. Antras turto pirkimo – parvadimo valdymo variantas



Trečios simuliacijos metu buvo užduota: mašina labai mažai nuvertėja per pirmus metus (tik 10%). Tokia įranga turi savo vertę ir po 10 metų ir ją galima dirbti ilgesni laikotarpį ir sukaupti kapitalą tokiam pačiam vienerių metų senumo įrengimui įsigyti, kai kaina sumažėjusi 10% o likęs įrenginio darbingumas yra 95%. Tai gerai matyti iš 3 pav.: išlaidos eksploatacijai didėja pamažu ir tik apie 13 metus susikirstu su uždirbamos sumos linija. Parduoti tokį įrenginį nėra tikslinga, nes išlaidos aptarnavimui mažesnės už pajamas. Lizingas už įrengimą jau sumokėtas, todėl įrengimas uždirba pinigus.

### 3. Techninis transporto priemonių įvertinimas

Techninė diagnostika (TD) – mokslas apie techninės sistemos būklės atpažinimą. TD tikslas – surasti ir atpažinti gedimus ankstyvose jų atsiradimo ir formavimosi stadijose. Šiandien plačiausiai naudojami šie techninės diagnostikos metodai:

1. Testinė diagnostika.
2. Funkcinė diagnostika.
3. Kombinuota funkcinė-testinė diagnostika.

Toliau aptarsiu vieno hidraulikos elemento – hidro siurblio, diagnozavimo eiliškumą. Hidraulinės sistemos tikrinimas paremtas siurblio darbinio parametrų matavimu ar jie atitinka nominalius gaminklinius. Sirtingos mašinos savo eksploatacijos kataloguose nurodo hidro sistemų parametrus. NŠ 50 siurblio nominalūs parametrai yra: darbinis tūris 32 cm<sup>3</sup>, darbinis slėgis 160 bar (maksimalus slėgis 250 bar kai sukimosi dažnis 3000 aps/min).

NŠ 50 siurblio parametrų palyginimas

| Siurblio būklė | Tepalo tūris, cm <sup>3</sup> | Nominalus slėgis, bar | Tinkamumas darbui |
|----------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Naujas         | 32                            | 160                   | ✓ Tinka           |
| Naudotas       | 30                            | 155                   | ✓ Tinka           |
| Susidėvėjęs    | 10                            | 85                    | ✗ Netinka         |

Patikrinimo metu nustatome hidro siurblio sukuriamą slėgį ir debitą, ir juos lyginame su gamykliniu standartu. Pagal gautus duomenis sprendžiame apie siurblio darbo tinkamumą (žr. 3 lent.) [4]. Pavyzdžiui, jei ekskavatoriaus hidraulinės vairavimo sistemos siurblio išvystomas slėgis pasiekia tik 85% nominalaus (gamyklinio) slėgio, tai jis keičiamas atitinkamu nauju. Šis siurblys gali būti panaudotas kitoje sistemoje, kurioje darbinis slėgis yra mažesnis, o siurblio išvystomas slėgis yra pakankamas.

#### 4. Išvados

1. Jei su mašina planuojama dirbti 2500 moto valandų per metus, tai rekomenduojama pirkti naują mašiną.
2. Naudotą vieną ar dviejų metų mašiną rekomenduojama pirkti tada, kai sugedimo rizika minimali, mašinos prastova neįtakoja kitų darbo arba su mašina bus dirbama mažiau nei vieną trečdalį viso įmanomo laiko.
3. Mechanizmą rekomenduojama parduoti likus vieniems metams iki planuojamos ribos, kurią pasiekus išlaidos mašinos eksploatacijai viršytų pajamas, gaunamas už mašinos darbą.

#### Literatūra

1. Statistikos departamentas. Prieiga per internetą: <<http://db1.stat.gov.lt/statbank/default.asp?w=1360>> [žiūrėta 2010-05-28].\
2. LR Buhalterinės apskaitos įstatymas Nr. IX-574, V.Ž.Nr.99, 2001 11 06.
3. E-paslaugos. Prieiga per internetą: < <http://www.epaslaugos.lt/egovportal/appmanager/main/public>> [žiūrėta 2010-09-28].
4. Linava. Prieiga per internetą: <[http://www.linava.lt/cms/content.aspx?root\\_id=lt&path=/lt/lt\\_links&item](http://www.linava.lt/cms/content.aspx?root_id=lt&path=/lt/lt_links&item)> [žiūrėta 2010-05-28].

## VIRTUALAUS MODELIO SUDARYMAS KONFIGŪRACIJŲ METODU

A. Kondratas<sup>1</sup>, R. Laurinavičius<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kauno technologijos universiteto tarptautinių studijų centras

<sup>2</sup> Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas

**Raktiniai žodžiai:** serijinė gamyba, konfigūracijos brėžinyje.

### 1. Įvadas

Konstruojant panašių arba simetriškų gaminių virtualius modelius serijinei gamybai: yra dauginami modelių failai, juos surenkant naudojami atskiri modeliai, kurie apkrauna kompiuterį ir jis dirba lėčiau. Kompiuterio atminties talpa mažėja, nes dauginant brėžinių modelių failus – jie užima daugiau vidinės kompiuterio atminties talpos. Panašių arba simetriškų gaminių modeliai, kurie yra naudojami surinkimo modelyje – tampa sudėtingai keičiami vietomis arba pakeičiami kitais. Todėl juos pakeičiant arba sukeičiant vietomis yra tikimybė padaryti klaidą būsimame brėžinyje ir prarandamas papildomas laikas, kuris nėra numatytas konstruktoriaus darbui atlikti.

Sprendžiant šiuos įprastus virtualių modelių kūrimo metodus – galima panaudoti braižybos ir modeliavimo *SolidWorks* programą. Keli panašūs modeliai gali būti sukurti ir realizuojami viename brėžinio modelyje su konfigūracijomis. Brėžinių modelio matmenys gali būti sukonfigūruoti taip, kad įjungus atitinkamą modelio konfigūraciją – sukonfigūruotas matmuo pasikeistų reikiamu dydžiu.

### 2. Konstrukcinės detalės modeliavimo palyginimas

Paimsime praktinį pavyzdį, kai nestandartinio reklamos stendo gamyboje yra naudojami kintamo ilgio laikikliai. Šiam eksperimentiniui braižybos ir modeliavimo bandymui yra naudojama *SolidWorks* programa ir laikui fiksuoti – chronometras.

Įprastiniu brėžinio modeliavimo metodu, kiekvienai konstrukcinės detalės brėžiniui sukurti yra dauginami modelių failai, jie yra pervadinami ir atidarius kiekvieną modelį – detalės ilgis yra pakeičiamas reikiamu dydžiu. Fiksuojant laiką, septyni detalių modeliai buvo sukurti per 2 min ir 31 s [1].

Šias vienodas detales sukūrsime naudodami modeliavimo konfigūracijas. Naudojame tik vieną brėžinio modelį, konfigūracijų lange

sukūriamos konfigūracijos su atitinkamais pavadinimais, kurie atitiks detalės ilgį. Septyni modeliai su konfigūracijomis buvo sukurti per 1 min ir 40 s.

Šiuo atveju kompiuterio atminties talpa didėja, nes sukonfiguruotas brėžinio modelis su jo surinkimo modeliu: kompiuteryje užima apie 15% vietos mažiau, nei modeliuojant įprastu modeliavimo metodu be konfigūracijų [2].

### **3. Konstrukcinių detalių modelių surinkimo palyginimas**

Sukurti modeliai yra naudojami juos surinkti surinkimo modelyje. Naudojant detales be konfigūracijų, programos surinkimo modelio lange reikia įkelti kiekvieną modelį ir užduoti pozicijos ryšius. Jeigu detalių nėra daug – šis metodas nėra prastas. O surenkant daug detalių: prarandama daug laiko, tikimybė padaryti klaidą yra didelė ir t.t. Surinkti septynias detales be konfigūracijų surinkimo modelyje – prireikė 4 min ir 15 s.

Naudojant konfigūracijų metodą: sukonfiguruotas detalės modelis yra įkeliamas į surinkimo modelį, po to dauginamas linijiniu dauginimu reikiamu atstumu ir kiekvienai detalės kopijai nustatoma reikiama konfigūracija, kuri automatiškai keičia detalės ilgį. Surinkti septynias detales su konfigūracijomis surinkimo modelyje – prireikė 1 min ir 0 s. Tai būtų keturis kartus greičiau nei naudojant įprastą modeliavimo metodą be konfigūracijų [3].

### **4. Surinkti modeliai su konfigūracijomis brėžinyje**

Įkėlus surinktą modelį su konfigūracijomis programos lange, brėžinyje sudedame reikalingą informaciją. Tačiau esant reikalui konstrukcinių detalių ilgiai gali būti pakeisti. Atidarius surinkimo modelį: kiekvienos detalės ilgis yra keičiamas nurodžius reikiamą sukurtą konfigūraciją. Dėl esamo sąryšio tarp brėžinio ir modelio – detalės ilgis pasikeičia automatiškai. Taip brėžinys yra tinkamai paruoštas spausdinti ir gali būti pateiktas gamybai.

### **5. Brėžinių paruošimo laiko koeficientas, naudojant modeliavimo konfigūracijų metodą**

Gaminių kainos apskaičiavimui yra naudojami laiko koeficientai. Dokumentacijos ir brėžinių laiko koeficientas yra vertinamas tada, kai gaminių brėžiniai yra projektuojami ir atliekami rangovo konstruktoriaus.

Atlikus šį eksperimentinį bandymą, galima apskaičiuoti brėžinių paruošimo laiko koeficientą, kurį galima naudoti gaminių kainos skaičiavimams atlikti naudojant modeliavimo konfigūracijų metodą. Šiuo atveju brėžinių paruošimo eksperimentinis laiko koeficientas yra apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$t_{SK}' = \frac{T_{SK}}{T_{BK}} \cong 0,47 ;$$



čia:  $T_{SK}$  – eksperimentinis laikas su konfigūracijomis;  $T_{BK}$  – eksperimentinis laikas be konfigūracijų.

Teorinis brėžinių paruošimo laiko koeficientas  $t_{SK}$  priklauso nuo konstrukcijos sudėtingumo ir konstruktoriaus įgūdžių, taip pat gebos naudoti modeliavimo metodą su konfigūracijomis. Todėl brėžinių paruošimo laiko koeficientą serijinėje gamyboje yra tikslingiau naudoti:

$$t_{SK} = 0,40 \dots 0,50.$$

Vertinant gaminių brėžinių paruošimo laiko terminą serijinėje gamyboje ir naudojant modeliavimo su konfigūracijomis metodą – galima sumažinti brėžinių paruošimo laiką per pusę.

## 6. Išvados

1. Panašių ar simetriškų detalių ir konstrukcijų modeliavimas gali būti užtikrinamas naudojant braižybos ir modeliavimo su konfigūracijomis metodą *SolidWorks* aplinkoje. Kompiuterio darbo apkrova yra sumažinama, bei jo vidinė atmintis yra taupoma, nes surinkimo brėžinyje yra naudojamas vienas modelis-failas su reikiomomis konfigūracijomis, o ne keli brėžinio modeliai kaip įprastai.
2. Brėžinių modelių paruošimo laikas sumažėja, bei jų matmenų kokybė yra užtikrinama. Naudojant modelį su konfigūracijomis yra mažesnė tikimybė padaryti klaidą brėžinyje.
3. Brėžinio modelio sukūrimo laikas kinta mažėjančiai dėl sukurtų modelio konfigūracijų, kurias atitinkamai parinkus – yra keičiami modelio matmenys. Modelis su konfigūracijomis brėžinyje yra geresnis, nes jeigu reikia pakeisti kokia nors detalę, tai keičiama yra tik reikiama konfigūracija. Todėl brėžinio modelių surinkti iš naujo nebereikia.
4. Brėžinių paruošimo laiko koeficientas  $t_{SK}$  gali būti naudojamas gaminių kainos skaičiavimams atlikti serijinėje gamyboje, nes norint paskaičiuoti gaminių kainą yra skaičiuojamas gamybos ir dokumentacijos paruošimo laikas. Įvertinus šį brėžinių paruošimo laiko koeficientą  $t_{SK}$  – dokumentacijos paruošimo laikas mažėja.

## Literatūra

1. Applications with SolidWorks Simulation, Instructor Guide. Prieiga per internetą: <[www.solidworks.com/.../SolidWorks\\_Simulation\\_Instructor\\_Guide\\_2010\\_ENG\\_SV.pdf](http://www.solidworks.com/.../SolidWorks_Simulation_Instructor_Guide_2010_ENG_SV.pdf)> [žiūrėta 2010-12-04].
2. Design Configuration in SolidWorks Tutorial. Prieiga per internetą: <<http://www.youtube.com/watch?v=MSvEtzVftZQ>> [žiūrėta 2010-12-04].
3. SolidWorks Tutorials 99. Prieiga per internetą: <<http://users.rowan.edu/~vonlockette/fem/tutorial.pdf>>, 10 psl. [žiūrėta 2010-12-04].

## SUKAMO APVALAUS SLUOKSNIUOTO STRYPO OPTIMIZAVIMO UŽDAVINIO FORMULAVIMAS

**D. Garuckas, J. Minevičienė**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** sluoksniuotas apvalus, sukamas, optimizacija.

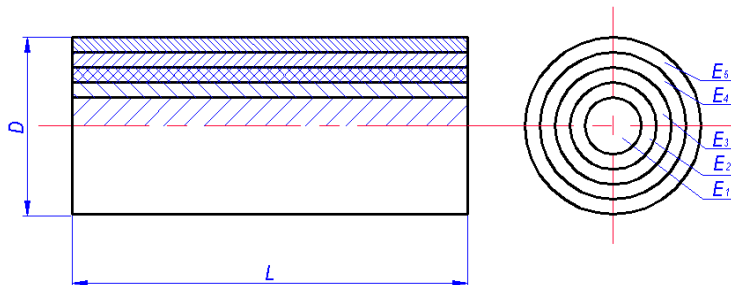
### 1. Įvadas

Nemažai konstrukcinių elementų yra gaminami iš vienos rūšies medžiagos, dėl ko būna sunku suderinti medžiagos stiprumo savybes su gaminiui ar konstrukcijai keliamais reikalavimais kainai ar masei. Atsižvelgiant į tai, projektuojant mechanizmus vis dažniau naudojami daugiasluoksniai konstrukciniai elementai iš kompozicinių medžiagų. Tokie konstrukciniai elementai yra pigesni ir lengvesni, atsparūs įvairiems cheminiams poveikiams, korozijai.

Todėl parenkant sluoksnių medžiagas, keičiant skerspjūvio geometrinius matmenis, nustatant sluoksnių klojimo tvarką, galima gauti optimalią daugiasluoksnę konstrukciją [1].

### 2. Tyrimo objektas

Optimizuojamo sluoksniuoto konstrukcinio elemento (SKE) (1 pav.) matmenys ir sąlyginės apkrovos imamos pastovios:  $L = 150$  mm;  $D = 50$  mm;  $T = 100$  Nm.



1 pav. Nagrinėjamas penkių sluoksnių konstrukcinis elementas

SKE medžiagų fizinės mechaninės savybės

| Medžiaga               | Tankis<br>$\rho$ , kg/m <sup>3</sup> | Stiprumas, MPa |                 |               |         | $E$ ,<br>GPa | $G$ ,<br>GPa |
|------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|---------------|---------|--------------|--------------|
|                        |                                      | Tempi-<br>mui  | Gniuž-<br>dymui | Lenki-<br>mui | Šlyčiai |              |              |
| Aluminis Al            | 2700,0                               | 250            | 170             | –             | –       | –            | –            |
| Stiklo plastikas $S_s$ | 2,0                                  | 300            | 100             | 490,0         | 50      | 15,0         | 2,7          |
| Stiklo plastikas $S_k$ | 2,2                                  | 470            | 230             | 770,0         | –       | 25,0         | –            |
| Anglies plastikas A    | 1,55                                 | 1400           | 1100            | –             | 74      | 143,0        | 5,5          |
| Epoksidinė derva $E_d$ | –                                    | –              | –               | 22,3          | –       | 1,6          | –            |

Elementas formuojamas iš penkių medžiagų (1 lent.): anglies plastiko A, karšto kietėjimo  $S_k$  ir šalto kietėjimo  $S_s$  stiklo plastiko, aliuminio Al ir epoksidinės dervos  $E_d$ .

### 3. SKE charakteristikų skaičiavimo metodika

Duomenys, reikalingi SKE optimalios konstrukcijos nustatymui [2, 3]:

- konstrukcinio elemento geometriniai parametrai ( $L$  ir  $D$ );
- medžiagų mechaninės savybės ( $G$ ,  $E$  ir  $K$ );
- informacija apie sluoksnių išdėstymo tvarką (Al- $S_s$ - $S_k$ -A- $E_d$  ir pan.);
- sluoksnių storai  $t$ .

Pradžioje apskaičiuojamas sluoksnio skerspjūvio plotas (1) formulė, o po to ir viso SKE plotas pagal (2) formulę:

$$A_i = \frac{\pi}{4} (d_i^2 - d_{i-1}^2), \quad (1)$$

$$A_c = \sum_{i=1}^n A_i. \quad (2)$$

čia:  $d_i$  –  $i$ -tojo sluoksnio skersmuo, mm;  $i$  – sluoksnio numeris (1-asis sluoksnis yra vidinis);  $n$  – konstrukcinį elementą sudarančių sluoksnių skaičius.

Kadangi bus optimizuojami sluoksniuoti velenai, tai reikia numatyti galimybę, kad ant velenų gali būti montuojami kūginiai krumpliaračiai, todėl gali atsirasti ir ašinės apkrovos. Dėl to turi būti įvertinamas ir ašinis SKE standumas:

$$B = \sum_{i=1}^n E_i A_i. \quad (3)$$

čia  $E_i$  –  $i$ -tojo sluoksnio medžiagos tamprumo modulis, Pa.

SKE standumas sukimui:

$$K_s = I_{pk} G_k = \sum_{i=1}^n G_i I_{pi}, \quad (4)$$

čia:  $G_i$  –  $i$ -ojo sluoksnio medžiagos šlyties modulis, Pa;  $I_{pi}$  –  $i$ -ojo sluoksnio skerspjūvio polinis inercijos momentas,  $m^4$ ;  $I_{pk}$  – visos konstrukcijos skerspjūvio polinis inercijos momentas,  $m^4$ ;  $G_k$  – viso elemento ekvivalentinis šlyties modulis.

Viso sluoksniuoto veleno polinis inercijos momentas

$$I_{pk} = \sum_{i=1}^n I_{pi}. \quad (5)$$

Sukamo sluoksniuoto elemento ekvivalentinį šlyties modulis

$$G_k = \frac{K_s}{I_{pk}}. \quad (6)$$

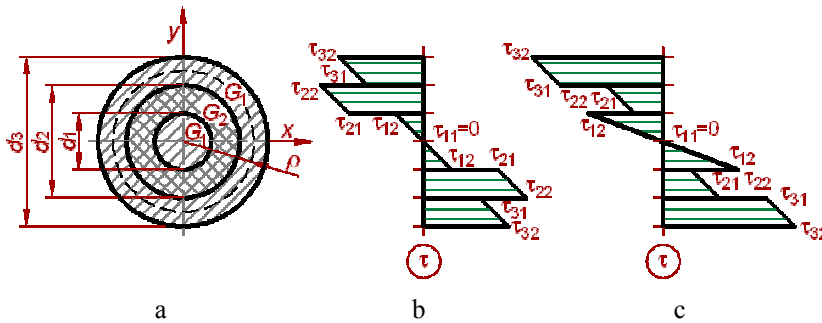
Nagrinėjant sluoksniuoto sukamo strypo deformacijas laikome, kad nėra praslydimo tarp strypų sudarančių sluoksnių, o deformacijos yra tiesiog proporcingos atstumui nuo strypo centro. Tangentiniai įtempimai (2 pav.) apskaičiuojama pagal formulę:

$$\tau_{ri} = \frac{T}{K_s} G_i r; \quad (7)$$

čia  $r$  – žiedo spindulys, kuriame skaičiuojami tangentiniai įtempimai, m.

Tangentiniai įtempimai pereinat iš vienos medžiagos į kitą (sluoksnių kontaktiniame paviršiuje) kinta šuoliškai. Šioje zonoje tangentiniai įtempimai priklauso nuo sluoksnių medžiagų šlyties modulių santykio:

$$\tau_{ri+1} = \tau_{ri} \frac{G_{i+1}}{G_i}. \quad (8)$$



2 pav. Tangentiniai įtempimai SKE: a – strypo skerspjūvis; b – jei  $G_1 < G_2$ ; c – jei  $G_1 > G_2$

Maksimalus daugiasluoksniu strypo susukimo kampas

$$\varphi_{max} = \frac{T L}{K_s}; \quad (9)$$

čia  $L$  – strypo ilgis, m.

#### 4. Sluoksniuotų velenų optimizavimo uždavinio formulavimas

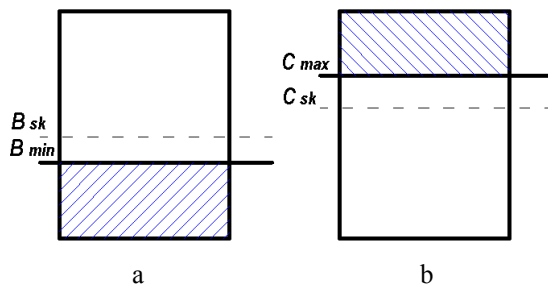
Klasikiniai optimizavimo metodai naudotini žinant analitinę tikslo funkcijos išraišką ir turint žinių, kad ji bent du kartus diferencijuojama pagal projektavimo kintamuosius. Dėl šių priežasčių klasikinės matematikos optimizavimo metodai retai taikomi sprendžiant projektavimo uždavinius.

SKE optimizavimui taikoma sąlyginė optimizacija, tai yra tikslo funkcijos apribojimai realizuojami užduodant juos sąlygos pavidalu. Kadangi konstrukcinis elementas bus optimizuojamas kelių parametrų požiūriu, t.y. ašinio standumo  $B$ , standumo sukimui  $K$ , masės  $m$  ir kainos  $C$ , todėl bus sprendžiamas daugiamatės optimizacijos uždavinys.

Tam, kad konstrukcinis elementas atitiktų jam keliamus reikalavimus, tikslo funkcijai užduodami globaliniai (viso daugiasluoksniu konstrukcinio elemento) ir lokaliniai (kiekvieno konstrukcinio elemento sluoksniu) apribojimai [3].

**Globaliniai apribojimai.** Globaliniai apribojimai yra užduodami konstrukcinio elemento ašiniam standumui  $B$ , standumui sukant  $K$ , masei  $m$  ir kainai  $C$ .

Nagrinėjamu atveju, ašinis standumas  $B$  ir standumas sukant  $K$ , turi būti didesni už minimalią ribą, kuri užduodama projektuotojo.  $B_{max}$  ir  $K_{max}$  nebus apribota (3 pav., a). Kaina  $C$  ir konstrukcijos masė  $m$ , neturi viršyti maksimalios ribos, o minimali riba nebus užduodama (3 pav., b), Globalinių apribojimų priklausomybės:



3 pav. Globaliniai apribojimai: a – minimalaus standumo; b – maksimalios kainos

$$\left. \begin{aligned} B_{min} &< B, \\ K_{min} &< K, \\ m_{max} &< m, \\ C_{max} &< C. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

**Lokaliniai apribojimai.** Lokaliniai apribojimai yra užduodami konstrukcinio elemento sluoksniuose kylantiems tangentiniams  $\tau_{zyi}$  įtempimams, kurie, veikiant tam tikrai apkrovai, neturi viršyti medžiagos leistinųjų įtempimų:  $\tau_{i\max} < \tau_{i\text{adm}}$  (2 pav., a ir b).

**Pagrindinio optimizacijos kriterijaus apribojimai.** Optimizacijos kriterijai – SKE charakteristikos  $B$ ,  $K$ ,  $m$  ir  $C$ . Dažniausiai svarbiausias būna tik vienas kriterijus. Šios galimybės realizavimui bus suformuoti pagrindinio kriterijaus apribojimai.

**Tikslo funkcijos nepriklausomi kintamieji.** SKE optimizacijos atveju nepriklausomi optimizacijos kintamieji yra SKE sluoksnių formavimui naudojamų medžiagų savybės: medžiagų tamprumo  $E$  ir šlyties  $G$  moduliai, stiprumo ribos  $\sigma_{ut}$ , medžiagų tankiai  $\rho$ , medžiagų kainos sąlyginiais vienetais  $C$  bei medžiagų išsidėstymas sluoksniuose.

Išoriniuose sluoksniuose neturi būti minkštų medžiagų, nes bus montuojami skriemuliai, krumpliaračiai, o vidiniuose sluoksniuose neturėtų būti panaudotos itin stiprios medžiagos, nes ten įtempimai mažiausi.

**Tikslo funkcija.** Keturių optimizacijos kriterijų pagrindu sudaryta optimizacijos tikslo funkcija  $\Phi(P, C_T)$ , kuri skaitiškai įvertina SKE konstrukcijos racionalumą:

$$\Phi(P, C_T) = f(B, K, m, C) = f(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4) = f(\varphi_i(P, C_T)); \quad (11)$$

čia:  $P$  – medžiagų savybės;  $C_T$  – konstrukcijos tipas;  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\varphi_3$ , ir  $\varphi_4$  – tikslo funkcijos dedamosios [3, 4].

Optimizacijos kriterijų funkcijos yra tikslo funkcijos dedamosios, kurių išraiškos yra santykinės formos:

$$\varphi(P, C_T) = \frac{N_{sk}}{N_{vid}}; \quad (12)$$

čia:  $N_{sk}$  – skaičiuotino optimizacijos kriterijaus bendras žymuo, t. y. bet kurio iš kriterijų  $B$ ,  $K$ ,  $m$ ,  $C$  žymuo;  $N_{vid}$  – vidutinė optimizacijos kriterijaus reikšmė:

$$N_{vid} = 0,5 (N_{min} + N_{max}). \quad (13)$$

Didžiausios ribinės standumų  $B$  ir  $K$  (bendruoju atveju  $N_{max}$ ) reikšmės bus gautos apskaičiavus elemento standumus suformuoto vien tik iš medžiagos su didžiausiomis  $E$  ir  $G$  charakteristikomis. Mažiausios reikšmės ( $N_{min}$ ) – panaudojus medžiagą su mažiausiomis  $E$  ir  $G$  reikšmėmis. Analogiškai bus

nustatytos ir masės bei kainos ribinės – didžiausios ir mažiausios reikšmės. Vidutinės optimizacijos kriterijų reikšmės bus apskaičiuotos pagal (13) formulę.

Doc. D. Garuckas darbe [4] yra pasiūlęs naudoti tikslo funkcijų  $\Phi$  dedamųjų funkcijų  $\varphi$  santykinės reikšmės (12), todėl bus naudojama tikslo funkcija, kuri bendruoju atveju atrodys taip [4]:

$$\Phi(P, C_T) = 1 + \left[ \sum_{i=1}^m \varphi_{\max i}(P, C_T) - \sum_{j=1}^n \varphi_{\min i}(P, C_T) \right]. \quad (14)$$

Konkrečiu atveju ši tikslo funkcija turės išraišką, kurioje bus panaudoti skaičiuojamųjų ir vidutinių charakteristikų santykiai:

$$\Phi(P, C_T) = 1 + \left( \frac{B_{sk}}{B_{vid}} + \frac{K_{sk}}{K_{vid}} - \frac{m_{sk}}{m_{vid}} - \frac{C_{sk}}{C_{vid}} \right). \quad (15)$$

#### 4. Apibendrinimas

Remiantis pateikta metodika bei pasirinktais optimizacijos kriterijais bus atliekamas keleto sukamų, sluoksniuotų velenų, optimalios konstrukcijos nustatymas, naudojant pasirinktas ir aptartas medžiagas bei veikiant užsiduotam sukimo momentui.

Tuo pačiu bus tiriami ir optimizacijos kriterijų kitimo dėsniniai.

#### Literatūra

1. **Bareiškis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcijų elementų stiprumas. Monografija. – Kaunas, 2006. 111-204 p.
2. **Bareiškis J., Paulauskas V.** Daugiasluoksnių kompozicinių konstrukcinių elementų projektavimas. Mokomoji knyga. – Kaunas, 1995. – 48 p.
3. **Bareiškis J., Garuckas D.** Trisluoksnių konstrukcinių elementų optimizavimas // Mechaninė technologija Nr. 25. – Kaunas: Technologija, 1997. 87–95 p.
4. **Garuckas D.** Sluoksniuotų kompozicinių elementų stiprumo ir standumo tyrimas. Daktaro disertacija. – Kaunas, 2000. – 109 p.

# ANALITINIS IR BEM VIENALYČIO CILINDRO ĮTEMPIŲ SKAIČIAVIMAS ESANT TAMPRIAM DEFORMAVIMUI

**A. Bražėnas, L. Kadžys**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio instituto*

**Raktiniai žodžiai:** vamzdis, cilindras, radialiniai, tangentiniai įtempimai.

## 1. Įvadas

Vamzdis – pailgas tuščiaviduris dažniausiai apvalaus skerspjūvio. Kartais vamzdžiai daromi ir kvadratinio, šešiakampio profilio. Pagrindinė vamzdžio savybė yra perduoti medžiagas iš vieno taško į kitą, kurios gali tekėti – skysčių ar dujų, suspensijos, miltelių ar mažos masės dalelių pavidalu.

Dažniausiai vamzdžiai gaminami pagal tarptautinius ir nacionalinius pramonės standartus, kurie turi užtikrinti, vamzdžio parametrus (išorinį, vidinį skersmenį, sienelės storį) ir leistinus nuokrypius.

Vamzdžiai plačiai naudojami: vidaus vandenų sistemoms, dujų vamzdynams; taikomi pramonės šakose (naftos, chemijos, maisto). Jie gali būti skirti netik skysčiam ar kitom medžiagom perduoti, bet ir kaip atraminiai, korpusiniai variantai.

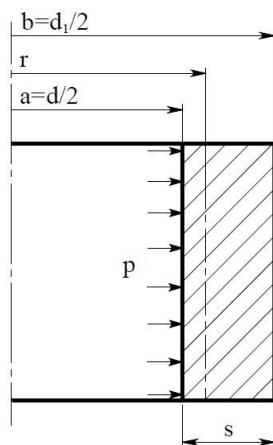
## 2. Analitinis metodas

Panagrinėkime vienalytį tuščiavidurį cilindrinį kūną apkrauta vidiniu slėgiu (1 pav.). Skaičiavime vidinį cilindro matmenį  $a$  laikysime nekintamu, o išorinio matmens  $b$  kitimas yra pateiktas 1 lentelėje. Tokiam uždaviniui analitiškai spręsti bus taikomos Lame priklausomybės [1...2]. Įtempius  $\sigma_t$  ir  $\sigma_r$  (2), o įtempis  $\sigma_z = 0$ , išreiškiami per santykinį pailgėjimą  $\varepsilon_r$ .

$$\varepsilon_r = \frac{u}{r}; \quad (1)$$

čia:  $\varepsilon_r$  – santykinis radialinis pailgėjimas;  $u$  – apskritiminis poslinkis;  $r$  – nagrinėjamas spindulys.





1 pav. Tuščiaaviduris cilindras

Radialiniai ir žiediniai įtempiai apskaičiuojami pagal Lame lygtis:

$$\sigma_t = \frac{p a^2}{b^2 - a^2} - \left( 1 + \frac{b^2}{r^2} \right); \quad (2)$$

$$\sigma_r = \frac{p a^2}{b^2 - a^2} - \left( 1 - \frac{b^2}{r^2} \right); \quad (3)$$

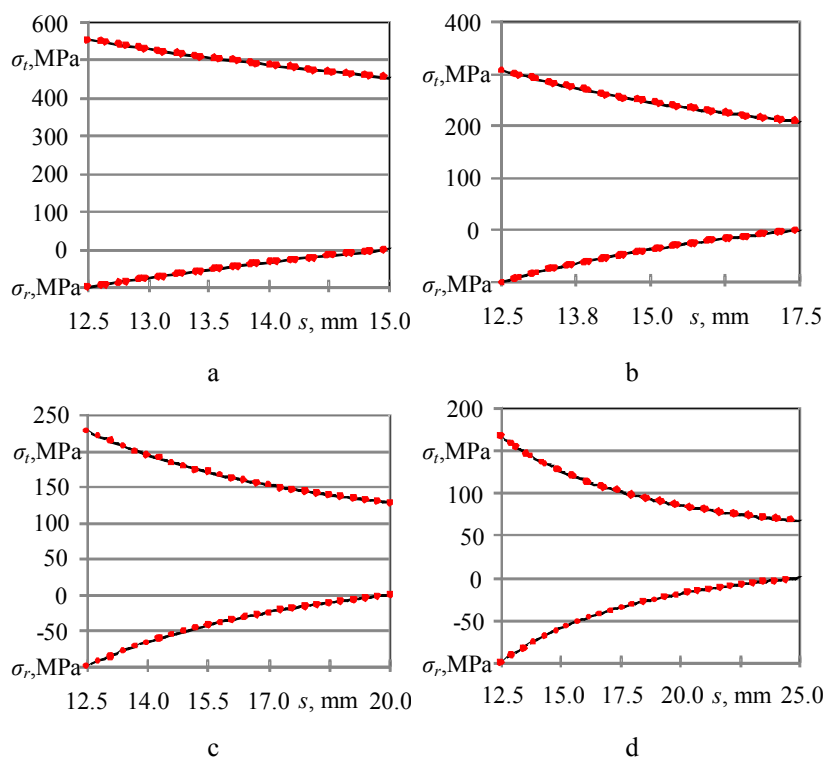
čia:  $\sigma_t$  – žiediniai įtempiai;  $\sigma_r$  – radialiniai įtempiai;  $p$  – vidinis slėgis;  $a$  – vidinis cilindro spindulys;  $b$  – išorinis cilindro spindulys.

Rezultatai, gauti uždavinį sprendžiant analitiškai, pateikti 2 pav., kai sienelės storis  $s$  kinta pagal 1 lentelėje pateiktus duomenis.

1 lentelė

Tiriamos cilindro parametrai

| Parametrai                     | Dydžiai                                  |
|--------------------------------|------------------------------------------|
| Slėgis $p$                     | 100 MPa                                  |
| Vidinis spindulys $a = d/2$    | 12,5 mm                                  |
| Išorinis spindulys $b = d_t/2$ | $b = a + s$                              |
| Sienelės storis $s$            | $s = 0.2 a; s = 0.4 a; s = 0.6 a; s = a$ |



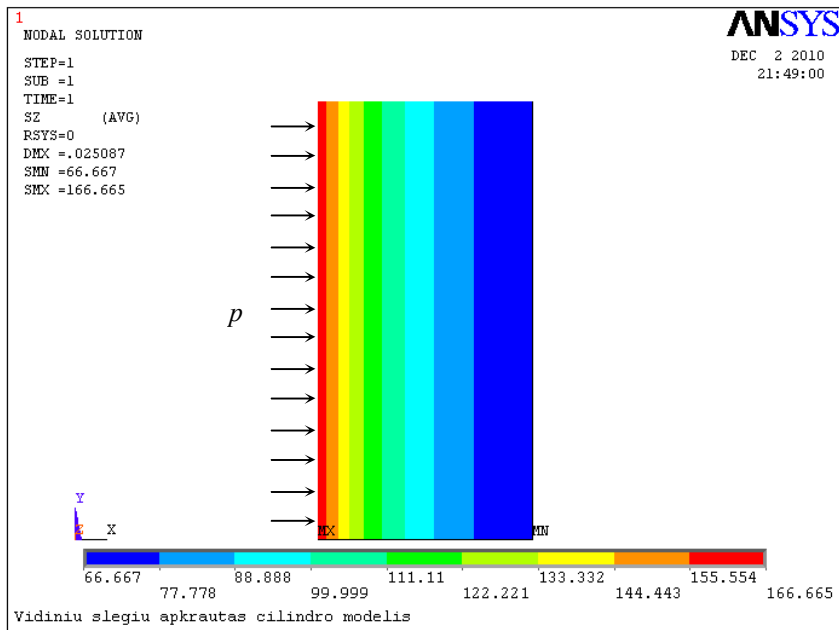
2 pav. Žiedinių ir radialinių įtempių priklausomybės nuo sienelės storio nustatytos analitiškai (—) ir BEM (•••••), kai  $p = 100$  MPa;  $a = 12.5$  mm: a –  $s = 0.2a$ ; b –  $s = 0.4a$ ; c –  $s = 0.6a$ ; d –  $s = a$

Iš 2 pav. matyti, kad žiediniai įtempiai didžiausi yra vidinėje cilindro sienelėje, didėjant sienelės pločiui mažėja. Radialiniai įtempiai visada pastovūs vidinėje cilindro sienelėje ir yra lygūs  $-p$ , o cilindro išorėje yra lygūs 0.

### 3. Baigtinių elementų metodas

Sprendžiant uždavinį baigtinių elementų metodu sudarytas plokštuminis vamzdžio modelis „Ansys 12.1“.

BEM buvo naudojami tie patys cilindro apkrovimo ir geometrijos parametrai kaip analitiniam sprendime. Skaičiavimo rezultatai BEM praktiškai sutampa su analitinio rezultatais (2 pav.), įtempių pasiskirstymas cilindro



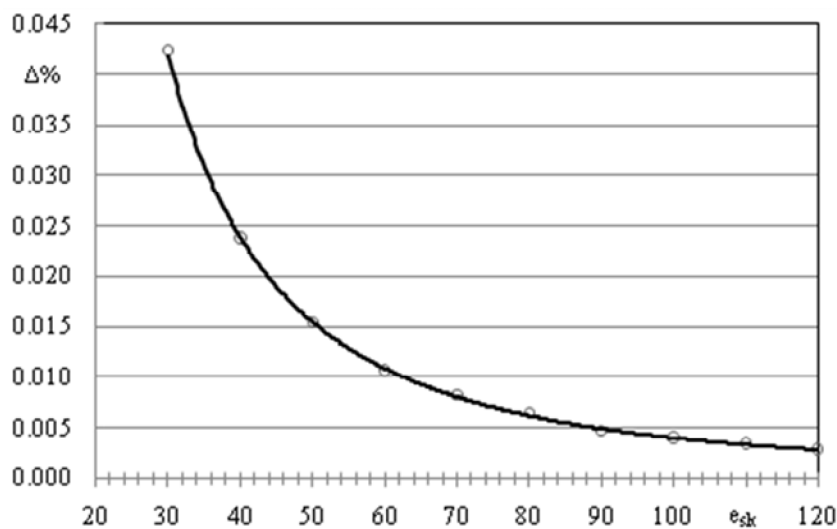
3 pav. BEM žiedinių įtempių pasiskirstymas sienelės storįje, kai  $s = a$ ,  $p = 100$  MPa

sienelės storįje parodytas (3 pav.). Kadangi skaičiavimo tikslumas priklauso nuo elementų skaičiaus, buvo atlikti tyrimai kaip skaičiavimo tikslumas priklauso nuo elementų skaičiaus per sienelės storį (4. pav.). Skaičiavimai buvo atlikti žiediniams didžiausiems įtempiams  $\sigma_{t \max}$ , kai  $p = 100$  MPa ir  $r = a = 12,5$  mm. BEM paklaida buvo nustatyta pagal priklausomybę (4).

$$\Delta = \frac{\sigma_{t \text{ anal max}} - \sigma_{t \text{ BEM max}}}{\sigma_{t \text{ anal max}}} \cdot 100\% . \quad (4)$$

čia:  $\Delta$  – santykinė paklaida procentais;  $\sigma_{t \text{ anal max}}$  – maksimalūs žiediniai įtempiai gauti analitiškai;  $\sigma_{t \text{ BEM max}}$  – maksimalūs žiediniai įtempiai gauti BEM.

Iš 4. pav. matyti, kad kai elementų skaičius per sienelės storį  $e_{sk} = 100$  BEM paklaida sudaro 0,004%. Kadangi didėjant elementų skaičiui tai pat padidėja skaičiavimo laikas, sudarant modelį galima apsiriboti  $e_{sk} = 70 \dots 100$ .



4 pav. BEM paklaida  $\Delta$  nuo elementų skaičiaus  $e_{sk}$  cilindro storyje, kai  $s = a$ ;  
 ( — ) paklaidas aproksimuojanti funkcija  $f(\Delta) = 31,72 e_{sk}^{-1,94}$

#### 4. Išvados

1. Skaičiuojant analitiniu būdu pagal Lamé lygtis gaunamos tikslios įtempių reikšmės.
2. Skaičiavimo baigtinių elementų metodu tikslumas priklauso nuo elementų skaičiaus sienelės storyje. Sudarant modelį galima apsiriboti  $e_{sk} = 70 \dots 100$ , kai paklaida sudaro  $\Delta = 0,008 \dots 0,004\%$ .

#### Literatūra

1. **Feodosjevas V.** Medžiagų atsparumas. – Vilnius: Mokslas, 1983. 253 – 257 p.
2. **Bražėnas A.** Tamprumo ir plastiškumo teorijų pagrindai. – Šiauliai, 2003. – 193 p.

# AUTOMOBILIŲ KELIAMO TRIUKŠMO PRILKAUSOMYBĖ NUO VARIKLIO DARBO RĖŽIMŲ

**M. Piskarskas, A. Tautkus**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** triukšmo priklausomybė, darbo režimas.

## 1. Įvadas

Siekiant sumažinti triukšmo lygį imamas įvairių priemonių. Veiksmingi būdai yra transporto greičio apribojimas, kelių dangos paviršiaus keitimas, eismo ribojimas bei reguliavimas. Naujos kartos kuriamiems automobiliams yra keliami dideli uždaviniai, kad kuo mažiau keltų triukšmą bei mažėtų išmetamų dujų emisija.

**Darbo aktualumas.** Transportas sukelia triukšmą. Leistinieji triukšmo lygiai viršijami ne tik darbo vietose, bet ir gyvenamosiose teritorijose. Dėl šių priežasčių pažeidžiamos saugaus darbo sąlygos darbo vietose, trikdomas poilsis ir kenkiama sveikatai. Todėl akivaizdu, kad būtina mažinti žalingą triukšmo plitimą į mus supančią aplinką tobulinant automobilius, stengtis sumažinti skleidžiamą važiuoklės ar variklio garsą. Šiomis dienomis automobilių pramonėje sparčiai plinta elektromobilių gamyba. Šiame darbe panaudota įranga kuri reikalinga transporto priemonių keliamam triukšmui tirti.

**Tyrimų objektas:** automobilių keliamas triukšmas, įvairiais variklio darbo režimais.

### **Darbo tikslas:**

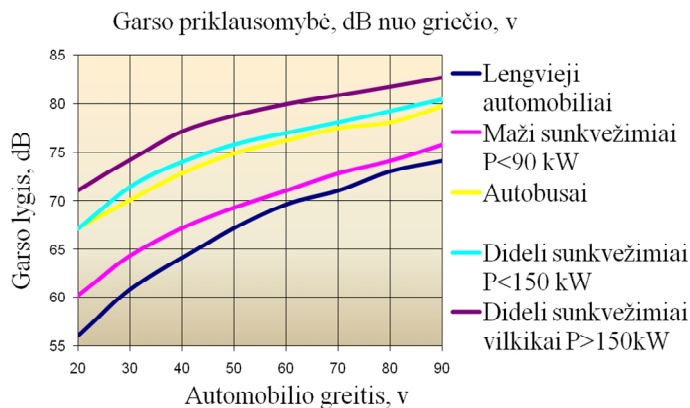
1. Įvertinti kelių transporto priemonių keliamo triukšmo aplinkoje sklaidą.
2. Ištirti skirtingų klasių automobilių keliamą triukšmą skirtingais variklio darbo režimais.
3. Išanalizuoti automobilių variklių skirtingais darbo režimais skleidžiamą triukšmą.

### **Darbo uždaviniai:**

4. Nustatyti transporto priemonių keliamo triukšmo lygius.
5. Nustatyti kurie automobiliai yra potencialūs aplinkos teršėjai, kurie viršija leistinas triukšmo normas.

## 2. Automobilių keliamo triukšmo priklausomybė nuo važiavimo greičio

Važiavimo greičio sumažėjimas/padidėjimas lemia reikšmingą kelių eismo triukšmo emisijos pokytį. Kaip matyti iš 1 pav., išryškėja beveik tiesinė transporto keliamo triukšmo lygio priklausomybė nuo važiavimo greičio, nepriklausomai nuo transporto rūšies tipo [1]. Todėl akivaizdu, kad ribojant važiavimo greitį, galima išvengti žalingo triukšmo poveikio.



1 pav. Vienos transporto priemonės skleidžiamo triukšmo lygio priklausomybė nuo greičio. Pateikti duomenys buvo išmatuoti 7,5 m atstumu nuo pirmos eismo juostos ašies; važiavimo greitis – pastovus; gatvės (kelio) danga – asfaltbetonis

## 3. Eksperimentiniu triukšmo tyrimu objektas ir metodika

Matavimai buvo atliekami SVAN 958 4 kanalų garso lygio ir vibracijos matuokliu – analizatoriumi.

Kiekvienas automobilis buvo parenkamas pagal gatvėse važinėjančių automobilių populiarumą. Automobilio triukšmui matuoti buvo pasirinkti keli būdai – matavimo vietos t. y.:

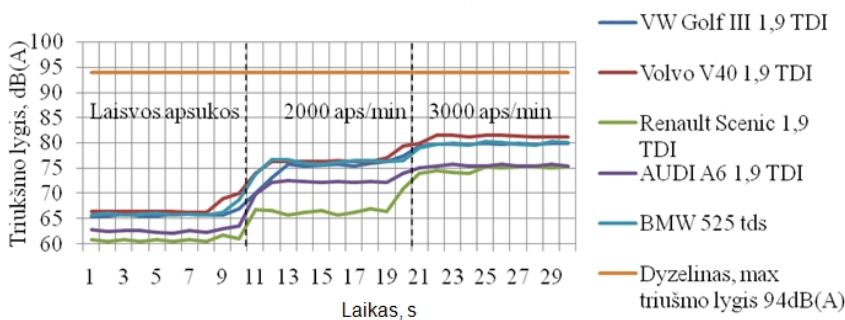
- **Prie išmetimo vamzdžio.** Mikrofono padėtis – turi būti viename aukštyje su išmetamųjų dujų išleidimo anga arba 0,3 m virš bandymo kelio paviršiaus. Mikrofono didžiausio jautrio ašis  $45^\circ \pm 10^\circ$  kampu [2].
- **Automobilio salone.** Šiuo matavimu yra siekiama įvertinti triukšmo lygį salone kaip triukšmą veikiantį tiesiogiai vairuotoją – darbuotoją jo darbo vietoje (LST ISO 9612 – 2009m). Mikrofono padėtis yra tiksliai nusakoma vairuotojo sėdimoje padėtyje t.y. apytikriai 0,10 m atstumu nuo ausies išorinės landos [2].

- **Prie automobilio variklio.** Šiuo triukšmo tyrimo būdu analizuojamas tiesioginis triukšmo poveikis pėsčiajam eismo dalyviui. Matavimo metu mikrofonas laikomas prie automobilio priekinio dešinės rato pusės, kuris yra 1 m atstumu nuo automobilio ir 1,8 m aukštyje.

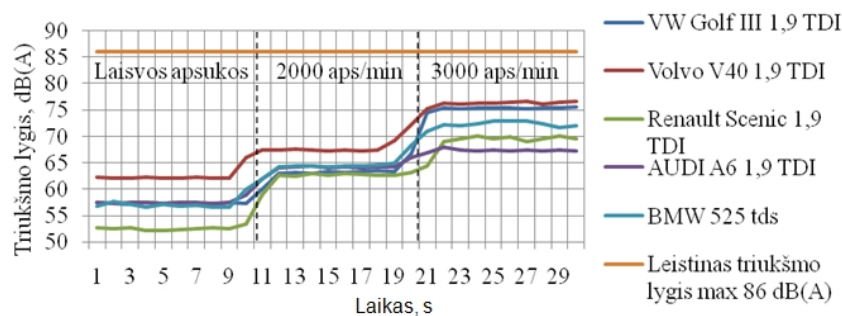
#### 4. Dyzelinių automobilių variklių triukšmo palyginimas, kurių pirmą registraciją atlikta iki 2002 m. sausio 1 d.

2 pav. pavaizduoti rezultatai dyzelinių automobilių kurie pirmą kartą buvo prregistruoti iki 2002 metų sausio 1 dienos. Jų maksimalus leistinas triukšmo lygis yra 96 dB(A) esant 3000 aps/min.

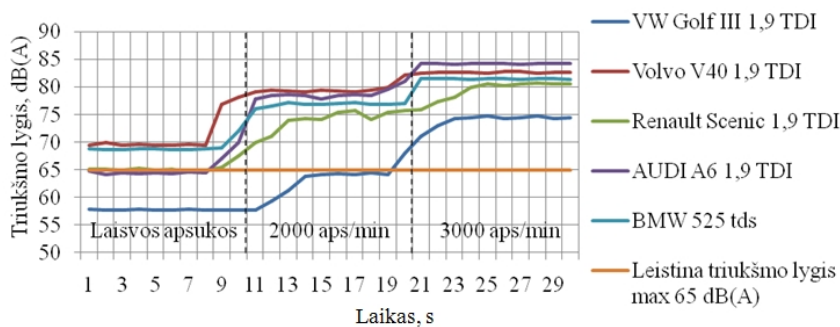
Lyginant visų dyzelinių automobilių matuotus triukšmo lygius salone (žr. 3 pav.) Volvo V40 automobilis, vairuotojui kelia daugiau diskomforto važiavimo metu. Visi kiti automobiliai esant skirtingiems variklių sūkiams triukšmauja panašiai. Reminatis Lietuvos standarte nustatytais dydžiais, nei vienas iš šioje diagramoje pavaizduotų automobilių skleidžiamo



2 pav. Dyzelinių aut. triukšmo matavimo rezultatai prie išmetimo vamdžio



3 pav. Dyzelinių aut. triukšmo matavimo rezultatai automobilio salone



4 pav. Dyzelinių aut. triukšmo matavimo rezultatai prie automobilio variklio

triukšmo lygis nėra viršytas leistinos ribos, kuri trikdytų vairuotoją kabinoje siekiant 86 dB(A).

Tyrinėjant dyzelinių automobilių skleidžiamo triukšmo lygį prie variklio (žr. 4 pav.) išvadas galima daryti tokias, kad visi automobiliai be išimties viršija nustatytą leidžiamą triukšmo normą lauke – 65 dB(A). Kaip nebūtų keista, pats populiariausias automobilis VW Golf III markės automobilis, iš variklio skyriaus triukšmą skleidžia mažiausiai.

Apibendrinant gautus rezultatus, taikant visus 3 būdus matuojant triukšmo lygius senesniems dyzeliniams automobiliams galima daryti tokias išvadas, jog jų skleidžiamas triukšmas yra tiesiogiai pavojingas žmonių sveikatai. Dyzeliniai automobiliai yra vieni populiariausių dėl savo ekonomiško. tačiau jų žala aplinkai pasireiškia kitu būdu – triukšmu.

#### 5. Benzininių automobilių variklių triukšmo palyginimas, kurių pirmą registraciją atlikta iki 2002 m. sausio 1 d.

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 dokumentuose ir jų privalu laikytis. Todėl nei vienas iš benzininių matuotų automobilių, triukšmo lygis nėra viršytas leistinos normos. Galima būtų išskirti patį mažiausią automobilį Toyota Yaris, kurio darbinis tūris yra 1100 cm<sup>3</sup>, vidutinės kuro sąnaudos 4...5 litrai benzino. Toyota Yaris pats tyliausias automobilis iš šios klasės (žr. 5 pav.).

Lyginant benzininius ir dyzelinius automobilius pastebimas vienas dalykas, kad dyzelinis Renault Scenic automobilis buvo tyliausias, o benzininis buvo pats triukšmingiausias.

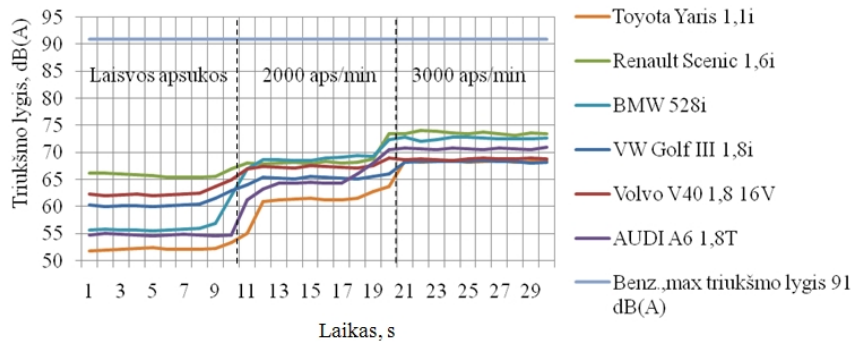
Remiantis duomenimis gautais iš 6 pav. VW Golf III triukšmas salone, varuotojui daro didžiausią neigiamą poveikį vairavimo metu. Toyota



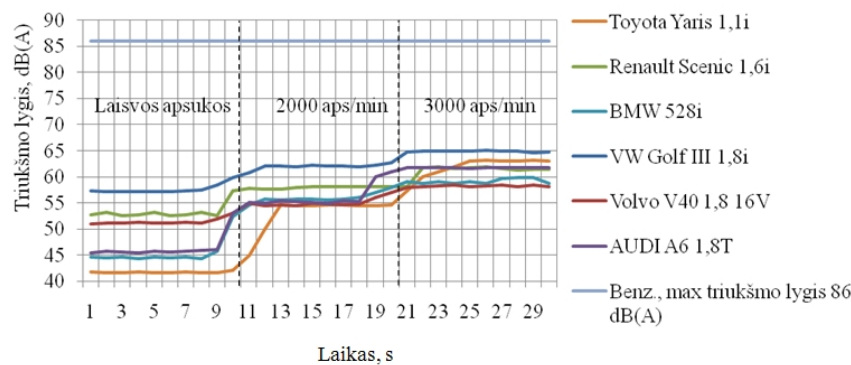
Yaris automobilis žinant, kad jis turi patį mažiausią darbinį tūrį skleidžia 63 dB(A) esant 3000 aps/min. Toks triukšmo lygis tokiam automobiliui yra didelis.

Analizuojant 7 pav. gautus rezultatus galima daryti tokią išvadą, kad vienas populiariausių automobilių kuris važinėja mūsų gatvėmis aplinkai daro mažiausią žalą.

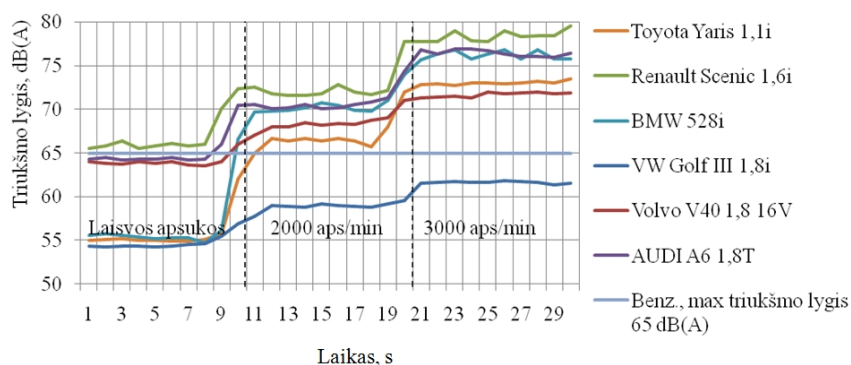
Visi automobiliai, įskaitant mažalitražius ir didesnio litražo automobilius, nepasižymi labai dideliu triukšmingumu, tačiau lyginant juos su dyzeliniais automobiliai tai jų skleidžiamo triukšmo lygis yra 10...15 dB(A) mažesnis.



5 pav. Benzininių automobilių triukšmo matavimo rezultatai prie išmetimo vamdžio



6 pav. Benzininių automobilių triukšmo matavimo rezultatai automobilio salone



7 pav. Benzininių automobilių triukšmo matavimo rezultatai prie automobilio variklio

#### 4. Išvados

1. Lyginant gautus triukšmo matavimus visais aprašytais būdais, galima teigti kad dyzeliniai automobiliai yra potencialūs triukšmo skleidėjai.
2. Pagal visus esamus literatūros šaltinius, teisės aktus ar Lietuvos standartuose nustatytus dydžius automobiliai kurie atitinka gamyklinius reikalavimus neviršija triukšmo.
3. Matavimų rezultatai gauti prie variklio rodo, kad beveik visi automobiliai gatvėse tiesiogiai yra kenksmingi pėstiesiems eismo dalyviams.

#### Literatūra

1. Mažėjant automobilio greičiui. Prieiga per internetą: <<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=398D4862-ABD7-4DF6-A19B-FA347E57DB59>> [žiūrėta 2010-07-15].
2. Mikrofono didžiausio jautrio ašis. Prieiga per internetą: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31981L0334:lt:NOT>> [žiūrėta 2010-10-10].
3. Lietuvos standartizacijos departamentas. LST ISO 9612.

## TEMPIAMO (GNIUŽDOMO) SLUOKSNIUOTO STRYPO OPTIMIZACIJOS UŽDAVINIO FORMULAVIMAS

**D. Garuckas, I. Velmunskaitytė**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** strypas, tempimas, gniuždymas, sluoksniuotas elementas, optimizacija.

### 1. Įvadas

Daugiasluoksnis elementas – tai toks elementas, kuris sudarytas iš dviejų ir daugiau skirtingų medžiagų sluoksnių. Pagamintos detalės ir įvairios konstrukcijos iš keleto medžiagų yra daug naudingesnės ir praktiškesnės. Naudojant sluoksniuotus konstrukcinius elementus (SKE), daugeliu atveju galima suderinti medžiagos stiprumo savybių su konstrukcijai keliamais masės, kainos ir kitais reikalavimais. Naudojant įvairias medžiagas, turinčias skirtingas stiprumo ir kitas fizikines ir mechanines savybes, galima gauti optimalių parametrų konstrukcinius elementus.

### 2. Sluoksniuotų elementų panaudojimas

Sluoksniuoti konstrukciniai elementai (SKE) yra naudojamos įvairiose technikos ir kasdienio gyvenimo srityse.

**Kompozicinių medžiagų taikymas aviacijoje.** Daugiasluoksnės konstrukcijos plačiai taikomos aviacijos ir kosmoso pramonėje, leido pagerinti didelių keleivinių lėktuvų aerodinamines savybes ir pasiekti viršgarsinį greitį, o raketoms – iškelti į kosmosą didelius krovinius. Didelis atsparumas balistiniams smūgiams pasiekiamas formuojant lėktuvų korpusų detales, taip pat apsauginius šalmsus bei šarvus.

**Kompozicinių medžiagų taikymas statybose.** Statybai daugiasluoksnės konstrukcijos gaminamos iš tradicinių statybinių medžiagų: betono, keraminių ir silikatinių dirbinių, metalo, medžio ir jo atliekų bei įvairių termoizoliacinių medžiagų.

Kombinuoti aliuminio/plastiko vamzdžiai plačiausiai naudojami buitinėje technikoje. Daugiasluoksniai vamzdžiai naudojami geriamo vandens ir šildymo instaliacijoms. Šių daugiasluoksnių vamzdžių naudojimui numatomas didžiausias ateities potencialas. Šio tipo vamzdžiams būdingos

teigiamos plastiko ir metalo savybės. Pastarieji pasižymi puikiu atsparumu korozijai ir lengvu apdirbimu. Vamzdžiai lengvai apdirbami. Montuotojai vertina nedidelį vamzdžių svorį ir minimalų įrankių naudojimą. Dėl šių savybių daugiasluoksniai vamzdžiai tapo populiariausiais buityje naudojamais vamzdžiais [1].

**Kompozicinių medžiagų taikymas kitose srityse.** Daugiasluoksnės konstrukcijos naudojamos gaminant: buitinius šaldytuvus, pramoninius stacionarius ir kilnojamuosius šaldymo įrenginius, spintas, vitrinas ir vamzdynus, vaizdo ir garso aparatūrą bei įrangą, kompiuterinę ir kitą elektroninę įrangą, robotus, saulės kolektorius, saulės ir vėjo jėgaines, parkų ir atrakcionų įrangą, muzikos instrumentus, ventiliatorius, šviestuvus, baldus bei armatūrą ir t. t. [2].

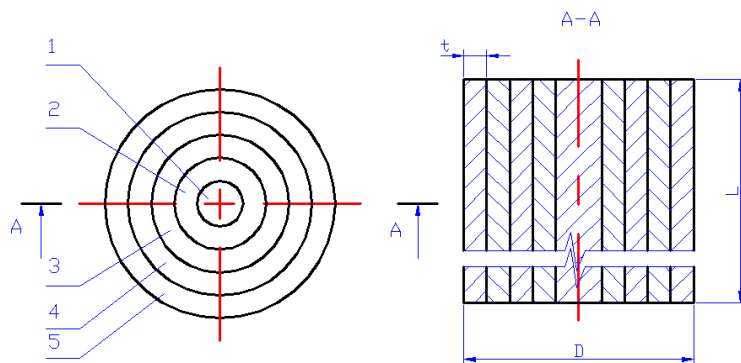
Daugiasluoksnės konstrukcijas taip pat plačiai naudoja sporto reikmenų gamybos pramonėje. Iš šių medžiagų gaminamos slidės, golfo, ledo ritulio lazdos, raketės, riedlentės, banglentės, burlentės, visų tipų sportinės valtytės, irklai ir stiebai, lankai, dviračiai, meškerės, palapinių karkasai, maži baseinai ir t. t. [2].

### 3. SKE skaičiavimo metodika ir preliminarūs rezultatai

Nagrinėsime daugiasluoksnę siją, sudarytą iš  $n$  sluoksnių, turinčių skirtingas tamprumo charakteristikas  $E_i$ , stiprumo bei irimo ribų įtempimus ir deformacijas.

Bendruoju atveju apvalų sluoksniuotą konstrukcinį elementą gali sudaryti įvairaus storio  $t$  sluoksniai (1 pav.). Konstrukcinis elementas apkrautas ašine jėga  $N$  [3].

1 pav. pateiktas geometrinių parametrų žymėjimas:  $t$  – sluoksnių storis,  $D$  – elemento skersmuo,  $L$  – elemento ilgis. Elemento sluoksnių numeravimas prasidės nuo strypo šerdies ir baigsis išoriniame jo sluoksnyje.



1 pav. Apvalus sluoksniuotas konstrukcinis elementas

Nustatant optimalią konstrukciją bus skaičiuojama charakteristikos, kurių analitinės išraiškos pateiktos žemiau:

- daugiasluoksnės konstrukcijos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \sum_{i=1}^n A_i ; \quad (1)$$

čia:  $A_i$  –  $i$ -ojo elemento plotas;  $i$  –  $i$ -tasis elementas.;  $n$  – elementų skaičius;

- elemento ašinis standumas:

$$B = \sum_{i=1}^n (E_i A_i); \quad (2)$$

čia  $E_i$  –  $i$ -ojo sluoksnio medžiagos tamprumo modulis, Pa.

Projektuojant bet kokią konstrukciją taip pat yra aktualu konstrukcinio elemento masė  $m$  ir kaina  $C$ :

$$m = \sum_{i=1}^n (V_i \rho_i); \quad (3)$$

$$C = \sum_{i=1}^n (m_i K_i); \quad (4)$$

čia:  $V_i$  –  $i$ -ojo sluoksnio tūris,  $m^3$ ;  $\rho_i$  –  $i$ -ojo sluoksnio medžiagos tankis,  $kg/m^3$ ;  $K_i$  –  $i$ -ojo sluoksnio medžiagos kaina rinkoje, Lt/kg.

Bus naudojamos medžiagos: aliuminis, plienas, medis, betonas, anglies plastikas, kurių charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

Bus tiriamos penkios sluoksninio konstrukcinio elemento konstrukcijos bei nustatomas optimalus konstrukcijos variantas atsižvelgiant į užduotas sąlygas: apkrovą, medžiagas, sluoksnių skaičių ir pan.:

1 elemento konstrukcija: E1 - E5 - E3 - E4 - E2;

2 elemento konstrukcija: E2 - E3 - E1 - E4 - E5;

3 elemento konstrukcija: E3 - E1 - E4 - E5 - E2;

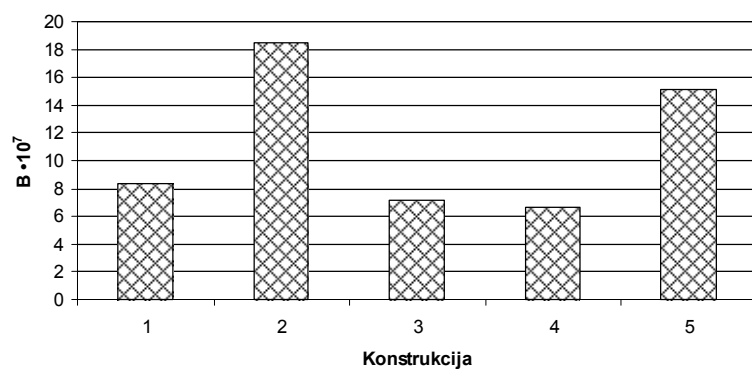
4 elemento konstrukcija: E4 - E3 - E1 - E5 - E2;

5 elemento konstrukcija: E5 - E2 - E4 - E3 - E1.

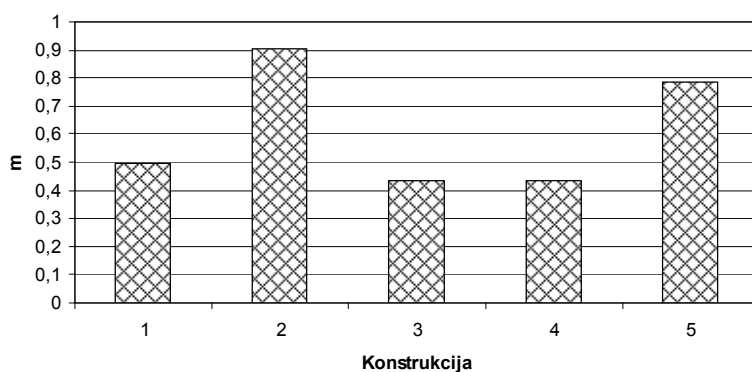
1 lentelė

Medžiagų charakteristikos [3, 5, 6]

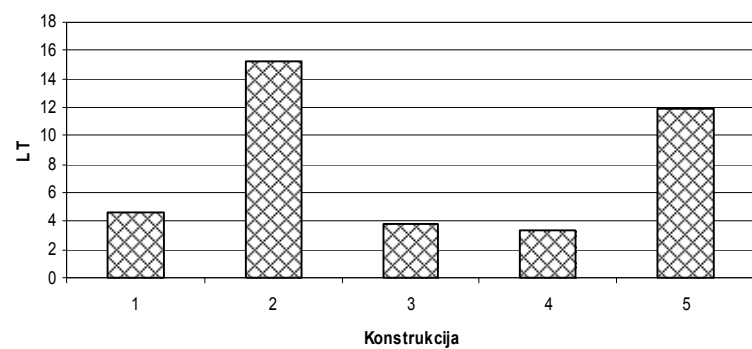
|                  | Elementas | Tankis<br>$\rho$ , $kg/m^3$ | $E \cdot 10^{10}$ Pa | Kaina rinkoje, Lt/kg |
|------------------|-----------|-----------------------------|----------------------|----------------------|
| Aliuminis        | E1        | 2700                        | 5,9                  | 9,17                 |
| Plienas          | E2        | 7850                        | 21                   | 20,54                |
| Medis (beržas)   | E3        | 700                         | 1                    | 4,67                 |
| Betonas          | E4        | 1600                        | 2                    | 0,34                 |
| Stiklo plastikas | E5        | 1750                        | 3                    | 6,19                 |



2 pav. Ašinis standumas  $B$  konstrukcijoms



3 pav. Sluoksniuoto elemento masė  $m$  konstrukcijoms



4 pav. Sluoksniuoto elemento kaina  $C$  konstrukcijoms

Konstrukcijos sužymėtos surašant medžiagų tamprumo modulis nurodant medžiagos numerį (pagal 1 lentelę).

Atlikus pirminius skaičiavimus aukščiau paminėtoms konstrukcijoms, buvo gauti elementų pagrindinių charakteristikų rezultatai. Gauti rezultatai pateikti 2, 3 ir 4 paveiksluose.

#### 4. Apibendrinimas

Iš pateiktų grafikų matyti, kad kai standumas  $B$  yra didelis (2 pav., 2 konstrukcija) tai masė  $m$  (3 pav., 2 konstrukcija) ir kaina  $C$  (4 pav., 2 konstrukcija) taip pat yra didelė, o kuo standumas mažesnis, tai kaina ir masė taip pat mažesnė. Bet nagrinėjant kiekvieną konstrukciją pagal vieną parametą iš šių paveikslų negalima spręsti apie optimalios konstrukcijos nustatymą, nes viską reikia įvertinti kompleksiskai. Todėl reikia atskiras charakteristikas apjungti į vieną funkciją – optimizacijos tikslo funkciją, kuri leistų kiekybiškai įvertinti konstrukcijos gerumą. Tuomet taikant vieną iš sąlyginės optimizacijos metodų nustatyti optimalią sluoksniuoto konstrukcinio elemento konstrukciją.

#### Literatūra

1. Kompanija TECE. Aktualijos: Įvairūs daugiasluoksniai vamzdžiai labai skiriasi. Prieiga per internetą: <[http://www.tece.lt/index.php?exp=1&s\\_id=5&n\\_id=4&lang=lt](http://www.tece.lt/index.php?exp=1&s_id=5&n_id=4&lang=lt)> [žiūrėta 2010-03-06].
2. **Bareišis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcinių elementų stiprumas. Monografija. – Kaunas: Technologija, 2006. – 252 p.
3. **Garuckas D.** Sluoksniuotų kompozicinių konstrukcinių elementų stiprumo ir standumo tyrimas. Daktaro disertacija. – Kaunas: Technologija, 2000. – 109 p.
4. **Bareišis J., Paulauskas V.** Daugiasluoksnių kompozicinių konstrukcinių elementų projektavimas. Mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 1995. – 48 p.
5. Elektroninė parduotuvė „B-A“. Katalogas: Metalai. Prieiga per internetą: <<http://www.eshop.b-a.lt>> [žiūrėta 2010-11-26].
6. **Dragūnas B., Pilkauskas K., Stasiūnas A., Stasiūnas R.** Inžinieriaus mechaniko žinynas. – Vilnius: Mokslas, 1988. – 527 p.

## AUTOMOBILIO VERTIKALIŲ VIRPESIŲ TYRIMAS

**Ž.Bazaras, Ž. Jakštas**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** vertikalūs virpesiai, kelio danga, Svan 958.

### 1. Įvadas

Mokslo ir technikos pažanga yra labai didelė, kiekviena mokslo sritis vis labiau žengia į priekį ir tolsta nuo praeities. Daugelis žmonių jau nebeįsivaizduoja gyvenimo be transporto, kuris juos greitai pristato į jiems reikiamą vietą. Kaip bebūtų keista, tik nedaugelis susimąsto apie ekologiją, taip pat kaip ir su koku automobiliu važinėja, ar jiems nekenkia važiavimas juo. Kiekvienas atskiras automobilio modelis skirtingai reaguoja į kelio nelygumus, taip perduodamas įvairių rūšių vibracijas vairuotojui ar keleiviams.

Taigi šiame darbe pabandysiu pateikti duomenis, kaip vertikalųjų virpesių dydžiai automobilyje priklauso nuo padangų slėgio dydžio bei greičio važiuojant žvyrkeliu.

### 2. Vibracijos problema

Transportas yra tokia sritis, kuria naudojasi beveik šimtas procentų pasaulio gyventojų. Žmonės nuolat keliauja įvairiomis transporto priemonėmis, tačiau viena iš labiausiai paplitusių ir labiausiai populiarių transporto priemonių yra automobilis.

Kai automobilis važiuoja kelio nelygumais, ratus veikia smūginės jėgos. Šios jėgos per pakabą perduodamos automobilio kėbului, todėl viduje sėdintis žmogus taip pat jaučia visus nelygumus, kurie persiduoda vairuotojui per vairo mechanizmą, kojas ar sėdynę. Taigi pagrindinis automobilio pakabos uždavinys yra įvairius kelio nelygumus, smūgius, kurie yra perduodami ratams kartu su virpesių amortizatoriumi, paversti nedideliais automobilio kėbulo virpesiais. Dėl spyruokliavimo tarp konstrukcijos ir ratų pakabos automobilis tampa galinčia spyruokliuoti sistema. Tokia sistema yra pakankamai išstbulinta ir plačiai naudojama.



Automobilius projektuojantys konstruktoriai jau išbandė įvairias sistemas, tačiau labiausiai paplitusi yra spyruokės ir virpesių amortizatoriaus sistema. Tokios sistemos dėka galima pasiekti:

- važiavimo saugumą – pagerinti ratų kontaktą su keliu, kuris yra reikšmingas vairavimui ir stabdymui;
- eksploatacinį saugumą – automobilio dalys yra apsaugomos nuo pernelyg didelių apkrovų;
- važiavimo komfortą – išvengiama nemalonių ir keleivių sveikatai kenksmingų apkrovų, nepažeidžiamas jautrus kroviny [1].

Jeigu pakaba nepanaikins ar nesumažins virpesių, jie gali pasidaryti labai dideli, sustiprėti. Vibracija neigiamai veikia žmogaus sveikatą, todėl važiavimas tampa nekomfortiškas, nemalonus ir taip pat nesaugus.

### 3. Vertikalių virpesių tyrimas

Norint atlikti tyrimą, reikia susidėlioti prioritetus, kurių būtų laikomasi tyrimo eigoje ir kurie būtų esminiai. Tyrimo atlikimui pasirinktas 1999m. laidos automobilis „Opel Astra“; hečbekas su dyzeliniu dviejų litrų varikliu. Automobilis yra techniškai tvarkingas, padangų dydis R15, išmatavimai 195/65. Daugelio tyrimų metu pastebėta, kad didžiausi virpesiai yra važiuojant žvyrkeliu. Tam tikslui pasirinktas pusės kilometro naujai patiesto asfalto ruožas ir beveik 2 km žvyruoto kelio ruožas Panevėžyje. Šis ruožas yra ypatingai duobėtas, todėl lengviau nustatyti tikrąją priklausomybę važiuojant įvairiai pripūstomis padangomis ir įvairiais greičiais.

Kad atlikti matavimus, reikalingas tam skirtas įrenginys. Universitetas turi keturių kanalų garso ir vibracijos matuoklį – analizatorių SVAN 958 (žr. 1 pav.) [2]. Prietaisas yra skirtas vibracijos pagreičiui ir greičiui matuoti. Prietaisas yra komplektuojamas su vibrojutikliu „SV 39A“ (žr. 1 pav.).

Tyrimas buvo atliekamas automobilio padangas pripūtus 1,5 bar; 2,2 bar bei 2,8 bar slėgiais. Važiavimo greičiais buvo pasirinkti 40 km/h bei

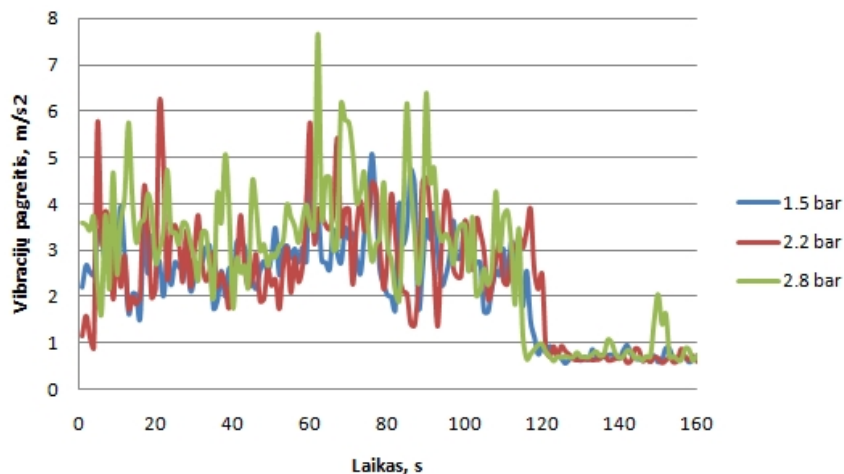


1pav. Analizatorius Svan 958 ir vibrojutiklis SV 39A

60 km/h kiekvienu padangų pripūtimo atveju tame pačiame kelio ruože. Iš viso tame kelio ruože atlikti 6 matavimai.

#### 4. Tyrimo rezultatai

Tyrimo rezultatai yra labai įvairūs, kiekvienas atvejis skirtingas, vibracijų pagreičiai skiriasi, tačiau vidutiniai vibracijų pagreičiai neviršija leistinųjų normų, tai yra  $5 \text{ m/s}^2$  [3]. Pirmiausia galime palyginti rezultatus, kurie gauti važiuojant 40 km/h greičiu skirtingais padangų slėgiais (žr. 2pav.).



2 pav. Vibracijų dydžiai, važiuojant 40 km/h

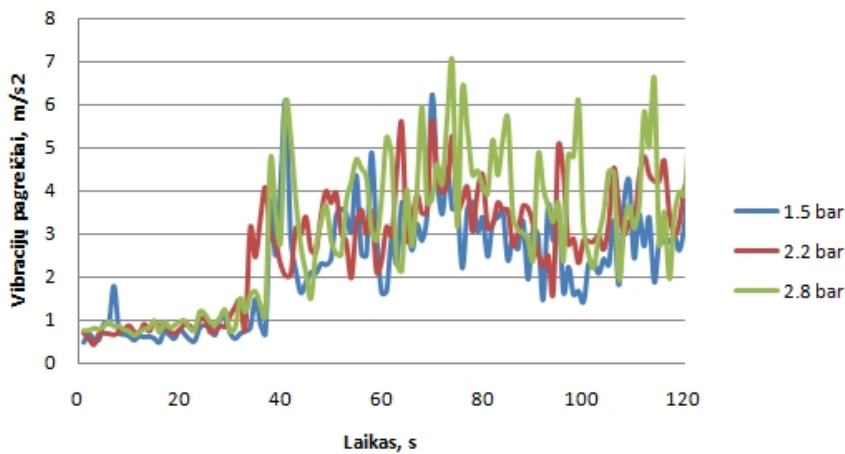
Matavimai atlikti 160 s intervale, kol yra įveikiamas pasirinktas kelio ruožas. Matome, kad nuo 120 sekundės virpesiai ženkliai sumažėja, todėl kad baigiasi žvyruotas kelias ir prasideda asfaltas. Paveikslėlyje matome, kad didžiausi virpesiai važiuojant 40 km/h greičiu yra, kai padangų slėgis 2,8 bar. Tai patvirtina ir pirmoje lentelėje pateikti duomenys, kai važiuojama 40 km/h greičiu.

1 lentelė

Vidutiniai, maksimalūs ir minimalūs vibracijų pagreičiai  $\text{m/s}^2$ ,  
važiuojant 40 km/h

|            | 1.5 bar  | 2.2 bar  | 2.8 bar  |
|------------|----------|----------|----------|
| Vidutinis  | 2,246373 | 2,384772 | 2,741429 |
| Maksimalus | 5,128614 | 6,16595  | 7,673615 |
| Minimalus  | 0,54325  | 0,568853 | 0,60256  |

Važiuojant 60 km/h greičiu gauti didesni rezultatai (žr. 3 pav.). Taip pat važiuota tokia pat danga. Šio tyrimo metu iš pradžių važiuota asfalto danga ir tada įvažiuota į žvyrkelį. Vibracijų dydžiai pasikeičia kardinaliai. Važiavimo intervalas yra 120 sekundžių. Beje, analizatorius „Svan 958“ pateikia rezultatus kas vieną sekundę, todėl gauname 120 skirtingų virpesių dydžių. Vidurkis yra išvedamas šiuo atveju iš 120 dydžių.



3 pav. Vibracijų dyžiai, važiuojant 60km/h

2 lentelė

Vidutiniai, maksimalūs ir minimalūs vibracijų pagreičiai  $\text{m/s}^2$ ,  
važiuojant 60 km/h

|            | 1.5 bar   | 2.2 bar   | 2.8 bar   |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Vidutinis  | 2,2925122 | 2,6924832 | 2,9974062 |
| Maksimalus | 6,2373484 | 5,6234133 | 6,99842   |
| Minimalus  | 0,4841724 | 0,4265795 | 0,6382635 |

2 lentelėje matome, kad išvedus visų trijų važiavimų vidurkius, didžiausias vidurkis yra, kai padangų slėgis 2,8 bar. Važiuojant asfalto danga tiek nuleistom, tiek pripūstom padangom vibracijų dydis yra panašus, nes kelias yra labai lygus ir neatsiranda jokių didesnių vibracijų.

Apibendrinant rezultatus matome, kad vibracijų dydžiams turi įtakos tiek važiavimo greitis, tiek padangų slėgis. Didžiausias vibracijų vidurkis yra važiuojant daugiausiai pripūstomis padangomis 60 km/h greičiu, tuo tarpu mažiausias vidurkis yra važiuojant 40 km/h greičiu su 1,5 bar slėgiu padangose. Matome, kad šis vidurkis nedaug skiriasi nuo vidurkio važiuojant

tokiomis pat padangomis 60 km/h greičiu. Galima padaryti išvadą, kad vibracijų dydžiai yra panašūs dėl vienodo padangų slėgio ir greitis tam neturi didelės įtakos.

#### **4. Išvados**

1. Analizatoriaus „Svan 958“ pagalba buvo atlikti matavimai, kurie aiškiai parodo skirtumus matuojant.
2. Padangų slėgio dydis bei pasirinktas važiavimo greitis turi įtakos vibracijų pagreičiui.
3. Važiuojant su 1,5 bar slėgiu padangose tiek 40 km/h, tiek 60 km/h greičiais vidutinis vibracijų pagreitis yra panašus. Galima teigti, kad tokioje situacijoje greitis nedaro didelės įtakos.
4. Vibracijų dydžiai važiuojant žvyrkeliu ir važiuojant asfalto danga skiriasi labai ženkliai.
5. Vidutiniai vibracijų pagreičiai neviršija leistinųjų normų, tai yra  $5 \text{ m/s}^2$ .

#### **Literatūra**

1. **Giedra K.** Automobiliai. – Kaunas: Smaltija, 2006. – 535 p.
2. Sound and vibrations analyzer. Prieiga per internetą: <[www.appleonehk.com/svan958](http://www.appleonehk.com/svan958)> [žiūrėta 2010-11-18]
3. Valstybinė darbo inspekcija. Prieiga per internetą: <[www.vdi.lt](http://www.vdi.lt)> [žiūrėta 2010-11-15].

## MARŠRUTO KLAIPĖDA (LIETUVA) – VEGHELIS (OLANDIJA) ĮVYKDYMO OPTIMALAUS VARIANTO TYRIMAS

**D. Budginienė, L. Pelenytė-Vyšniauskienė**

*Kauno technologijų universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** savikaina, maršrutas, kelių transportas, kombinuotas transportavimo būdas, tiesioginės sąnaudos, netiesioginės sąnaudos.

### 1. Įvadas

Efektyvi ekonominė šalies raida bei gamybinių ir prekybinių firmų verslo sėkmė neįmanoma be efektyvios transporto sistemos. Pagaminta produkcija turi judėti iš gamybos vietų į vartojimo vietas, sunaudojant kuo mažiau laiko ir lėšų. Transportas yra viena iš pagrindinių logistikos veiklų, glaudžiai susijusių su kitomis logistikos veiklomis.

Pagrindinis uždavinys vežant krovinius – operacijų ekonomiškumas, t. y. krovinių gabenimas kuo mažesne savikaina. Vartotojas turi užsakyti krovinių kiekį gauti ne tik laiku ir sutartoje vietoje, bet ir už tinkamą kainą.

Kelių transporto įmonėse produkcijos savikaina – tai pinigais išreikštos kelių transporto įmonės sąnaudos, tenkančios transporto darbo vienetui. Transporto firmose savikaina dažniausiai nustatoma 1 kilometrui ridos ar 1 tonai krovinio, pervežto 1, 10, 100 ar 1000 kilometrų atstumu.

Šio straipsnio tikslas – išanalizuoti maršruto Klaipėda (Lietuva) – Vėghelis (Olandija) organizavimo alternatyvas ir atlikti ekonominį palyginimą. Maršrutas tiriamas, kai vežimas vykdomas:

1. kelių transportu;
2. kombinuotuoju būdu (kelių ir jūrų transportu).

### 2. Ekonominiai-finansiniai vežimo proceso rodikliai

Tiriant ekonominius vežimo proceso rodiklius, svarbu išsiaiškinti vežimų sąnaudų ir savikainos struktūrą. Vežėjo sąnaudos atliekant vežimus, išreikštos pinigine išraiška vadinamos eksploatacinėmis sąnaudomis. Šios sąnaudos, išreikštos transporto produkcijos vienetui, vadinamos vežimų savikaina ir matuojamos litais / tonos kilometrui arba litais / kilometrui.

Savikainos struktūra – tai išlaidų straipsnių sudėtis ir santykis, įeinantys į bendras eksploatacines sąnaudas [1].

Automobilių transporte savikaina paprastai skaičiuojama pagal tokius išlaidų straipsnius:

- pagrindinis ir papildomas vairuotojų darbo užmokestis;
- išlaidos degalams;
- išlaidos tepalams;
- išlaidos padangoms ir jų remontui;
- išlaidos automobilio remontui ir jo techninei apžiūrai;
- amortizaciniai atskaitymai;
- papildomos išlaidos, užtikrinančios įmonės funkcionavimą.

Savikaina lemia tarifus, įvertinant reikiamą įmonės veiklos rentabilumą. Savikainos mažėjimas lemia tarifų mažėjimą, o tai leidžia papildomai pritraukti klientų. Savikaina mažinama:

- didinant įkrovumą;
- atnaujinant transporto priemonių parką;
- mažinant tuščias ridas;
- mažinant papildomas sąnaudas [2].

Gera išlaidų ir savikainos nustatymo sistema gali padėti efektyviai panaudoti ir kontroliuoti tiek automobilius tiek ir eksploatacines medžiagas bei kitus resursus. Išlaidų ir savikainos kalkuliavimas atliekamas:

- siekiant nustatyti realias paslaugų kainas bei sutvarkyti ir kontroliuoti transporto eksploatavimą;
- siekiant nustatyti transporto eksploataavimo įkainius padengiančius visas išlaidas;
- priimti pagrįstus sprendimus susijusius su transporto priemonių nuosavybe (nuosavas ar bendrojo naudojimo transportas).
- Informacija, reikalinga vežimo savikainos nustatymui turi apimti visus resursus sunaudojamus pervežimų procese [3].

### **3. Pirmo maršruto sudarymas kelių transportu Klaipėda – Vėghelis**

Darbą maršrutuose reikia organizuoti taip, kad riedmenų našumas būtų didžiausias, o pervežimo savikaina – mažiausia. Eismo maršrutu vadinamas kelias, kuriuo važiuoja riedmenys, perveždami krovinius. Maršrutai gali būti švytuokliniai ir žiediniai. Maršruto ilgiu vadinamas kelias, kurį automobilis nuvažiuoja nuo pradinio iki galinio maršruto punkto. Švytuokliniu maršrutu vadinamas toks maršrutas, kuriame eismas tarp dviejų punktų daug kartų kartojasi. Jis būna trijų tipų:

- atgalinė rida be krovinių;
- dalis atgalinės ridos be krovinių;
- rida su kroviniu į abu galus [4].

Svarbus autotransporto darbo rodiklis yra ridos išnaudojimo koeficientas  $\beta$ , t. y. ridos su kroviniu ir bendrosios ridos santykis. Kuo šis koeficientas didesnis, tuo efektyviau išnaudojama rida.

Šiuo atveju maršrutas bus švytuoklinis, o gabenamas kroviny bus su atgaline rida be krovinio, t. y. iš Klaipėdos važiuosime į Olandiją per Lenkiją ir Vokietiją, iš Olandijos grįšime be krovinio tuo pačiu maršrutu. Ridos išnaudojimo koeficientas  $\beta = 0,5$  [1].

Nuo Klaipėdos iki Veghel ir atgal iš Veghel iki Klaipėdos – 3609 km.

Pagal kompiuterinės programos Microsoft AutoRoute 2007 sudarytą maršrutą laikas per kurį bus įvykdytas maršrutas pirmyn ir atgal yra 5,7 paros.

Bendras pristatymo laikas skaičiuojamas pagal sekančią formulę [4]:

$$T_B = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11}, \text{ val.}; \quad (1)$$

čia:  $t_1$  – užsakymo priėmimo ir dokumentų tvarkymo laikas;  $t_2$  – laikas numatytas pakavimui;  $t_3$  – laikas krovos darbams;  $t_4$  – vežimo trukmė magistraliniais keliais;  $t_5$  – vežimo trukmė krašto keliais;  $t_6$  – vežimo trukmė miesto keliais;  $t_7$  – vežimo trukmė rajoniniais keliais;  $t_8$  – vairuotojo poilsio laikas;  $t_9$  – laikas muitinės procedūroms;  $t_{10}$  – grįžimo laikas;  $t_{11}$  – paklaidos laikas;

$$T_{B1} = 2 + 2 + 3 + 18,5 + 6 + 1 + 1,5 + 39 + 0 + 64 + 2 = 139 \text{ val.}$$

Vežimo trukmės  $t_4$  ir  $t_8$  yra skaičiuojamos atsižvelgiant į 2006 m. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentą (EB) N. 561/2006.

#### 4. Antro maršruto sudarymas kombinuotu būdu Klaipėda – Veghelis

Antras maršrutas, naudojant automobilių transportą ir keltų liniją: Klaipėda (Lietuva) – Kilie (Vokietija) – Veghelis (Olandija):

Klaipėda – Ro-Ro terminalas – 25 km;

Klaipėda – Kilie – 350 jūrmyliu – 648,2 km;

Kylis – Veghelis – 545,3 km.

Gabenamas kroviny bus su atgaline rida be krovinio, t. y. iš pasikrovimo vietos Klaipėdoje važiuosime į Ro-Ro terminalą iš kur jūrų transportu vyksime į Vokietijos miestą Kilie, toliau automobilių transportu į Olandiją, iš Olandijos grįšime be krovinio tuo pačiu maršrutu. Ridos išnaudojimo koeficientas  $\beta = 0,5$ .

Naudojant kompiuterinės programos Microsoft AutoRoute 2007 sudarytą žemėlapi laikas per kurį bus įvykdytas maršrutas pirmyn ir atgal yra 4,9 paros.

Bendras pristatymo laikas skaičiuojamas pagal sekančią formulę [4]:

$$T_{B2} = 2 + 2 + 3 + 4,5 + 24,08 + 1,20 + 0,5 + 21 + 0 + 58,2 + 2 = 119, \text{ val.}$$

## 5. Transportavimo savikainos skaičiavimas

Transportavimo savikaina įvertinta abiem sudarytiems maršrutams, gabenant krovinį kelių transportu ir kombinuotuoju būdu (žr. 1 lent.). Atskirų maršrutų sąmatų rezultatai yra pateikti 1 ir 2 pav.

1 lentelė

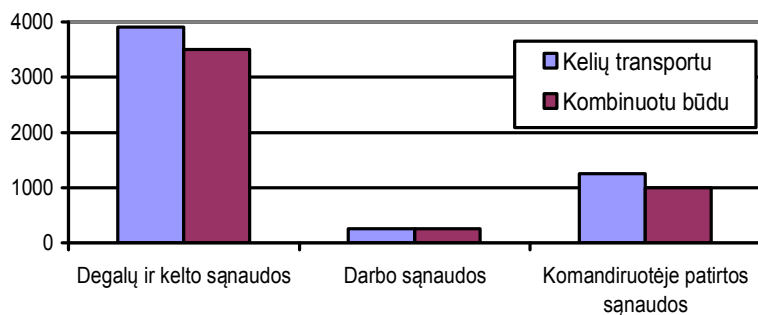
Analizuojamų maršrutų savikaina

| Sąnaudos                                              | Kelių transportu | Kombinuotu būdu |
|-------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| <b>Tiesioginės išlaidos</b>                           |                  |                 |
| Degalų ir keltų sąnaudos                              | 3889,75 Lt       | 3446,67 Lt      |
| Darbo sąnaudos                                        | 272,65 Lt        | 272,65 Lt       |
| Komandiruoję patirtos sąnaudos                        | 1243,98 Lt       | 967,92 Lt       |
| <b>Netiesioginės išlaidos</b>                         |                  |                 |
| Automobilių ir puspriekabių nusidėvėjimo sąnaudos     | 2556,82 Lt       | 2556,82 Lt      |
| Automobilių eksploatavimo sąnaudos                    | 567,75 Lt        | 161,88 Lt       |
| Automobilių, krovinių ir vairuotojo draudimo sąnaudos | 242,94 Lt        | 242,94 Lt       |

Visi skaičiavimai atlikti be PVM mokesčio. Analizuojant transportavimo savikainą įvertintos šios išlaidos:

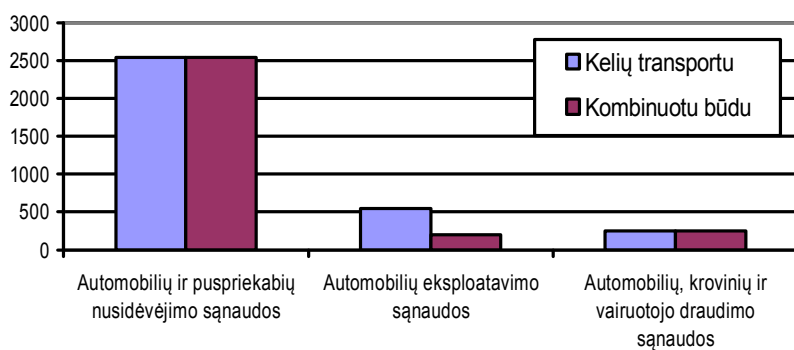
**1. Tiesioginės išlaidos** – tai išlaidos degalams arba keltų bilietui; darbo sąnaudos; komandiruoję patirtos sąnaudos.

**2. Netiesioginės išlaidos** – tai automobilių ir puspriekabių nusidėvėjimo sąnaudos, automobilių eksploatavimo sąnaudos bei automobilių, krovinių ir vairuotojo draudimo sąnaudos.



1 pav. Tiesioginės sąnaudos (Lt) analizuojamų maršrutų





2 pav. Netiesioginės sąnaudos (Lt) analizuojamų maršrutų

## 6. Maršrutų palyginimas

Vykdamat pervežimą kelių transportu užtrunka 139 val., kombinuotuoju būdu – 119 val. (žr. 2 lent.). Nuvažiuotų kilometrų atžvilgiu kelių transportu įveiktas atstumas didesnis.

2 lentelė

Maršrutų lyginamoji analizė

| Palyginimo kriterijus          | Maršrutas kelių transportu                                                                                                                                                                   | Maršrutas kombinuotuoju būdu                                                                                                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Maršruto trukmė                | 139 val.                                                                                                                                                                                     | 119 val.                                                                                                                                                         |
| Transporto priemone nuvažiuota | 3609 km                                                                                                                                                                                      | 1102.2 km                                                                                                                                                        |
| Sąmata                         | 8772,89 Lt                                                                                                                                                                                   | 7647,88 Lt                                                                                                                                                       |
| 1 km savikaina                 | 2,43                                                                                                                                                                                         | 6,93                                                                                                                                                             |
| Kelių kokybė                   | Maršrutas pradžia Lietuvos teritorijoje, važiuojama per Lenkiją ir Vokietiją, užsibaigia Olandijoje. Lenkijos ir Vokietijos valstybės yra tranzitinės. Lenkijos kelių būklė yra prasčiausia. | Didžioji dalis kelio įveikiama keliantis keltu. Likusi kelio dalis vyksta kelių transportu per Vokietijos ir Olandijos valstybes, kurių kelių kokybė yra aukšta. |

2 lentelės tęsinys

| Palyginimo kriterijus        | Maršrutas kelių transportu                                                                                                                                          | Maršrutas kombinuotuoju būdu                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rizika prarasti krovinį      | Didesnė tikimybė prarasti krovinį.                                                                                                                                  | Rizika prarasti krovinį yra labai maža.                                                                                                                                                                                                          |
| Galimybė planuoti pervežimus | Didesnė tikimybė, kad bus nenumatytų sutrukdyimų (fors – mažor), dėl šių priežasčių maršruto laikas gali neplanuotai prailgti, o dėl to liks nepatenkintas klientas | Maršrutas vykdomas pasitelkiant jūrų transportą. Jis turi tokių teigiamų savybių kaip: keltas išvyksta nurodytu laiku; sumažėja vilkiko amortizaciniai atskaitymai, sąnaudos; nėra blogos kokybės kelių; sutrumpėja vairuotojo vairavimo laikas. |

## 7. Išvados

Atliekant maršruto Klaipėda – Veghel ekonominius paskaičiavimus, pasirenkant vežimo būdą, visi prioritetai atitenka kombinuotam pervežimui. Tai rodo skaičiai ir grafikai. Vienintelis minusas kombinuoto vežimo būdo – tai automobilio vairuotojui, jeigu jam mokamas atlyginimas bus skaičiuojamas už nuvažiuotus kilometrus.

## Literatūra

1. **Baublys A.** Krovinių vežimai. ISBN 9986-05-362-5. – Vilnius: Technika, 2002. 10 – 242 p.
2. **Bazaras D., Vasiliauskas A. V.** Krovinių vežimo technologijos. ISBN 978-9955-28-587-8. – Vilnius: Technika, 2010. 148 – 155 p.
3. **Paulauskas V.** Logistika. ISBN 978-9955-18-225-2. – Klaipėda: Klaipėdos Universiteto leidykla, 2007. 100 – 143 p.
4. **Palšaitis R.** Logistikos vadybos pagrindai. ISBN 978-9986-05-836-6. – Vilnius: Technika, 2005. 15 – 265 p.

## VERTIKALIOS AŠIES VĖJO JĖGAINĖ

**A. Bartulis, T. Narbutas, J. Valickas**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

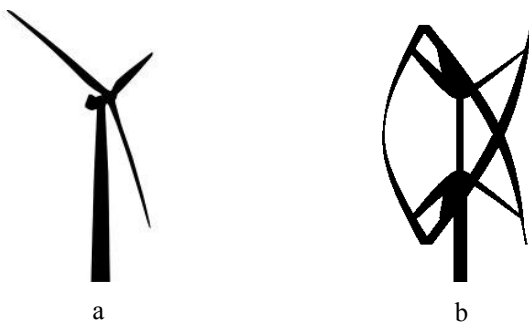
**Raktiniai žodžiai:** VAVT, turbina, jėgainė, vėjas, vėjo generatorius, sparnai.

### 1. Įvadas

Sparčiai kylant naftos kainoms, mažėjant jos ištekliais, didėjant ekologinėms problemoms, visas dėmesys krypta į alternatyvią energetiką. Vienas iš būdų yra ekologinės energijos šaltinių paieška, tobulinimas ir eksploatavimas.

Vėjo energetika laikoma viena svarbiausių energijos generavimo rūšių ateityje, tad nenuostabu, kad šiuolaikinės vėjo jėgainės tampa vis labiau naudojamos. Tai labai perspektyvi technologija elektros energijos gamybai.

Šiuo metu pasaulinėje rinkoje dominuoja horizontalios ašies vėjo turbina (HAVT). Tai sąlygoja pakankamai geros, šių vėjo turbinų, elektros energijos gamybos charakteristikos, tačiau vertikalios ašies vėjo turbina (VAVT), dėka jų teigiamų savybių, užima vis didesnę rinkos dalį.



1 pav. Pagrindiniai vėjo jėgainių tipai: a. HAVT ir b. VAVT

Svarbiausi VAVT pranašumai yra:

- Pradedą veikti esant silpnam vėjui;
- Nereikalinga orientavimo į vėją sistema;

- Didelis mechaninis atsparumas;
- Pakankamas stabilumas esant turbulentiems vėjo srautams;
- Mažas keliamas triukšmas;
- Galimas efektyvus darbas esant nedideliam aukštyje nuo žemės;
- Nedidelės vibracijos;
- Patogus aptarnavimas ir priežiūra.

Analizuojant rinkoje esančias, 3 kW ir galingesnių vėjo elektrinių charakteristikas, matosi, kad jų konstrukcijos turi trūkumų, tai trukdo jas plačiai realizuoti ir efektyviai naudoti [1, 2].

Iš jų galima paminėti:

- Dideli gabaritai;
- Didelis svoris;
- Vyrauja didelės išcentrinės jėgos;
- Mažesnis naudingumo koeficientas nei HAVT.

1 lentelė

Įvairaus tipo vėjo jėgainių naudingumo koeficientas [3]

| Vėjo energijos sistema          | Efektyvumas, %        |                       |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                 | Paprasta konstrukcija | Optimali konstrukcija |
| Daugiasparnė HAVT vandens pompa | 10                    | 30                    |
| Maža HAVT (iki 2 kW)            | 20                    | 35                    |
| Vidutinė HAVT (2 – 10 kW)       | 20                    | 40                    |
| Didelė HAVT (nuo 10 kW)         | -                     | iki 45                |
| Darrieus tipo vandens pompa     | 15                    | 30                    |
| Darrieus tipo VAVT              | 20                    | 35                    |
| Savonius tipo VAVT              | 15                    | 25                    |

Pagrindinis šio darbo tikslas – išanalizuoti vertikalios ašies vėjo jėgainės veikimo principą ir esamą konstrukciją bei nustatyti galimus, aukščiau paminėtų trūkumų, sprendimo variantus.

## 2. Vėjo teikiamos energijos paskaičiavimas

Pagrindinė vėjo energetinė charakteristika – jo greitis. Dėl įvairių meteorologinių veiksnių veiklos ir vietovės reljefo sąlygų vėjo greitis ir kryptis nuolat kinta, todėl nuolat kinta ir vėjo jėgainės gaminamas energijos kiekis.

Vėjo energijos ištekliai skaičiuojami remiantis vėjo energijos kiekiu per 1 s tenkančiu 1 m<sup>2</sup> vėjaračio plotui, statmenam vėjo srautui, esant pastoviam vėjo greičiui [4].

Vėjo teikiama energija skaičiuojama pritaikant kinetinės energijos formulę:

$$E(t) = 0,5 \rho v^3; \quad (1)$$

čia:  $E(t)$  – vėjo teikiama energija,  $W/m^2$ ;  $\rho$  – vidutinis oro tankis,  $kg/m^3$ ;  $v$  – vėjo greitis,  $m/s$ .

Didžiausias teorinis vėjo energijos kiekis, kurį gali panaudoti vėjo elektrinė, pagal vokiečių specialisto A. Betz skaičiavimo duomenis, sudaro 59,3% [4].

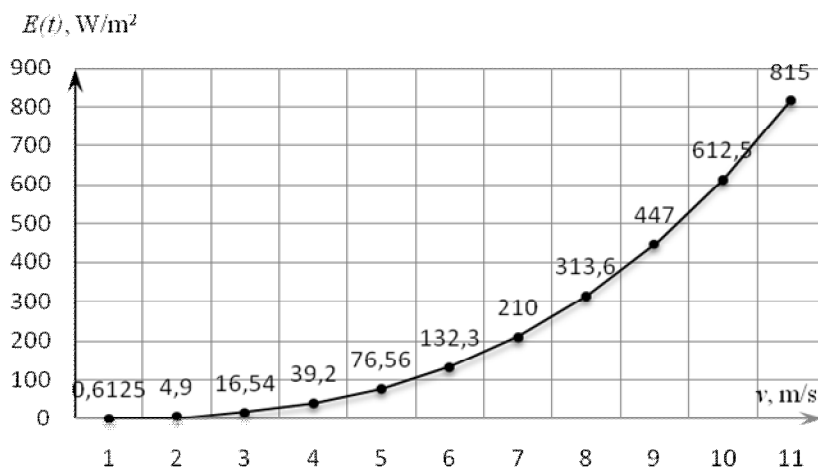
Vėjas dažnai keičia savo dydį ir kryptį, todėl pastoviai kinta ir energija  $E(t)$ .

Esant stabiliam temperatūros pokyčiui, vėjo greitį  $v_2$  pasirinktame aukštyje  $h_2$  galima apskaičiuoti [4]:

$$v_2 = v_1 \cdot \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^\beta; \quad (2)$$

čia:  $\beta$  – šiurkštumo koeficientas, priklausantis nuo žemės paviršiaus pobūdžio, kuris kinta ribose 0,01...0,46, priklausomai nuo vietovės;  $v_1$  – vėjo greitis  $m/s$  išmatuotas meteorologijos stotyje, aukštyje  $h_1$ ,  $m$ ;

Viena iš pačių svarbiausių funkcijų yra vėjo parametrų stebėjimas, pasirinktoje vėjo jėgainės statybos vietovėje. Pagal gautus rezultatus galima spręsti apie generatoriaus parinkimą esamai vietai.

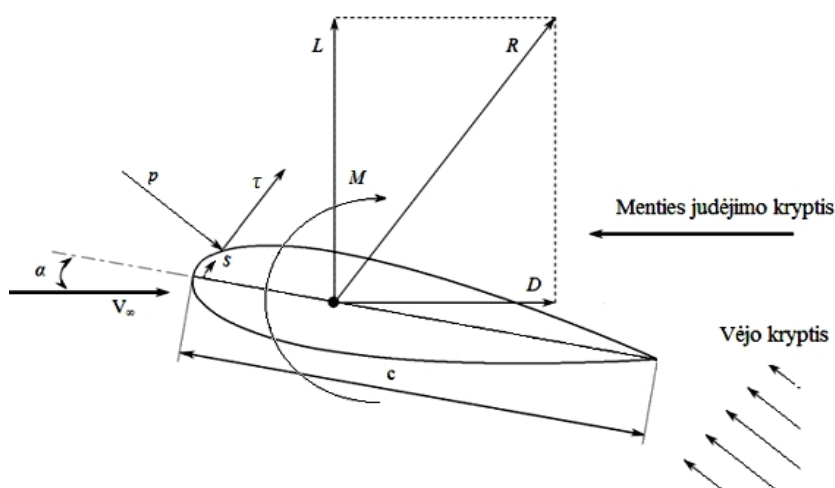


2 pav. Vėjo energijos teorinė priklausomybė nuo greičio

### 3. Vertikalios ašies vėjo turbinos veikimo principas

Šios turbinos ašis yra statmena ją kertančiam oro srautui, todėl aerodinaminiai aspektai yra daug sudėtingesni nei tradicinių horizontalios ašies vėjo jėgainių. Pagrindinis šios konstrukcijos privalumas – vėjo krypties nepriklausomumas, o pagrindinis trūkumas – reikalingas didelis pradinis sukimo momentas dėl, palyginti, inertiškos sistemos. Ši problema dar aktualesnė dviejų menčių elektrinei.

Veikdamas vėjo elektrinės mentis, oro srautas sukuria dvi varomąsias jėgas: keliamąją ir jai priešingą – pasipriešinimo. Kuo didesnė keliamoji jėga, tuo didesnis slėgių skirtumas tarp viršutinio ir apatinio paviršiaus ir tuo stipresnis yra galinių sukurių intensyvumas. Didėjant atakos kampui  $\alpha$  didėja keliamoji jėga ir kartu didėja vėjo jėgainės sukimosi greitis bei sukurių intensyvumas [5].



3 pav. Mentis veikiančių jėgų atvaizdavimas

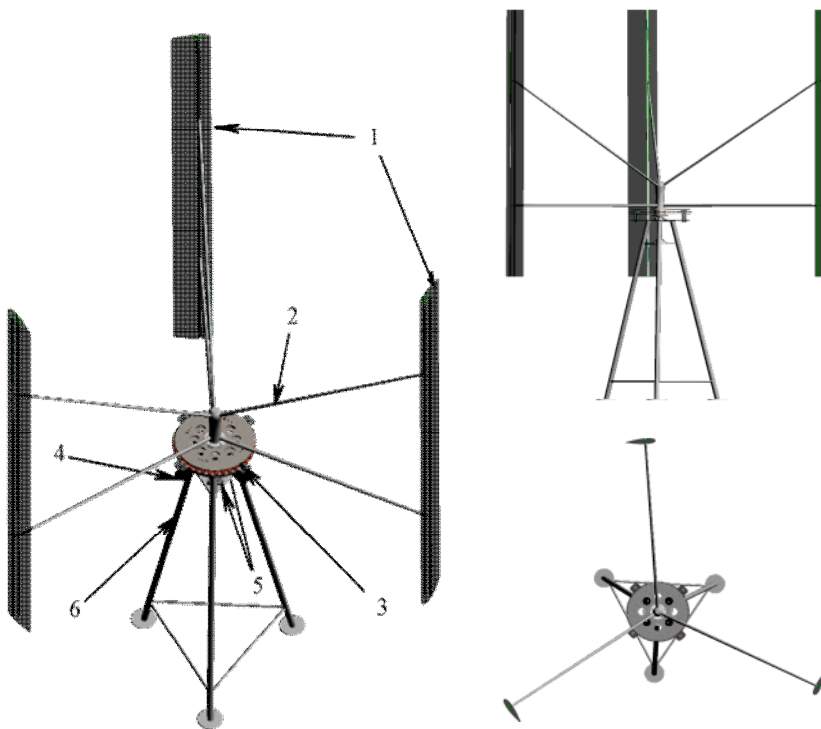
Dydis  $V_\infty$  yra reliatyvus srautas, apibrėžiamas kaip srauto greitis toli prieš aptekamą kūną – laisvasis srautas. Atstojamąją aerodinaminę jėgą  $R$  galima išskaidyti į dvi projekcijas: keliamąją jėgą  $L$  ir pasipriešinimą  $D$ .

Keliamoji jėga  $L$  yra atstojamosios jėgos  $R$  projekcija, statmena laisvojo srauto kryptiai. Pasipriešinimo jėga  $D$  yra atstojamosios jėgos  $R$  projekcija, lygiagreti su laisvojo srauto kryptimi. Kaip parodyta 3 pav., susumavus kūno paviršiuje veikiančias slėgio  $p$  ir trinties  $\tau$  jėgas, gaunama atstojamoji aerodinaminė jėga  $R$  ir atstojamasis aerodinaminis momentas  $M$ . Momentas yra teigiamas, kai jis veikia atakos kampo  $\alpha$  didėjimo kryptimi.

Didėjant atakos kampui  $\alpha$ , didėja slėgio skirtumas tarp viršutinio ir apatinio paviršiaus. Vadinasi, didėjant atakos kampui, didėja keliamoji jėga. Kuo geriau suderintas atakos kampas su naudojamu menties profiliu, tuo vėjo jėgainė patikimiau reaguoja į pro ją pratekantį oro srautą [5].

#### 4. Konstrukcijos analizė ir galimi problemų sprendimo variantai

Vertikalios ašies vėjo jėgainė turi būti tvirtos ir optimalios konstrukcijos, t.y. oro sraute judančios vėjaračio dalys turi būti aerodinamiškai aptakios. Tam tikslui, naudojant simuliacijos programą Autodesk Algor Simulation buvo parinkta optimali mentės konstrukcija. Visa tai stipriai įtakoja VAVT naudingumo koeficientą. Pagaminta vėjo elektrinės sparnuotė parodė, kad ji pradeda sukintis, esant labai nedideliame vėjo greičiui. Toliau bus tęsiami 4 paveiksle parodytos konstrukcijos tyrimai.

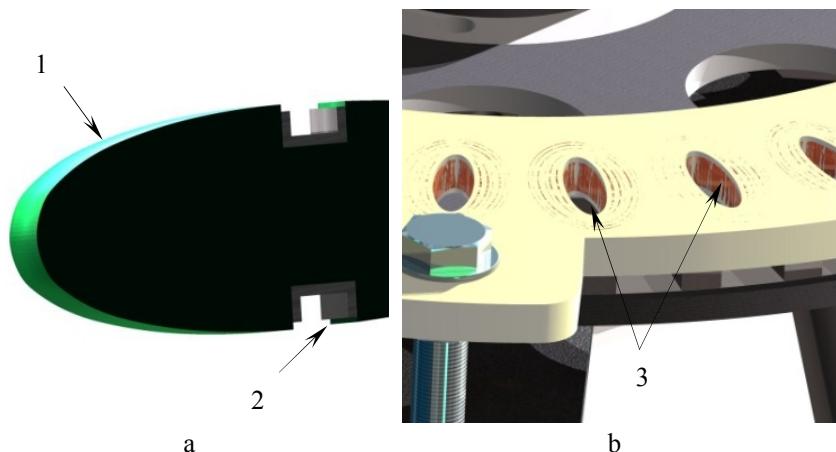


4 pav. Eksperimentinės VAVT konstrukcija: 1 – simetrinio profilio mentės; 2 – dviašis menčių laikiklis; 3 – pastovių magnetų generatorius; 4 – statoriaus laikiklis; 5 – guolių mazgai; 6 – vėjaračio stovas

Mentės tvirtumui užtikrinti ir jos svoriui sumažinti buvo panaudota speciali gamybos technologija.

Aerodinaminio profilio tikslumui išgauti panaudotos lengvai apdirbamos medžiagos (žr. 6 pav., a), o tvirtumui – įmontuotas dvigubas, tarpusavyje sujungtas lonžeronas, kuris skirtas priimti lenkimo apkrovoms. Visa tai sustiprinta tankiu stiklo audiniu ir poliesterine derva. Menties paviršius turi būti visiškai lygus, nupoliruotas – naudojami automobiliniai dažai ir lakas. Papildomai, galima sustiprinti priekines ir galines menčių sieneles.

Laikiklis, viena pagrindinių vėjaračio dalių, kurio gamybai, panaudoti nedidelio diametro plieniniai strypai. Visa tai užtikrina vėjaračio lengvumą ir tvirtą sujungimą su mentėmis. Dauguma gamintojų šioms vėjo elektrinės dalims naudoja brangų anglies ir kevlaro pluoštą.



5 pav. VAVT konstrukciniai sprendimai: a – simetrinio profilio mentis; b – sinchroninio generatoriaus statorius; 1 – lengvai apdirbama medžiaga; 2 – aerodinaminis lonžeronas; 3 – statoriaus aušinimo angos

Išspėstas, specialiai VAVT pagaminto, sinchroninio generatoriaus aušinimo klausimas. Statoriaus aušinimo pagerinimui, ričių viduryje buvo suformuotos aušinimo angos (žr. 5 pav., b).

Vėjo elektrinių stovo formą tikslinga parinkti pagal vietovę, kur numatoma statyti vėjo elektrinę. Trikojis stovas tinka, kai vėjo elektrinė yra montuojama ant pastato stogo. Tiesus – kai vėjo jėgainė statoma atviroje vietovėje. Konstrukcijos tvirtumui užtikrinti stovas turi būti sutvirtinamas atotampomis.



## 5. Išvados

1. Rekomenduojama elektrinės tvirtinimo konstrukcija, naudojant stiebo atotampas, taip pat atotampas tarp menčių, leidžia sumažinti elektrinės gabaritų;
2. Naujų medžiagų, tokių kaip ekstrudinio polistireno panaudojimas leidžia išgauti tikslią ir lengvą mentės konstrukciją, kuri sutvirtinama papildomomis priemonėmis;
3. VAVT analizė parodė, jog konstrukcija nėra labai sudėtinga, todėl svorio ir gabaritų mažinimas bei optimalaus mentės profilio parinkimas padeda sumažinti išcentrines jėgas;
4. Tikslūs šių problemų sprendimo būdai leidžia pasiekti geresnį vėjo elektrinės naudingumo koeficientą. Tai tik dar labiau paskatina naujų gamybos medžiagų ir technologinių sprendimų ieškojimą.

## Literatūra

1. **Claessens M.C.** The Design and Testing of Airfoils for Application in Small Vertical Axis Wind Turbines. Aerospace Engineering at Delft University of Technology. November 9, 2006. – 2 p.
2. **Dominy R., Lunt P. & Bickerdyke A.** The Self-Starting Capability of a Darrieus Turbine. University of Durham School of Engineering South Road. – Durham, DH1 3LE, UK. 2006. – 112 p.
3. **DeCoste J., McKay D., Robinson B., Whitehead S., Wright S.** MECH 4010 Design Project Vertical Axis Wind Turbine. Department of Mechanical Engineering. Dalhousie University. December 5, 2005. – 8 p.
4. **Markevičius A., Katinas V.** Vėjo energetikos plėtros tendencijos. Lietuvos energetikos institutas, 2002. – 24 p.
5. **Lasauskas E.** Skrydžio principai. Mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2008. 16 – 17 p.

## AUTOMOBILIO SUSTOJIMO KELIO TYRIMAS

**L. Maikštėnienė, A. Tautkus**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** Sustojimo kelias, automobilis, sukibimo koeficientas.

### 1. Įvadas

Kiekvienas kuris vairuoja automobilį žino, kad esant reikalui ar būtinybei, bet kada gali sustabdyti automobilį. Tačiau yra svarbi sąlyga – sustojimo kelias turi būti kuo mažesnis. Taip pat stabdomas automobilis turi neprarasti pusiausvyros ir likti valdomas. Valdymo jėga turi išlikti maža, o darbinių stabdžių reagavimo laikas trumpas. Sustojimo kelio atstumas yra labai svarbus eismo saugumo požiūriu, tai gali lemti avarijos sunkumą. Saugu gali būti, tik tuo atveju kai sustojimo kelias trumpas. Ir tai svarbu net ir tuo atveju, jei automobilis techniškai tvarkingas. Taip pat negalima pasikliauti vien stabdžių pedalų, ABS ar geromis padangomis, nes nuolat keičiasi oro sąlygos, o sustojimo kelias kinta.

**Darbo tikslas:** atlikti tyrimą, siekiant įvertinti automobilio sustojimo kelią, įvairiomis oro sąlygomis bei įvairiose kelio dangose.

### 2. Automobilio sustojimo kelio sąvoka

Sustojimo keliu vadinamas tas kelias, kurį automobilis nuvažiuoja nuo to momento kai vairuotoją paveikia psichiniai poveikiai apie tai, kad reikia stabdyti, iki stabdomo automobilio visiško sustojimo. Sustojimo kelias turi didelę priklausomybę nuo vairuotojo savybių: psichologinių, dėmesio ypatumų, asmenybės bruožų, reakcijos laiko ir kitų. Bendras sustojimo kelias = reakcijos kelias + stabdymo kelias.

Stabdžių veikimo pradžia priklauso nuo stabdžių sistemo skonstruktijos bei techninės būklės, gali keistis nuo 0,2 iki 0,4 s, esant hidrauliniams stabdžiams, ir nuo 0,6 iki 0,8 s – esant pneumatiniams stabdžiams. Stabdymo kelias proporcingas greičio pasikeitimo kartų kvadratu. Taigi automobilio greičiui padidėjus dvigubai, stabdymo kelias padidėja keturis kartus. Reikalinga saugumui užtikrinti saugi distancija, gyvenvietėje rekomenduojama reikšmė lygi pusei važiavimo greičio reikšmės, ne gyvenvietėje – lygi važiavimo greičiui. Sustojimo kelio ilgis priklauso nuo važiuojamosios dalies ir padangų savybių – sausa ir šiurkšti važiuojamoji dalis

pagerina sukibimą tarp padangos ir kelio, o stabdymo kelias tampa trumpesnis ant šlapio arba slidaus kelio.

Sustojimo kelias apskaičiuojamas [1]:

$$S = (t_r + t_l + 0,5 t_i) v_1 + \frac{v_1^2}{2 j_p}; \quad (1)$$

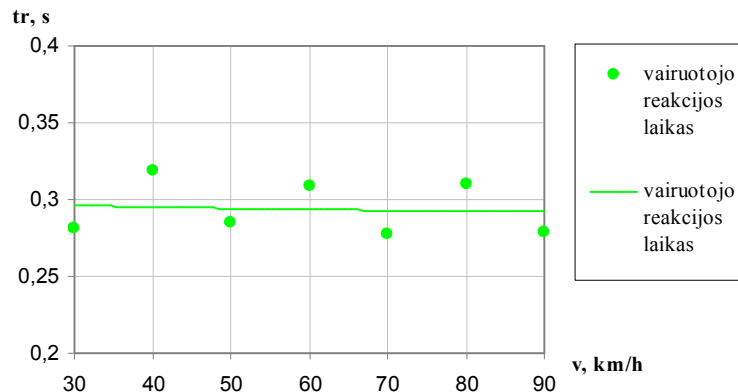
čia:  $t_r$  – vairuotojo psichomotorinė reakcija;  $t_l$  – stabdžių laisvos eigos laikas, s;  $t_i$  – trinkelį prispaudimo laikas, s;  $v_1$  – automobilio greitis, m/s,  $j_p$  – pastovi lėtėjimo reikšmė, m/s<sup>2</sup> [1, 2].

### 3. Automobilio sustojimo kelio tyrimas

Galimi skirtingi stabdymo momentai, dėl reakcijos laiko. Reakcijos laikas yra laiko tarpsnis tarp dirgiklio veikimo pradžios iki momento, kai prasideda atsakomasis veiksmas. Reakcijos laiko matavimas teikia informacijos apie greitį, kuriuo impulsai sklinda nervų sistemoje, bei apie informacijos apdorojimo galvos ir stuburo smegenyse bei sprendimų priėmimo trukmę.

Pasinaudojant reakcijos testo programa [3], atliktas tyrimas, reakcijos priklausomybė nuo greičio, ši priklausomybė pateikta 1 pav.

Vairuotojo reakcijos laikas priklauso nuo jo amžiaus, vairavimo stažo, tačiau nuo greičio nepriklauso. Kaip matyti grafike, gauta vidutinė reakcijos trukmė,  $t_r = 0,29$  s. Nuo reakcijos laiko priklauso sustojimo kelias, ši priklausomybė pateikta 2 pav. Grafike pateiktos reikšmės, gautos taip pat atlikus bandymus programoje „reakcijos testai“ [3].



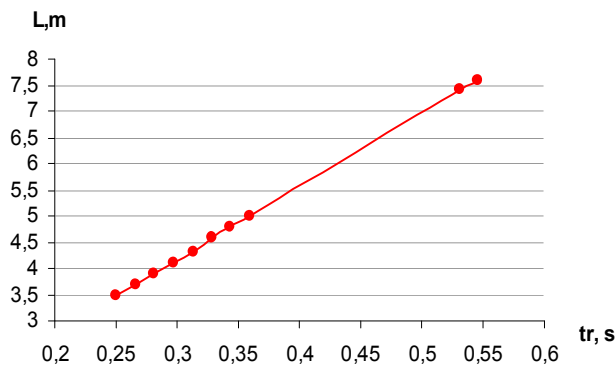
1 pav. Vairuotojų reakcijos laiko priklausomybė nuo greičio

Kai matyti iš 2 pav. grafiko, ilgėjant reakcijos laikui  $t_r$  ilgėja automobilio sustojimo kelias  $L$ .

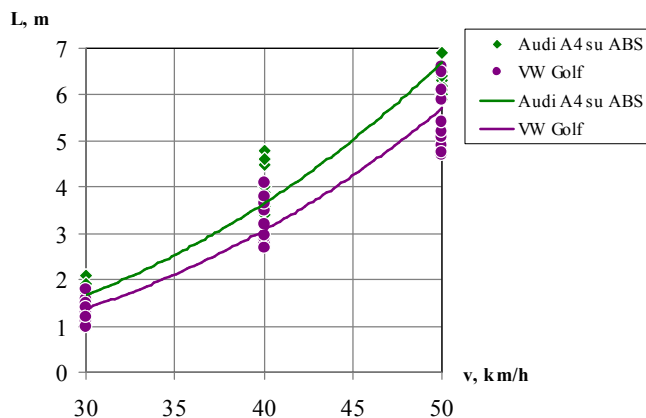
Atliktas tyrimas su automobiliais, sustojimo keliui išmatuoti. Buvo naudojami WV Golf ir Audi A4 su ABS automobiliai, šių automobilių masės nelygios, tačiau skirtumas nėra didelis 9,8, WV Golf:  $m_G = 1120$  kg, Audi A4:  $m_G = 1210$  kg.

Automobiliai buvo stabdomi, važiuojant skirtingu važiavimo greičiu, tai 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h. Eksperimentai atlikti po dešimt kartų, grafikuose pateikti šie atlikti matavimai.

Pirmoji kelio danga (žr. 3 pav.), kuria buvo stabdomi automobiliai, tai sausas asfaltas. Asfalto danga šiurkšti, nenuvažinėta.



2 pav. Automobilio sustojimo kelio priklausomybė nuo vairuotojų reakcijos laiko, kai  $v = 50$  km/h

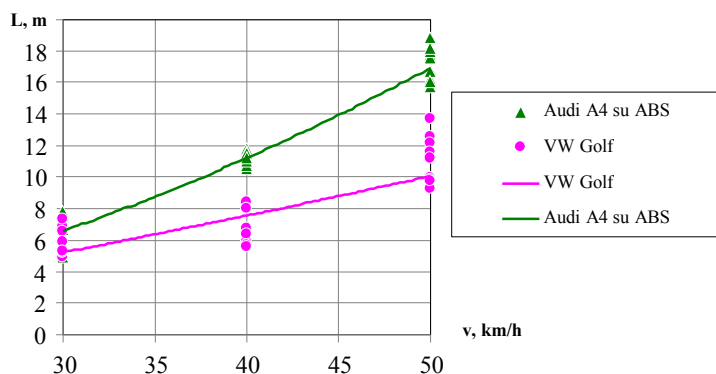


3 pav. Sustojimo kelio tyrimas, kai kelio danga sausas asfaltas

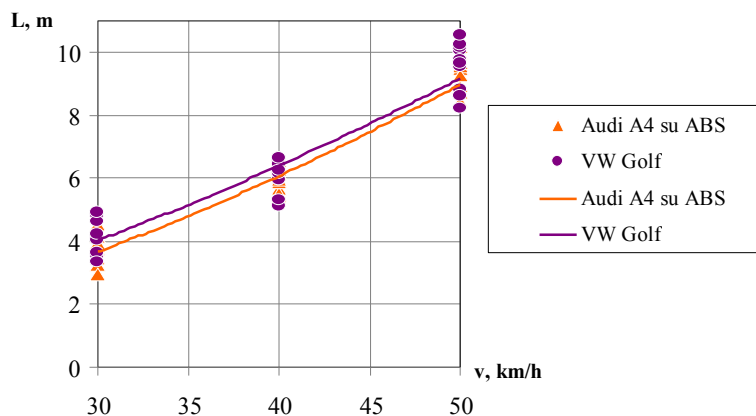
Ilgesnis sustojimo kelias gautas stabdant automobilį Audi A4 su ABS, greičiau sustojo VW Golf automobilis. Sustojimo kelias trumpesnis, nes VW Golf automobilio mažesnė masė, automobilių padangos skirtingos, nuo padangų būklės taip pat priklauso automobilio sustojimo kelias.

Kita kelio danga, buvo žvyrkelis, panaudota sustojimo keliui išmatuoti. Žvyro danga, buvo drėgna, kelias išvažinėtas, susigulėjęs su smukiais 0,5...1 cm skersmens akmenukais. Sustojimo kelio grafikas pateiktas 4 pav.

Automobiliui su ABS važiuojant žvyrkeliu sustojimo kelias žymiai pailgėjo, nes būtent ABS sistema šiuo atveju pailgino stabdymo kelią. VW Golf automobilio užsiblokažę ratai rausė vėžes ir taip automobilis sustojo greičiau, o Audi A4 automobiliui ABS, šį efektą panaikino.



4 pav. Sustojimo kelio tyrimas, kelio danga susigulėjęs žvyrkelis



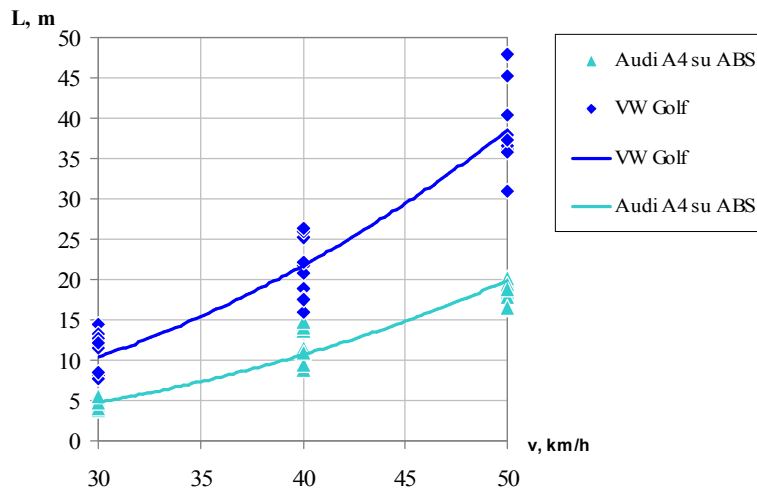
5 pav. Sustojimo kelio tyrimas, kelio danga šlapias asfaltas

Tiriama kelio danga, šlapias asfaltas. Tyrimas buvo atliekamas kada lijo lietus, todėl kelio danga buvo stipriai sušlapusi. Sustojimo kelio grafikas pateiktas 5 pav.

Automobilio VW Golf stabdymo kelias ilgesnis, nei Audi A4 su ABS. Nes susidarė slydimas, ratai blokavosi. Su ABS buvo išvengta blokavimo pavojaus, todėl sustojimo kelias trumpesnis. Jeigu automobiliai būtų vienodų masių, šis sustojimo kelio ilgio skirtumas būtų didesnis.

Tiriama kelio danga, ledu padengtas asfaltuotas kelias. Ledas sausas, blizgus. Sustojimo kelio grafikas pateiktas 6 pav.

Kaip matyti iš 6 pav. automobilio su ABS sustojimo kelias yra trumpesnis. Taip yra dėl to, kad veikiant ABS sistemai, važiuojant ledu, ratai buvo antiblokuojami, ko pasėkoje automobilis greičiau sustojo. Tuo tarpu VW Golf buvo nevaldomas, ratai užsiblokavo, stabdymo efektyvumo nebuvo.



6 pav. Sustojimo kelio tyrimas, kelio danga ledu padengtas asfaltas

1 lentelė

Apskaičiuotos automobilio sustojimo kelio  $S$ , reikšmės

| Automobilio greitis $v$ , km/h | Sustojimo kelias $S$ , m, kai kelio danga yra          |                                                          |                                               |                                                                 |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                | sausas asfaltas, sukibimo koeficientas $\varphi = 1,1$ | šlapias asfaltas, sukibimo koeficientas $\varphi = 0,65$ | žvyras, sukibimo koeficientas $\varphi = 0,5$ | ledu padengtas asfaltas, sukibimo koeficientas $\varphi = 0,25$ |
| 30                             | 9,38                                                   | 11,22                                                    | 12,06                                         | 20,32                                                           |
| 40                             | 13,94                                                  | 17,2                                                     | 18,7                                          | 33,39                                                           |
| 50                             | 20,11                                                  | 25,4                                                     | 29,94                                         | 59,43                                                           |

Pagal (1) formulę buvo apskaičiuotas automobilio sustojimo kelias, žr. 1 lentelėje.

Palyginus rezultatus gautus realiai stabdant ir apskaičiuotus jie skiriasi. Tai priklauso nuo daugelio priežasčių. Formulė yra klasikinė, pritaikyta bendram atvejui, neįvertinta automobilio masė, ABS ir pan. Taip pat matavimo rezultatai atliekant eksperimentą, nėra labai tikslūs, nes buvo naudojamos pačios paprasčiausios matavimo priemonės. Atliekant eksperimentą, neįskaičiuota vairuotojo reakcija  $t_r$ , nes šiuo atveju vairuotojas buvo pasiruošęs stabdyti automobilį, o realybėje netikėtai stabdant kelyje, vairuotojo  $t_r$  reakcija būna ilgesnė, pailgėja ir automobilio sustojimo kelias.

#### 4. Išvados

1. Automobilio sustojimo kelias  $S$  priklauso nuo kelio dangos, oro sąlygų. Pasikeičia rato sukibimas su keliu, sukibimo koeficiento  $\varphi$  reikšmė, ku mažesnis  $\varphi$  dydis, tuo ilgesnis automobilio sustojimo kelias  $S$ .
2. Vairuotojo reakcija priklauso nuo jo amžiaus, vairavimo stažo, jo būklės gali keistis nuo 0,2 iki 1,5 s. Tačiau nuo automobilio greičio vairuotojo reakcijos laikas nesikeičia.
3. Automobilio su ABS sustojimo kelias trumpesnis esant slidžiai kelio dangai: stabdant šlapiu asfaltu, ledu padengtu asfaltu. Be ABS automobilis greičio sustojo važiuojant sausu asfaltu ir žvyrkeliu.
4. Automobilio stabdymo eksperimento metu gauti rezultatai nesutampa su apskaičiuotais pagal (1) formulę, nes formulė (1) nepritaikyta konkrečiam atvejui, vadinasi sustojimo kelias gali būti trumpesnis, remiantis atliktu tyrimu. Tačiau atsižvelgiant į bandymų rezultatus reikia įvertinti tai, kad vairuotojas buvo pasiruošęs stabdyti automobilį, vadinasi kitu atveju, jei netikėtai reikėtų stabdyti, reakcijos laikas būtų ilgesnis, pailgėtų ir automobilio sustojimo kelias,

#### Literatūra

1. **Gasila L.** Automobiliai ir traktoriai. –Vilnius, 1978. 120 – 130 p.
2. **Gerigk P., Detlenf B.** ir kt. Automobiliai. – Kaunas, 2006. 419 – 443 p.
3. Vairuotojo reakcijos testas. Prieiga per internetą: <<http://avarija.puslapiai.lt/>> [žiūrėta 2010-09-12].

## VANDENS LAIVYBOS NEMUNU INFRASTRUKTŪROS TYRIMAS

**Ž. Bazaras, P. Petkevičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** Prieplaukos projektavimas, betonas, vandens lygis, įtempimai.

### 1. Įvadas

Vandens keliai – vieni seniausių ir saugiausių kelių žmonijos istorijoje. Mesopotamijoje vandens keliai pradėti naudoti susisiekimui ir prekybai jau prieš 12 tūkst. metų [1]. Nemuno infrastruktūra susideda iš mobilių ir stacionarių hidrotechnikos įrenginių, kurie taipogi skirstomi į saugią laivybą užtikrinančius, keleivių ir krovinių gabenimo įrenginius. Hidrotechnikos statiniai yra žymiai brangesni palyginius su statybomis sausumoje, todėl teisingas konstrukcijų pasirinkimas, ilgaamžiškumo ir ekonomiškumo santykis yra svarbiausi kriterijai norint gauti su mažiausiomis investicijom didžiausią naudą.

Darbo tikslas yra sumodeliuoti ekonominiškai efektyvią betono krantinę, pritaikytą keleivių pervežimui vidaus vandens keliais.

Tiksli pasiekti reikia *Solid Works* programa apskaičiuoti mažiausią leistiną atraminės sienutės storį, atlaikantį už jos esančio grunto ir prieš ją esančio vandens slėgį.

Pagrindiniai duomenys, naudojami šiam darbui atlikti yra atraminės sienutės aukštis ir storis, betono gniuždomasis stipris, normaliniai įtempimai.

### 2. Darbo metodika

Darbas yra atliekamas trimis variantais prie skirtingų garantinių gylių:  $hg_{min} = 1,31$  m;  $hg_{vid} = 2,33$  m;  $hg_{max} = 3,35$  m. Projektuojamas krantinės ilgis 18 m, krantinės plotis apskaičiuojamas pasirinktinai minimalus pagal betono parametrus.

Projektuojant atramines konstrukcijas sprendžiami du uždaviniai – vienas konstrukcijos geometrinių parametrų nustatymo projektuojamomis sąlygomis, kitas – konstrukcinių reikalavimų, kad sienutė atlaikytų lenkimo momentus ir kirpimą, paskaičiuotus pagal pusiausvyros lygtis. Pasirinktos projektavimo sąlygos turi būti pakankamai griežtos, bei numatytos visos galimos situacijos per visą konstrukcijos gyvavimo laiką [2].



Atraminės sienutės aukštis  $H$  pasirenkamas įvertinant maksimalų galimą vandens lygį:

$$H = 2 (h_{vl\ max} + 0,5); \quad (1)$$

čia:  $H$  – bendrasis sienutės aukštis, m;  $h_{vl\ max}$  – maksimalus vandens lygis, m.

Tuo atveju, kai nagrinėjame saugos ribinį būvį ir kai atraminės sienos stabilumas priklauso nuo grunto, esančio prieš atraminę sieną, stiprumo, skaičiuojamojoje schemoje grunto paviršiaus altitudė sumažinama dydžiu  $\Delta a$  [3] (1 pav.). Tada, kai grunto paviršiaus paruošimo kontrolė yra įprasta įgilintosioms atraminėms sienoms:

$$\Delta a = 0,10 H \leq 0,3 \text{ m}; \quad (2)$$

čia:  $\Delta a$  – galimo grunto išplovimo atsargos koeficientas, m;  $H$  – projektuojamos krantinės aukštis, m.

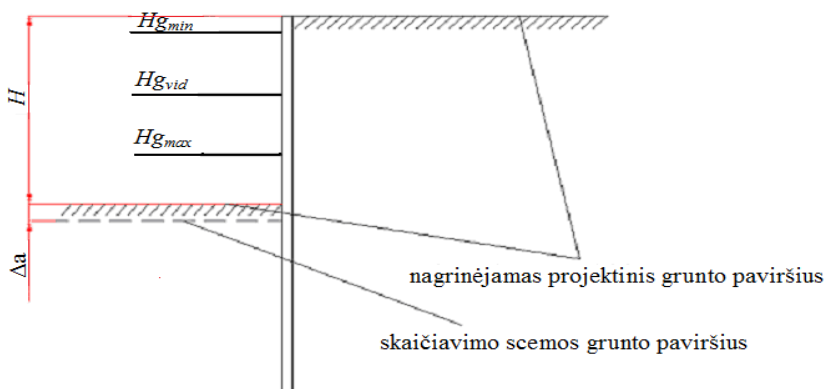
Už atraminės sienutės esantis supiltinis gruntas skaičiuojamas vienu sluoksniu (2 pav.). Betono klasė atraminei – įlaidinei sienutei pasirenkama pagal LST EN 206-1: 2002 reikalavimus betonui, atsižvelgiant į jo naudojimo sąlygas bei betoninių ir gelžbetoninių statinių projektavimo normas [4].

Patikimumo koeficientas  $\gamma_c$  betoninėms konstrukcijoms priimamas 1,8; gelžbetoninėms konstrukcijoms priimamas 1,5 [4].

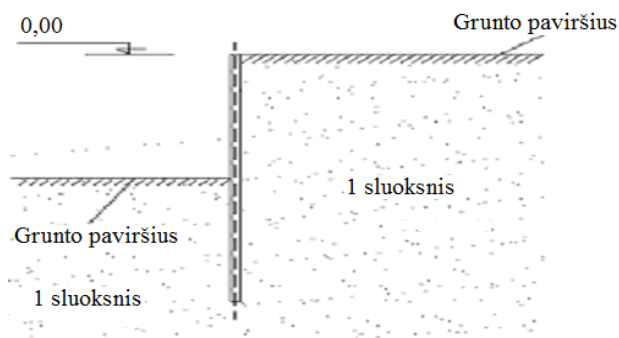
Lengvojo betono skaičiuotinas gniuždomasis stipris yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{cd} = \frac{a a_{ct} f_{ck}}{\gamma_c}; \quad (3)$$

čia:  $f_{cd}$  – skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris;  $a = 1$ , kai betono kietėjimo laikas ne trumpesnis kaip 28 paros;  $a_{ct}$  – koeficientas, įvertinantis betono plėtimąsi kietėjimo metu;  $f_{ck}$  – charakteristinis betono gniuždomasis stipris.



1 pav. Vandens ir grunto aukščių išsidėstymas



2 pav. Grunto sluoksnio išsidėstymo schema

Koeficientai  $a$  ir  $a_{ct}$  turi būti imami lygūs 1,0, nes betono konstrukcija skaičiuojama jos stipriui pasiekus maksimumą, tai yra po 28 parų, betonui kietėjant normaliomis aplinkos sąlygomis plėtimasis nevyksta.

Vadovaujantis šiais parametrais įvedami skaičiuojamieji betono tempiamieji stipriai į programą *SolidWorks*. *SolidWorks* programa modeliujamas atraminės sienutės storis, siekiant minimizuoti jį iki minimalių sienutei keliamų patikimumo reikalavimų.

Programoje užduodama, kad požeminis sienutės tvirtinimas yra stacionarus (3 pav.), sienutės storis – 0,40 m apkrovos iš vandens pusės priimamos prie trijų gylių (1 pav.): 1,20 m; 2,10 m ir 3,00 m, nes minimalus gylis reikalingas saugiai navigacijai užtikrinti ir jis Nemune ties Kaunu yra 1,2 m, tuo tarpu vidutinis gylis yra dažniausiai pasitaikantis trumpalaikio potvynio metu, maksimalus gylis pasiekiamas pavasario potvynio metu [5].

Sienutės aukštis, kurį naudosime modeliuojant ją veikiančias apkrovas apskaičiuojamas taip:

$$H_s = H + \Delta a; \quad (4)$$

čia:  $H_s$  – modeliuojamos sienutės aukštis nuo įtvirtinimo.

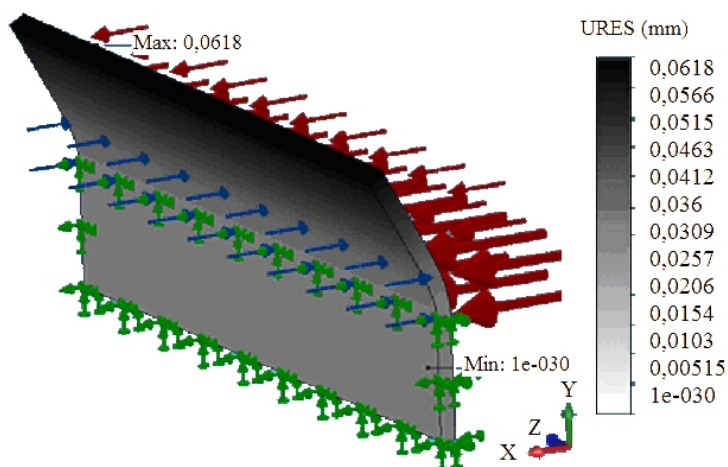
Kitoje sienutės pusėje apkrovą, kuri veikia visame sienutės aukštyje, sąlygoja grunto slėgis (2 pav.).

### 3. Optimalių atraminės sienutės parametrų modeliavimas su *SolidWorks* programa

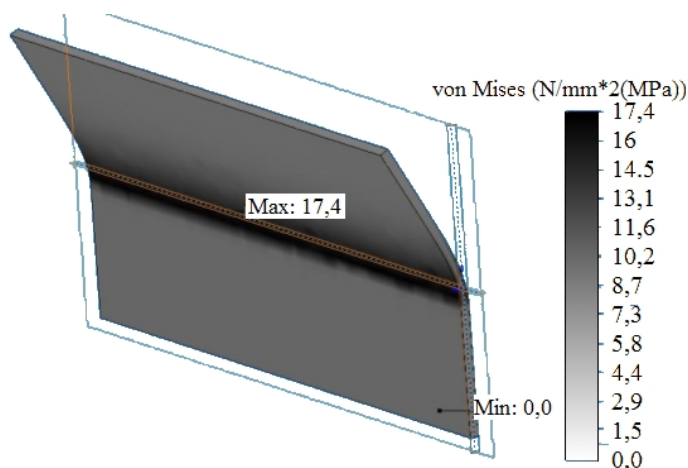
Apkrovos sienutę veikia  $x$  ašies kryptimis, nes iš vienos pusės modeliuojamos trys skirtingos apkrovos, kurios yra lygios vandens lygiams ( $hg_{min}$ ,  $hg_{vid}$ ,  $hg_{max}$ ), o kitoje pusėje – apkrova, kuri lygi smėlinio grunto sluoksniui per visą sienutės aukštį. Smėlio tankis 1,3 karto didesnis nei vandens todėl iš smėlio pusės sienutė bus apkrauta didesnėmis jėgomis, tuo

tarpu y ir z ašių kryptimis sienutė nėra apkrauta, nes jos viršus ir šonai yra atviri (3 pav.).

Pasirenkamas betonas C30/37, tai yra betonas, kurio gniuždomasis stipris –  $37 \text{ N/mm}^2$ . Įvertinus atsargos koeficientą betonui (3 formulė), gauname, kad maksimali leistina apkrova negali būti didesnė už  $20,5 \text{ N/mm}^2$ .



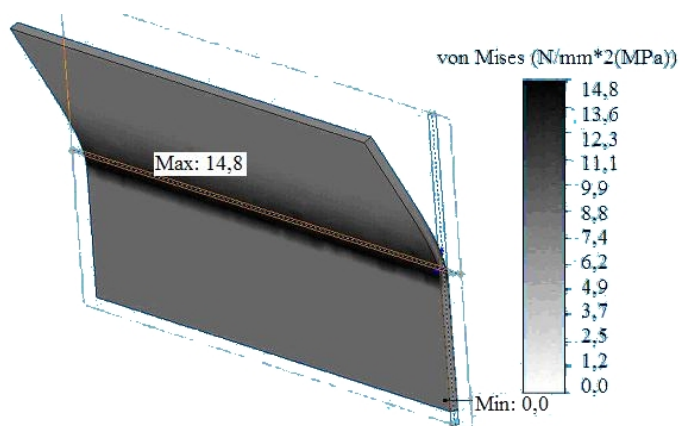
3 pav. Apkrovų ir poslinkių pasiskirstymas atraminėje sienutėje prie minimalaus vandens lygio  $h_{g_{min}}$



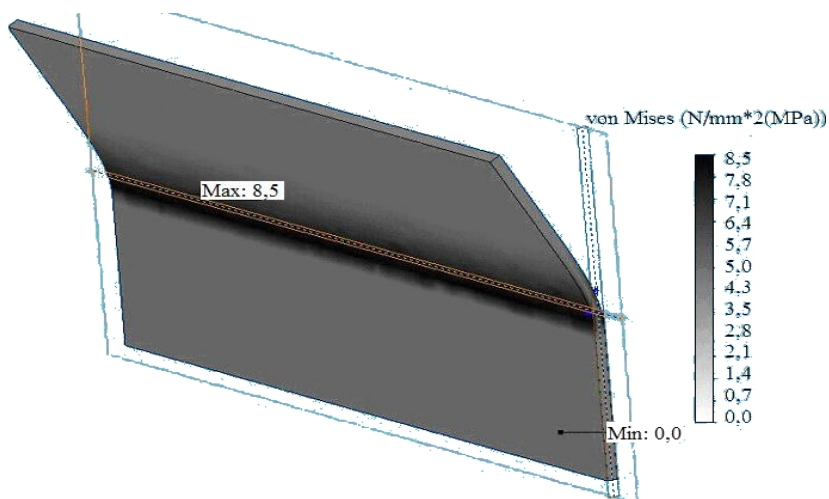
4 pav. Ekvivalentinių įtempimų pasiskirstymas atraminėje sienutėje, kai vandens lygis minimalus ( $h_{g_{min}}=1310 \text{ mm}$ ), sienutės storis –  $400 \text{ mm}$

Gauti atraminės sienutės įtempimų pagal vandens lygį rezultatai pateikiami 4...6 pav.

Iš 4 paveikslo matyti, kad kai  $h_{g_{min}}=1310$  mm, ir sienutės storis 400 mm, maksimalūs ekvivalentiniai įtempimai siekia  $17,4 \text{ N/mm}^2$ , tai yra tik 1,17 karto daugiau nei maksimali leistina reikšmė.



5 pav. Įtempimų pasiskirstymas atraminėje sienutėje, kai vandens lygis vidutinis ( $h_{g_{vid}} = 2330$  mm), sienutės storis – 400 mm



6 pav. Įtempimų pasiskirstymas atraminėje sienutėje, kai vandens lygis maksimalus ( $h_{g_{max}} = 3350$  mm), sienutės storis – 400 mm

Esant vidutiniam vandens lygiui ( $h_{g_{vid}} = 2330$  mm) apskaičiuoti įtempimai pateikti 5 pav.

Mažiausios įtempimų reikšmės gaunamos prie maksimalaus vandens lygio  $h_{g_{max}} = 3350$  mm ir sudaro  $8,5 \text{ N/mm}^2$ , tai yra 2,4 karto mažesnė apkrova nei maksimali leistina (6 pav.).

Atraminės sienutės įtempimai priklausomi nuo prieš ją esančio vandens lygio: kuo vandens lygis aukštesnis, tuo įtempimai mažesni, todėl, kad vandens apkrova kompensuoja dalį grunto apkrovos. Mažėjant vandens lygiui įtempimai didėja.

#### 4. Išvados

1. Modeliuojamas betono atraminės sienutės storis priklauso nuo pasirinkto betono gniuždomojo stiprio, ją veikiančių apkrovų ir sienutės aukščio.
2. Atraminėje sienutėje didžiausi ekvivalentiniai įtempimai kyla esant minimaliam vandens lygiui ( $h_{g_{min}} = 1310$  mm) ir sudaro  $17,4 \text{ N/mm}^2$ . Mažiausi ekvivalentiniai įtempimai kyla esant maksimaliam vandens lygiui ( $h_{g_{max}} = 3350$  mm) ir sudaro  $8,5 \text{ N/mm}^2$ .
3. Atraminę sienutę veikianti didžiausia apkrova, kai sienutės storis 40 cm ir ( $h_{g_{min}} = 1310$  mm), yra 15% mažesnė nei leistina todėl reikia atraminę sienutę ploninti norint ekonomiškesnio statinio.

#### Literatūra

1. **Baublys R., Katkevičius L.** Vandens kelių, krantinių ir prieplaukų statyba. Mokomoji knyga. – Kaunas: Ardiva, 2008. 5–21 psl.
2. Lietuvos standartas, LST 1997 – 1:2004. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės, LSD, 2006.
3. **Medzvieckas J., Šližytė D.** Liaunų atraminių sienų skaičiavimo metodiniai nurodymai. Rankraštis. – Vilnius, 2006. 13-23 psl.
4. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas // Valstybės žinios, Nr. 17 – 250, 2005.
5. **Vandens gylių lentelė.** Prieiga per internetą: <<http://www.liwa.lt/lt/depth>> [žiūrėta 2010-11-27].

## JUOSTINIŲ PJŪKLŲ TRŪKIMO PRIEŽAŠČIŲ TYRIMAS

**A. Bražėnas, A. Preidys**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** juostinis pjūklas, danties profilis, užgalandimas.

### 1. Įvadas

Nežiūrint į tai, kad yra sukurtos naujos technologijos ir netradiciniai pjovimo metodai (pjovimas vandens srove, suspaustu oru ar elektros lanku) tradicinis pjovimo metodas naudojant juostinius pjūklus dar ilgai dominuos ir ateityje [1]. Šiuo metu medienos pjovimas (tašai, lentos) juostiniais pjūklais vyksta beveik, tuo pačiu būdu kaip ir prieš 150 metų. Todėl, kad pjovimas juostiniais pjūklais yra paprastas, pigus ir ekonomiškai naudingiausias, lyginant su sukurtomis naujomis technologijomis ir netradiciniais būdais.

Pjovimui naudojant juostinius pjūklus, gaminamus iš aukštos kokybės plieno, gaunami geri kokybiniai rezultatai [2].

Juostinės pjovimo staklės dažniausiai yra paprastos konstrukcijos. Jos pagrinde susideda iš dviejų vertikaliai ar horizontaliai išdėstytų pjovimo ratų, kreipiančiųjų ir kitų pagalbinių mechanizmų. Juostinių pjovimo staklių montavimas ir jų priežiūra atlieka pagrindinį vaidmenį produkcijos kokybei ir juostinio pjūklo tarnavimo laikui.

Pjaunant su juostiniais pjūklais dažniausiai susiduriama su pagrindine problema juostinių pjūklų trūkimai. Norint užtikrinti juostinių pjūklų ilgaamžiškumą reikia sekti, kad visų grandžių atliekamas darbas būtų kokybiškas.

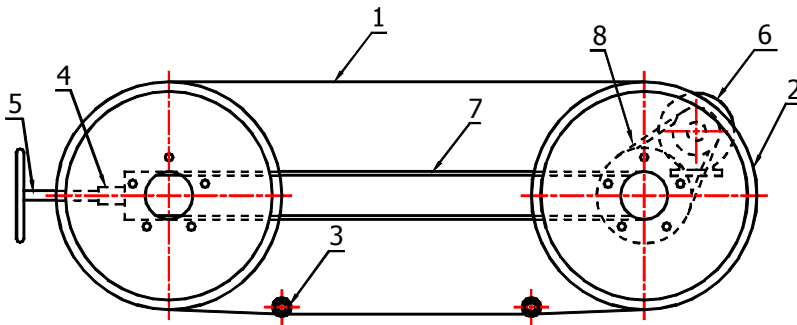
**Darbo tikslas:** pagal juostinių pjūklų trūkimą nustatyti trūkimo atsiradimo priežastis ir būdus, kaip išvengti juostinių pjūklų trūkimų.

### 2. Konstrukcijos paskirtis ir veikimo principas

Pjaunant juostiniais pjūklais, norint pasiekti gerų kokybinių rezultatų ir tinkamai bei ekonomiškai eksploatuoti rąstų pjovimo stakles, pjovimo galva turi būti tinkamai sureguliuota, visų papildomų mechanizmų ir grandžių darbas turi būti atliekamas nepriekaištingai. Šie faktoriai užtikrina juostinių pjūklų ilgaamžiškumą ir kokybišką bei našų darbą.

Pjovimo galva sukonstruota taip, kad darbo metu operatorius gerai matytų pjūklo padėtį ir judėjimą darbo metu. Matant juostinį pjūklą pjovimo metu vizualiai galima numatyti jo galimus mechaninius pažeidimus ir kai kurių techninių parametrų neatitikimus.

Principinė pjovimo galvos schema pateikiama 1 pav.



1 pav. Principinė pjovimo galvos schema: 1 – juostinis pjūklas; 2 – pjovimo skriemuliai; 3 – kreipiančiosios; 4 – hidraulinis cilindras; 5 – įtempimo varžtas; 6 – elektros variklis; 7 – rėmas; 8 – diržinė pavara.

Pjovimo galva (žr. 1 pav.) susideda iš dalių: juostinis pjūklas (1) dedamas ant pjovimo skriemulių (2), dvi kreipiančiosios (3) palaiko pjūklą reikiamoje padėtyje, kad pjūklas pjovimo metu nenuslystų nuo pjovimo skriemulių, kreipiančiosios sureguliuojamos taip kad jų apatinė dalis būtų 3...6 mm žemiau pjovimo ratų apatinės dalies bei turi būti 1...2° pasuktos į pjūklo danties pusę. Hidraulinis cilindras (4) naudojamas kontroliuoti pjūklo įtempimo jėgą. Įtempimo jėga paskaičiuojama pagal hidraulinio cilindro vidaus skersmenį. Įtempimo jėga perduodama į tempimo varžtu (5). Sukamąjį judesį diržine pavara (8) perduoda elektros variklis (6). Diržinės pavaros skriemuliai parenkami taip, kad juostinio pjūklo linijinis greitis neviršytų leistinojo. Siauriems juostiniams pjūklams leistinas linijinis sukimosi greitis yra 25 m/s. Visos sudedamosios dalys yra montuojamos ant vieno rėmo (7).

### 3. Patikrinamieji skaičiavimai

Kai juostiniai pjūklai eksploatacijos metu nutrūksta neatidirbę planinio darbo laiko reikia nustatyti ar jie nebuvo galandimo metu sudilę iki minimalios ribos, kuri yra leidžiama naudojamoms rąstų pjovimo staklėms ar kitaip sugadinti dėl aptarnaujančio personalo klaidų. Taip pat turi būti patikrinamas jų linijinis pjovimo greitis (rekomenduojamas greitis yra 25 m/s) [1]. Kai juostinio pjūklo linijinis greitis yra per didelis pjūklas patiria didelius įtempimus, pjūklo

dantys patiria dideles smūgines apkrovas pjovimo metu. Kartais pjovimo metu pjūklai patiria smūgines apkrovas, kurias sukelia vinys, kulkos, skeveldros ar akmenys. Pjūklas tokius perkrovimus turi atlaikyti be didelių pažeidimų.

Linijinis pjūklo greitis

$$v = D \frac{d_1}{d_2} \frac{\pi n_{ev}}{60}; \quad (1)$$

čia:  $D$  – pjovimo ratų skersmuo;  $d_1$  – elektros variklio skriemulys;  $d_2$  – pjovimo rato skriemulys;  $n_{ev}$  – elektros variklio apsisukimai.  $d_1$  ir  $d_2$  naudojamų skriemulių dalijamieji skersmenys.

Skirtingi rastų pjovimo staklių gamintojai naudoja nevienodus hidraulinius cilindrus juostinio pjūklo įtempimui. Norint tinkamai įtempti pjūklą ir išvengti jo pertempimų, dėl staklių dalių gamybos netikslumo darbo metu atsiranda vibracija ir mušimas, kurie iššaukia pastovų pjūklo tampymą. Tokie pjūklo tampymai sukelia išankstinį juostinio pjūklo metalo nuovargį. Tai įtakoja mikroįtrūkimų atsiradimą, kurie per trumpą darbo laiką didėja ir nepataisomai sugadina pjūklą.

Reikiamą pjūklo įtempimo jėgą sukelia hidraulinis cilindras, kurio nominalusis darbinis slėgis

$$p = \frac{F}{\pi r^2}; \quad (2)$$

čia:  $F = 700 \text{ N}$  – rekomenduojama pjūklo įtempimo jėga;  $r$  – hidraulinio cilindro vidinis spindulys.

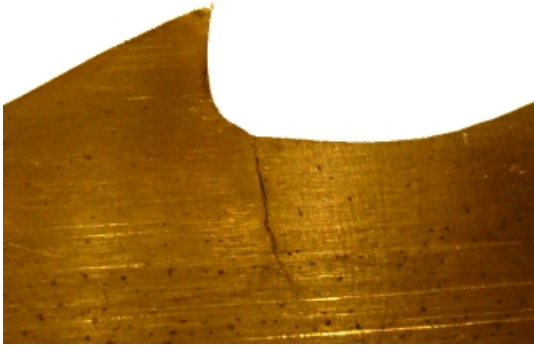
#### 4. Juostinių pjūklų trūkimo priežastys ir pašalinimo būdai

Pagal juostinio pjūklo trūkimą, trūkimo atsiradimo vietą, trūkimo formą bus nustatomos trūkimo atsiradimo priežastys, numatomi būdai kaip atsiradusių trūkimų išvengti pjūklų eksploatacijos metu.

2 pav. matomas pjūklo įtrūkimas kuris atsiranda dėl pjūklo profilio nevienodumo. Įtrūkimo vietoje matomas status pagilėjimas dėl tokio staigaus pagilėjimo. Šioje vietoje formuojasi mikroįtrūkimas, kuris yra sunkiai pastebimas. Palaipsniui tokie mikroįtrūkimai didėja ir laikui bėgant jie gali sugadinti juostinį pjūklą. Todėl labai svarbu pjūklų galandimo stakles sureguliuoti teisingai ir tiksliai. Dažniausiai tokie danties formos netikslumai atsiranda dėl neteisingai suprofiluoto galandimo disko. Galandimo diskai turi būti nuolat stebimi ir profiluojami taip, kad galandimo metu neįpjautų pjūkle griovelį, kuriuose susidaro nuovargio įtrūkimai [2].

Galandant juostinius pjūklus būtinai turi būti suformuojamas visas danties profilis, ypač siauriausioje pjūklo danties vietoje. Tinkamai galandant pjūklus, dantis ne tik užaštrinamas, bet ir pašalinamas metalas su jame besiformuojančiais mikro įtrūkimais.





2pav. Juostinio pjūklo pažeidimas



3 pav. Mikroįtrūkimo atsiradimas

Abrazyviniai diskai yra profiliuojami rankiniu būdu. Todėl profiliavimo metu atsirandantys nedideli netikslumai, netinkamai suformuoja pjūklo danties profilį.

Geriausi rezultatai pasiekiami galandant pjūklus elboro diskais kurie yra tokios formos kaip ir danties profilis [2]. Galandant šiais diskais nebereikia nuolat stebėti ir profiliuoti galandimo disko taip, kaip abrazyvinio.

3 pav. matomas susiformavęs mikro įtrūkimas pjūklo viduryje. Tokių įtrūkimų atsiradimo priežastys gali būti kelios. Tai pjovimo skiemulių formos defektai, kreipiančiųjų ratelių formos netikslumai, kreipiančiųjų ratelių guolių susidėvėjimas ar netinkamai suformuotas juostinio pjūklo takas.

Tokie įtrūkimai dėl pjovimo skriemulių kaltės atsiranda nuolat, kai pjovimo skriemulių darbinis paviršius būna metalinis. Darbo metu pjovimo skriemulių sferinis paviršius nudyta ir to pasėkoje pjūklas nuolat būna veikiamas dinaminių jėgų, kurios sukelia pjūklo metalo nuovargį.

Norint išvengti trūkumų dėl pjovimo skriemulių kaltės, rekomenduojama pjovimo skriemulių darbinį paviršių padengti guma ar oda. Tinkamiausia išeitis pjovimo skriemulių paviršiuje ištekinti griovelį trapeciniam diržui. Naudojant pjovimo skriemulius su trapeciniu diržu ženkliai sumažėja išlaidos pjovimo ratų priežiūrai.

Trūkimo atsiradimas dėl kreipiančiųjų ratelių kaltės taip gali nutikti kai kreipiantieji rateliai bus sureguliuoti taip, kad ratelių ir pjovimo skriemulių apatinių dalių aukščių skirtumas bus didesnis už leistiną (3...6 mm) [1]. Šiuo atveju pjūklas gauna papildomą nepageidaujamą lenkimą dėl vietinių deformacijų.

Kreipiantieji rateliai turi būti šlifuojami pasikeitus jų geometrijai ar jų paviršiuje esančių griovelių kraštų aukščiui.

Tokie įtrūkimai dar gali atsirasti dėl netinkamo pjūklo tako (dantų išlinkimo), kai pjūklo takas yra per mažas pjovimo metu padidėja pjūklo trintis medienoje ypač pjaunant kietmedžius ar kai pjovimo metu užsikerta kreipiantieji rateliai, o to laiku nepastebima. Dėl to pjūklo paviršius įkaista ir savaime užsigrūdina. Jame susiformuoja daug paviršinių mikroįtrūkumų kurių ištaisyti jau nebeįmanoma.

## **5. Išvados**

1. Atlikus trūkumų analizę nustatytos juostinių pjūklų trūkimo priežastys.
2. Numatyti būdai, kaip sumažinti įtrūkumų skaičių ar visai jų išvengti.
3. Atliekant trūkumų analizę nustatyti rąstų pjovimo staklių konstrukcijos trūkumai.
4. Nustatyti juostinių pjūklų galandimo staklių konstrukcijos trūkumai.

## **Literatūra**

1. **Uddeholm strip Steel AB.** Руководство по изготовлению и уходу за дереворежущими пильными лентами. 1995. – 48 p.
2. **Uddeholm strip Steel AB.** Wood bandsaw blade manual. 1995. – 48 p.

## DAUGIAAUKŠTĖS AUTOMOBILIŲ AIKŠTELĖS INFRASTRUKTŪROS TYRIMAS

**Ž. Bazaras, G. Suslovičius**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** aikštelė, parkavimas, automobiliai.

### 1. Įvadas

Daugelis didžiųjų pasaulio miestų kenčia nuo stovėjimo aikštelių trūkumo arba turi daug problemų ieškant naujų plotų aikštelių įrengimams. Tai sukelia problemas vairuotojams ieškant stovėjimo vietos automobiliui. Ypač šios problemos aktualios miestų centruose, senamiesčiuose, kur apie 40% visų judančių automobilių vairuotojai ieško vietos pasistatyti automobilį. Stovėjimo vietų kelkraščiuose ir atokiau kelio aikštelių įrengimas bei naujų sprendimų sąveika gali užtikrinti optimalų eismo srautų valdymą.

Greitas automobilių kiekio augimas pasaulyje sukėlė daug socialinių problemų. Viena iš jų yra susijusi su stovėjimo aikštelėmis, jų įrengimais ir saugojimu didžiuosiuose miestuose. Užtikrinti pakankamą stovėjimo vietų kiekį šalia miestų centrų, didžiausių prekybos centrų, didelių kompanijų, gamyklų, oro uostų, tapo didelė problema. Atsirado teisės aktai bei taisyklės, reglamentuojančios automobilių stovėjimą bei aikštelių įrengimą. Tinkamas ir gerai apskaičiuotas automobilių stovėjimo aikštelių bei garažų suprojektavimas įgavo didelę svarbą.

Pirmosios mechaninės automobilių parkavimo sistemos buvo pristatytos JAV 1930 metais. Jų atsiradimą nulėmė auganti automobilių stovėjimo aikštelių paklausa ir didelės žemės kainos didžiuosiuose miestuose bei jų centruose. Šiuo metu mechaninės automobilių sistemos yra kontroliuojamos kompiuterinių programų, kurių pagalba galima pastatyti ar paimti vieną reikiamą transporto priemonę iš daugybės kitų stovinčių automobilių per 40...120 sekundžių, tai yra net 30...90 automobilių per valandą.

Norint pažymėti ir palyginti aikštelių privalumus ir trūkumus, šiame darbe išdėstomos jų talpų priklausomybės pagal užimamus plotus, tūrius bei naudingumą. Taip pat išnagrinėjama informacija, išanalizuojami duomenys bei padaromos išvados.

## 2. Parkavimas bei modernios parkavimo sistemos

Automobiliai stovėjimo vietas užima labai skirtingus laiko tarpus. Aptarnaujantis, taip pat keleivius dideliais kiekiais vežantis maršrutinis ir nemaršrutinis transportas dažniausiai stovi trumpą laiko tarpą, tačiau individualus žmonių transportas gatvėse dažniausiai važiuoja tik 1...2 valandas, o visą likusį paros laiką stovi aikštelėse. Pagal parkavimo aikštelėje trukmę galime skirti dvi jo rūšis [1]:

- Ilgalaikį parkavimą;
- Trumpalaikį parkavimą.

Įrengiant stovėjimo aikšteles visada yra svarbiau ne jos dydis, bet funkcionalumas. Jo kokybę nusako vienos transporto stovėjimo vietos apyvarta, t.y. skaičius automobilių, galinčių pasinaudoti ta vieta per tam tikrą laiko vienetą. Šis rodiklis bus tuo aukštesnis ir aikštelė našesnė, kuo trumpesnė stovėjimo trukmė [1]. Tačiau kartais kai kuriose įstaigose planuojama užtrukti trumpai, bet tenka ilgai laukti, todėl parkavimo vieta būna užimta neprognozuojamą laiko tarpą. Vieni automobiliai aikštelėje stovi 10...15 min, o kiti gali užtrukti ir visą dieną. Tokiais atvejais reikėtų įrengti modernias mechanines parkavimo sistemas, kurios užimtų nedidelius plotus, tačiau talpintų palyginus didelius automobilių kiekius. Bent jau darbuotojų automobiliai užimtų minimalų plotą parkavimo aikštelėje.

Vieni iš pagrindinių naujos kartos parkavimo sistemų ir įrengimų, leidžiantys efektyviau ir ekonomiškiau išnaudoti miestų teritorijas:

1. Paprastos nemechaninės aikštelės;
2. Bokštinis parkavimas – lifto tipo;
3. Cirkuliacinio tipo mechaniniai parkavimo įrengimai;
4. Parkavimas vežimėliais;
5. Dėlionės tipo parkavimas;
6. Rotacinis, statmenos bei horizontalios cirkuliacijos parkavimas;
7. Liftinio parkavimo sistema;

## 3. Skirtingų mechaninių bei nemechaninių aikštelių analizė

**Paprastos nemechaninės aikštelės.** Pagal Lietuvoje patvirtintus minimalius stovėjimo vietos matmenis paprastoje stovėjimo aikštelėje vienam automobiliui reikėtų beveik  $26,5 \text{ m}^2$  ploto statant viena eile ir beveik  $53 \text{ m}^2$  dviem automobiliams, o statant dviem eilėmis beveik  $38 \text{ m}^2$  dvejoms mašinoms. Šiuos duomenis palyginus su mechaninėmis parkavimo aikštelėmis, reikalingas plotas yra gana didelis, o jo paruošimui ir aikštelės įrengimui būtų išleidžiama daug lėšų, o įvertinus žemės kainą susidaro dar didesnės sumos. 2010 metais Panevėžio mieste stovėjimo aikštelės vieno kvadratinio metro įrengimo kaina svyruoja nuo 80 iki 85 litų.

3 lentelė

## Išmetamų nuodingų medžiagų kiekiai gramais

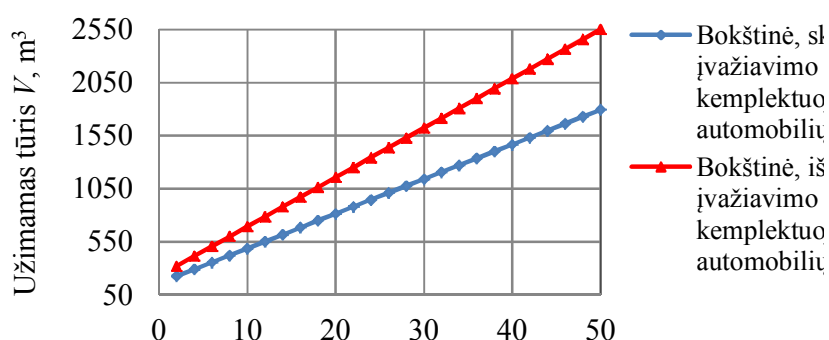
| Išmetamų nuodingų medžiagų kiekiai gramais, pravažius 100 metrų ir sudeginus 15 gramų kuro |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Anglies monoksidas                                                                         | 9 g     |
| Angliavandenilių                                                                           | 1,23 g  |
| Azoto oksidų                                                                               | 0,45 g  |
| Aldehidų                                                                                   | 0,23 g  |
| Viso nuodingų medžiagų                                                                     | 10,91 g |

Dar viena populiariųjų paprastų parkavimo aikštelių problema yra ta, jog ieškant laisvos parkavimo vietos kartais tenka nuvažiuoti netrumpą atstumą, kol randama kur pastatyti automobilį.

Tyrimo metu buvo nustatyta, kad net 1,8 l darbinio tūrio vidutinio dydžio automobilis, aikštelėje 100 m nuvažiuoja sunaudodamas vidutiniškai 0,015 kg kuro. Taigi, į aplinką išsiskiria anglies monoksidas (80%), angliavandeniliai (15%), azoto oksidas (5%), nedideli kiekiai švino, benzpireno ir kt. nuodingų medžiagų. Sudegus šiam kiekiui kuro išmetamų nuodingų medžiagų kiekiai gramais pateikti 3 lentelėje.

Atliekant tyrimą buvo nustatyta, kad norint užpildyti 10 vietų aikštelę automobiliai iš viso nuvažiuoja apie 190 m, kai jie statomi viena eile statmenai įvažiavimo kryptčiai, ir tokį pat atstumą išvažiuodami. Taigi iš viso nuvažiuojama apie 380 m. Be to, automobilių kaita labai skirtinga, taigi išmetami chemikalų kiekiai taip pat.

**Bokštinis parkavimas – lifto tipo.** Šio tipo parkavimo sistema gali talpinti iki 70 automobilių priklausomai nuo jos aukščio. Jai sumontuoti reikalingas nedidelis žemės plotas. Šiame parkavimo įrengime taikoma šakutės ir dėklo paėmimo ir padėjimo principas, siekiant sumažinti automobilio



1 pav. Bokštinių aikštelių sistemų talpumas pagal užimamą tūrį [3]

įvažiavimo ir išvažiavimo laiką. Sistemos efektyvumas stipriai priklauso nuo aukštų skaičiaus, o užimama vieta ant žemės dengia vos 3 automobilių užimtiną plotą, bei daugėjant aukštų skaičiui plotas nekinta.

Bokštinės aikštelės, kai automobiliai parkuojami išilgai įvažiavimo krypties, tūrio ir talpumo (t.y. automobilių skaičiaus) ryšio empirinė lygtis (žr. 1 pav.):

$$V = 46,41 N + 229,32 \quad \text{arba} \quad N = \frac{V - 229,32}{46,41};$$

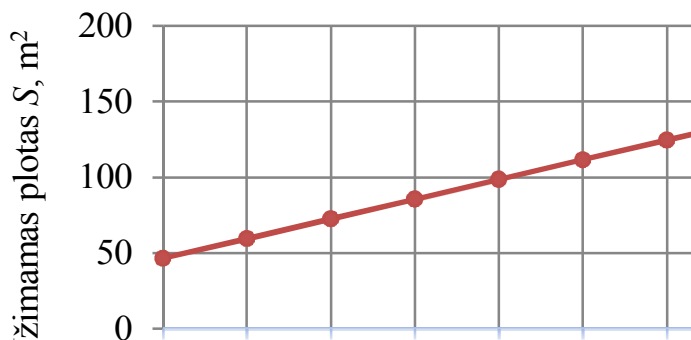
čia:  $N$  – talpinamų automobilių skaičius;  $V$  – užimamas aikštelės tūris,  $m^3$ .

**Cirkuliacinio tipo mechaniniai parkavimo įrengimai.** Šioje parkavimo sistemoje automobilių įvažiavimo keliantis liftas yra montuojamas įrengimo gale. Įvažiavimas į aikštelę gali būti įrengiamas tiek aikštelės viršuje, tiek apačioje. Taip pat sistema gali būti montuojama su automobilio apsukimo aikštele.

Cirkuliacinio tipo aikštelės ploto ir talpumo ryšio empirinė lygtis (žr. 2 pav.):

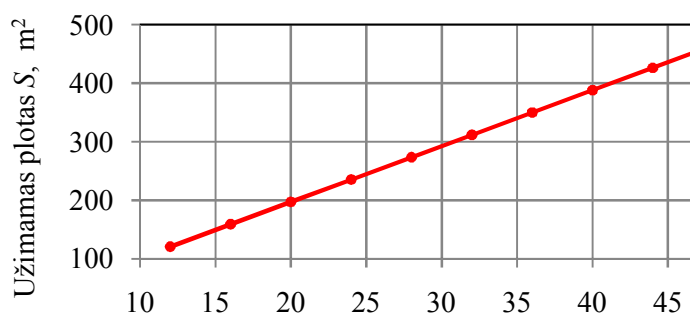
$$S = 6,51 N + 20,46 \quad \text{arba} \quad N = \frac{S - 20,46}{6,51};$$

čia  $S$  – užimamas aikštelės plotas,  $m^2$ .



2 pav. Cirkuliacinio tipo aikštelės talpumas pagal užimamą plotą [3]

**Parkavimo vežimėliais mechaninių įrengimų analizė bei palyginimai.** Parkavimo vežimėliais sistema gali būti sumontuojama tiek virš žemės paviršiaus, tiek po žeme. Viena įrengta sistema gali talpinti 60...70 automobilių. Automobilių skaičius reguliuojamas keičiant aukštų ir eilių kiekį įrengime. Tai viena iš didžiausių parkavimo sistemų. Joje vietų skaičius prasideda nuo 10 automobilių, o užimamas plotas – nuo 110  $m^2$ . Tai viena iš talpiausių siūlomų ir nagrinėjamų sistemų, kur 465  $m^2$  plote keturiais aukštais galima sutalpinti 96 automobilius.

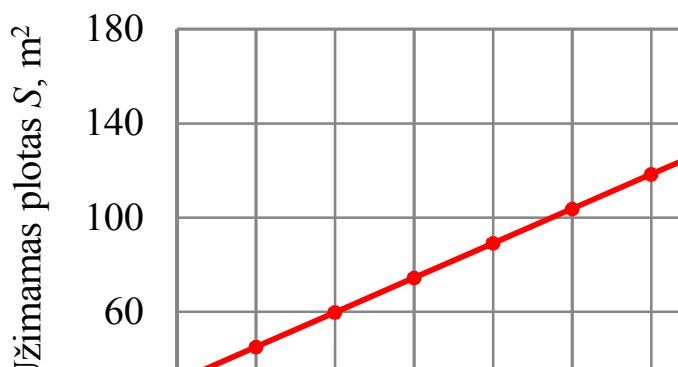


3 pav. Dviejų aukštų parkavimo vežimėliais (automobiliai parkuojami išilgai įvažiavimo krypties) sistemos talpumas pagal užimamą plotą [3]

Dviejų aukštų parkavimo vežimėliais (automobiliai parkuojami išilgai įvažiavimo krypties) sistemos ploto ir talpos ryšio empirinė lygtis (žr. 3 pav.):

$$S = 9,54 N + 6,48 \quad \text{arba} \quad N = \frac{S - 6,48}{9,54}.$$

**Dėlionės tipo parkavimo sistema.** Dėlionės tipo parkavimo sistema gali būti montuojama po žeme ir virš žemės. Būtent šio tipo dviejų aukštų dėlionės parkavimo sistema yra pakankamai didelė ir dažniausiai montuojama po žemėmis dėl paprasto jos įrengimo. Maksimalus naudingumas gali būti pasiekiamas sudarant tinkamą vietų kombinaciją ir funkcijas. Sistema gali turėti tiek įvažiavimų ir išvažiavimų, kiek yra automobilių eilių, o tai pagreitina automobilių kaitą aikštelėje. Maksimalus automobilio paėmimo laikas 2...3 lygių įrengime yra 60 s ir 4...5 lygių įrengime – 90 s.



4 pav. Dėlionės tipo parkavimo aikštelės talpumas pagal užimamą plotą [3]

Didinant įrenginio užimamą plotą automobilių vietų skaičių galima išplėsti iki 34 esant minimaliam labiausiai efektyviam konstrukcijos lygių skaičiui. Tačiau padidinus aikštelės lygių skaičių iki 5, jos talpumas ženkliai padidėja, tai yra tame pačiame 167 m<sup>2</sup> plote galima sutalpinti net 22 transporto priemonėmis daugiau.

Dėlionės tipo trijų lygių parkavimo sistemos ploto ir talpumo ryšio empirinė lygtis (žr. 4 pav.):

$$S = 4,88 N + 10,98 \quad \text{arba} \quad N = \frac{S - 10,98}{4,88}.$$

#### **Rotacinis, vertikalios bei horizontalios cirkuliacijos parkavimas.**

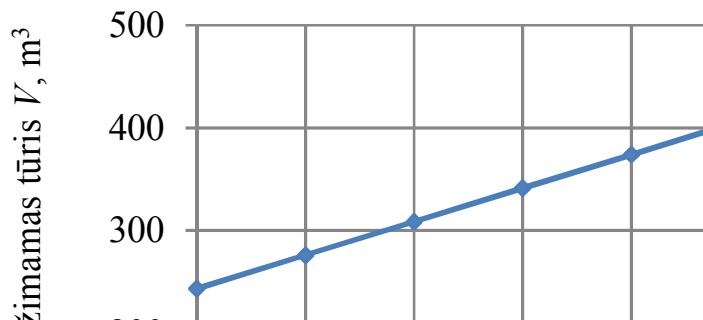
Rotacinė parkavimo sistema gali būti montuojama virš žemės ir po žeme, arba dalinai po žeme. Pagal montavimo pobūdį sistema yra skirstoma į vertikalaus ir horizontalaus judėjimo.

Vertikalaus cirkuliavimo sistema gali lengvai ir saugiai talpinti iki 20 automobilių, o sistemos paviršiaus plotas ant žemės užima tik dvi parkavimo vietas. Labai apribotoje aukščio ir ploto vietoje aikštelės dalį galima montuoti po žeme su automobilių įvažiavimo bei išvažiavimo anga sistemos viduryje.

Horizontalaus cirkuliavimo sistemos mechanizmas ir veikimo principas iš esmės nesiskiria, skiriasi tik tai, kad didžiausias automobilių judėjimas įrengime vyksta horizontaliai. Šis tipas pranašesnis vertikalios cirkuliavimo sistemos atžvilgiu tose vietose, kur stipriai ribotas aikštelių aukštis.

Rotacinės (vertikalios cirkuliacijos) parkavimo sistemos tūrio ir talpumo ryšio empirinė lygtis (žr. 5 pav.):

$$V = 32,67 N + 79,86 \quad \text{arba} \quad N = \frac{V - 79,86}{32,67}.$$



5 pav. Rotacinio tipo (vertikalios cirkuliacijos) parkavimo aikštelės talpumas pagal užimamą tūrį [3]



**Liftnio parkavimo sistema.** Mechaninis liftnis parkavimo įrengimas gali parkuoti tiek lengvuosius automobilius, tiek mažus vienatūrius. Tai vienas iš pigiausių įrengimų norint padidinti parkuojamų automobilių kiekį nedideliuose plotuose, namų kiemuose bei garažuose. Juo lengva naudotis, gali būti greitai išmontuojamas ir surenkamas kitoje vietoje. Vienas įrangos vienetas gali išplėsti parkavimo vietą nuo 1 iki 2 automobilių. Įrengimą galima sumontuoti vos 14 m<sup>2</sup> plote. Vienas šio įrenginio trūkumas – viršuje pakeltą automobilį galima nuleisti ant žemės tik išvirus apačioje stovintį automobilį.

#### 4. Išvados

Atsižvelgiant į šiuolaikinį automobilių kiekio didėjimą būtina reaguoti į parkavimo vietų poreikio augimą. Miestų centrai ir senamiesčiai tankiai užstatyti pastatais, o pravažiuojimai ir gatvės tarp jų labai siauri. Tokiose miestų dalyse stovėjimo vietų poreikis yra ypač didelis, o naujų aikštelių įrengimui vietos nėra. Be to, laisvi plotai turi didelę vertę, todėl plečiant aikšteles pravartu žinoti, jog automobilių parkavimo vietos gali užimti mažesnius plotus. Kai kuriais atvejais, kur žemės kainos didelės, nagrinėtų tipų mechaninių aikštelių įrengimas kainuos pigiau nei įprastos aikštelės, o naudingumas viršys kelis kartus. Palyginus su paprastomis stovėjimo aikštelėmis, modernūs mechaniniai įrenginiai užima labai mažai vietos, o gali parkuoti nemažai mašinų, priklausomai nuo tipo. Be to tokio tipo parkavimo mechanizmai saugo aplinką, taupo laiką ir kurą.

#### Literatūra

1. **Burinskienė M., Jakovlevas–Mateckis K., Adomavičius V.** ir kt. Miesto tvarka. – Vilnius, 2000. – 449 p.
2. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas „Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 1999 m. kovo 2 d. įsakymo Nr. 61 „Dėl STR 2.06.01:1999 „Miestų, miestelių ir kaimų susisiekimo sistemos“ patvirtinimo“ pakeitimo“. 2009 m. lapkričio 3 d. Nr. D1-652.
3. Wöhr auto park systeme. Prieiga per internetą: <<http://www.woehr.de/en/produkte/parksafe/580.php>> [žiūrėta 2010-08-04].

## SIJOS STANDUMO LENKIMUI NUSTATYMO METODAS NAUDOJANT RIBOTUS ĮLINKIO MATAVIMUS

V. Kleiza, J. Tilindis

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** sijos standumas, atvirkštinis uždavinys, įlinkis.

### 1. Įvadas

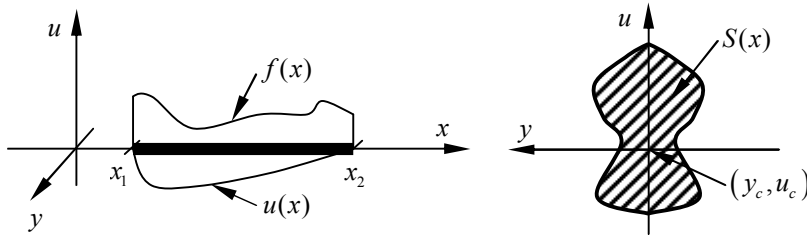
Sijos, kurios standis lenkimui *a priori* nežinomas, standžio radimo uždavinys suvestas į atvirkštinį (koeficientinį) uždavinį antros eilės diferencialinių lygčių sistemai. Siūlomas skaičiavimo metodas pagrįstas tiesioginio modelinio uždavinio sprendimu, gaunant tikslą (analitinį) arba, kai tai neįmanoma, sprendžiant tiesioginį uždavinį baigtinių skirtumų metodu ir išreiškiant atvirkštinio uždavinio sprendinį per tiesioginio uždavinio sprendinį. Atlikta eksperimento duomenų (sijos įlinkių) paklaidų kompiuterinė imitacija atsitiktiniais dydžiais, turinčiais normalųjį skirstinį su nuliniu vidurkiu ir valdoma dispersija. Viena iš atvirkštinio uždavinio sprendimo etapų naudojama nestabili (eksperimento duomenų paklaidų atžvilgiu) skaitmeninio diferencijavimo procedūra, todėl čia panaudotas regularizacijos metodas.

Sprendžiant atvirkštinį uždavinį priimama, kad lenkiama sija, aprašoma Euler-Bernoulli modeliu, o nežinomieji standumas ir skerspjuvio geometrija yra kintami dydžiai, bet priklauso tik nuo sijos ašinės koordinatės. Toks atvirkštinis uždavinys yra aktualus, atsižvelgiant į konstrukcinio elemento senėjimo procesus, t. y. į tai, kad įvairių medžiagų (gelžbetonio, kompozitų, plastikų ir kt.), kurių stiprumo ir tamprumo parametrai keičiasi eksploatacijos metu. Parodyta, kad išmatavus sijos įlinkius (jie bet koku atveju bus išmatuoti kaip diskretiniai dydžiai atitinkamuose sijos taškuose, ir turint tinkamą matematinį modelį, galima apskaičiuoti sijos standumą.

**Darbo tikslas:** sukurti patikimą ir pagrįstą sijos standumo lenkimui nustatymo metodą, naudojant ribotus įlinkio matavimus atitinkamuose sijos taškuose.

## 2. Sijos matematinis modelis

Nusakysime sijos, kaip šiame darbe tiriamo objekto sąvoką. Sija tai pakankamai standus, siauras ir tamprus kūnas. Siaurumas čia suprantamas ta prasme, kad skersiniai sijos matmenys ženkliai mažesni už išilginius, o pakankamas standis, ta prasme, kad skersinės apkrovos išdavoje sijos įlinkiai ženkliai mažesni už didžiausią sijos skerspjūvio matmenį. Nedeformuotos sijos ašį (skerspjūvių svorio centrų geometrinę vietą) visada laikysime tiese, o pačią siją – objektu besipriešinančiu tik lenkimui, t. y. apkrovoms keičiančiomis jos kreivę, be to priimsime, kad deformuotos sijos skerspjūviai lieka plokščiais (nėra deplanacijos) ir išlieka statmeni į sijos ašį. Šiame poskyryje, atsižvelgę į išvardintas prielaidas, pateiksime sijos apkrautos apkrova statmena jos ašiai, įlinkių matematinį modelį.



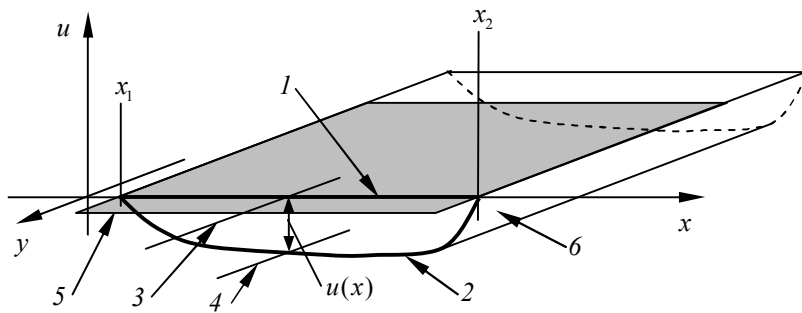
1 pav. Tiriamos sijos geometrija

Tarkime, kad sija (1 pav.) išdėstyta išilgai ašies  $Ox$  tarp taškų  $x_1$  ir  $x_2$  ( $x_1 < x_2$ ). Vertikaliąją sijos taško slinktį su abscise  $x$  žymėsime  $u(x)$ , o ašies  $Ou$  nukreiptos į viršų kryptį laikysime teigiama. Be to, apsiribosime tik plokščiojo lenkimo atveju (visos apkrovos išdėstytos plokštumoje  $xOu$  ir statmenos ašiai  $Ox$ ).

Tirsime sijas, kurių tamprumo modulis  $E(x) > 0$  (priklauso tik nuo  $x$ ), o jos skerspjūvis plokščia sritis  $S(x)$  turinti simetrijos plokštumą  $xOu$ .

Tada statiniai momentai  $s_y = \iint_{S(x)} u dy dx = 0$  ir  $s_u = \iint_{S(x)} y dy dx = 0$ , todėl

kiekvieno sijos skerspjūvio svorio centro koordinatės  $y_c = 0$  ir  $u_c = 0$ ,  $x_1 \leq x \leq x_2$  nepriklauso nuo  $x$ , o nedeformuotos sijos skerspjūvių neutralusis sluoksnis sutampa su plokštumą  $xOy$ , o deformavus ją – tampa cilindrinio paviršiumi (2 pav.), kurio sudaromosios lygiagrečios  $y$  ašiai ir šis paviršius eina per plokštumoje  $xOu$  esančią kreivę  $u = u(x)$ . Tada skerspjūvio, kurio abscisė  $x$ , inercijos momentas neutraliosios ašies atžvilgiu yra  $x$ -o funkcija



2 pav. Neutraliųjų paviršių išsidėstymas. 1, 2 – nedeformuota ir deformuota sijos; nedeformuotos sijos: 3 – neutralioji ašis, 5 – neutralusis paviršius; deformuotos sijos: 4 – neutralioji ašis, 6 – neutralusis paviršius

$$J(x) = \iint_{S(x)} u^2 du dx,$$

o sijos standis lenkimui  $k(x) = E(x)J(x) > 0$ .

Jei siją veikia intensyvumo  $f(x)$  sloginys, esantis plokštumoje  $xOu$  ir siją laisvai atremta takuose  $x_1$  ir  $x_2$  (2 pav.), tai matematinis modelis nusakantis jos įlinkius  $u(x)$  – tai kraštinis uždavinys antros eilės diferencialinių lygčių sistemai [1]:

$$\begin{cases} \frac{d^2 M}{dx^2} = f(x), \\ M(x_1) = 0, M(x_2) = 0, \\ \frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{M}{k(x)}, \\ u(x_1) = 0, u(x_2) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

### 3. Tiesioginio uždavinio sprendimo metodai

#### 3.1. Analitinis tiesioginio uždavinio sprendimo metodas

Pirmiausiai ištirsime sistemą (1) kokybiškai, t. y. nustatysime jos sprendinio svarbiausias savybes nespęsdami pastarosios. Tai būtina atvirkštinio uždavinio sprendimui. Jei funkcijos  $f(x)$  ir  $k(x) > 0$  tolydinės intervale  $[x_1, x_2]$ , tai kraštinio uždavinio (1) sprendinys  $M(x)$ ,  $u(x)$  egzistuoja ir yra vienintelis [2]. Be to nesunku įrodyti:

**1 Teiginys.** Jei  $f(x) > 0$ , tai intervale  $(x_1, x_2)$ :  $M(x)$  iškila į apačią ir  $M(x) < 0$ , o  $u(x)$  iškila į viršų ir  $u(x) > 0$ , todėl intervale  $(x_1, x_2)$  funkcijos  $M(x)$  ir  $u(x)$  nevirsta nuliui. Intervale  $(x_1, x_2)$  egzistuoja vienintelis  $M(x)$  minimumas ir vienintelis  $u(x)$  maksimumas.

**2 Teiginys.** Jei  $f(x) < 0$ , tai intervale  $(x_1, x_2)$ :  $M(x)$  iškila į viršų ir  $M(x) > 0$ , o  $u(x)$  iškila į apačią ir  $u(x) < 0$ , todėl intervale  $(x_1, x_2)$  funkcijos  $M(x)$  ir  $u(x)$  nevirsta nuliui. Intervale  $(x_1, x_2)$  egzistuoja vienintelis  $M(x)$  maksimumas ir vienintelis  $u(x)$  minimumas.

**3 Teiginys.** Jei  $f(x)$  intervale  $(x_1, x_2)$  virsta nuliu tik taške  $x^*$ , tai kiekviena iš funkcijų  $M(x)$  ir  $u(x)$  intervale  $(x_1, x_2)$  virsta nuliu tik viename taške.

**4 Teiginys.** Jei  $f(x)$  intervale  $(x_1, x_2)$  virsta nuliu tik taške  $x^*$ , tai kiekviena iš funkcijų  $M(x)$  ir  $u''(x)$  intervale  $(x_1, x_2)$  virsta nuliu tik viename ir tame pačiame taške  $x^*$ , t. y.  $M(x^*) = u''(x^*) = 0$ .

**5 Teiginys.** Jei bet kuriame intervalo  $[x_1, x_2]$  taške  $x^*$ ,  $M(x^*) = 0$  tai

$$\lim_{x \rightarrow x^*} \frac{M(x)}{u''(x)} = k(x^*) > 0, x_1 \leq x^* \leq x_2. \quad (2)$$

Dabar rasime sistemos (1) analitinį sprendinį tenkinantį kraštines sąlygas  $M(x_1) = M(x_2) = u(x_1) = u(x_2) = 0$ . Turime [3]

$$M(x) = \int_{x_1}^x (x-s)f(s)ds - \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \int_{x_1}^{x_2} (x_2-s)f(s)ds, \quad (3)$$

$$u(x) = \int_{x_1}^x (x-s) \frac{M(s)}{k(s)} ds - \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \int_{x_1}^{x_2} (x_2-s) \frac{M(s)}{k(s)} ds. \quad (4)$$

### 3.2. Skaitmeninis tiesioginio uždavinio sprendimo metodas

Gautas analitinis kraštinio uždavinio sprendinys (3), (4) ne visada taikytinas praktikoje, nes gauti integralai ne visada gali būti išreikšti per elementariąsias funkcijas, todėl būtinas koks nors universalus tiesioginio uždavinio sprendimo metodas.

Žemiau pateikiame baigtinių skirtumų metodą [4]. Intervale  $[x_1, x_2]$  sudaromas tolygus  $n+1$  taško tinklas

$$x_i = x_1 + hi, h = L/n, L = x_2 - x_1, i = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Pirmasis iš (1) kraštinis uždavinys aproksimuojamas skirtuminiu

$$\begin{cases} Y_0 = M_1, \\ Y_{i-1} - 2Y_i + Y_{i+1} = h^2 f(x), \quad n = 1, 2, 3, \dots, n-1, \\ Y_n = M_2. \end{cases} \quad (6)$$

Čia  $Y_i = M_h(x_i)$  - nežinomieji. Gavome  $n+1$  eilės tiesinių lygčių sistemą (6) su trijų įstrižainių matrica  $A$ , kurios nenuliniai elementai lygūs

$$\begin{cases} a_{00} = 1 \\ a_{i(i-1)} = 1 \\ a_{ii} = -2 \\ a_{(i+1)i} = 1 \\ a_{nn} = 1 \end{cases} \quad i = \overline{1, n-1} \quad (7)$$

ir dešiniąją dalimi  $B_M$ , kurios elementai

$$\begin{cases} b_0 = M_1, \\ b_i = h^2 f(x_i), \quad i = \overline{1, n-1}, \\ b_n = M_2. \end{cases} \quad (8)$$

Jei sistema (6) išspręsta ir jos sprendinys  $M_h(x_i)$  (funkcijos  $M(x)$  artinys), tai  $M_h(x_i)$  rastas visose tinklo (5) taškuose, todėl galime rasti funkcijos  $u(x)$  artinį  $u_h(x_i)$ , vėl naudojant baigtinių skirtumų metodą ir spręsdami antrąjį kraštinį uždavinį iš (1)

$$\begin{cases} \frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{M(x)}{k(x)}, \\ u(x_1) = u(x_2) = 0, \end{cases} \quad (9)$$

nes  $M(x)$  jau rasta tinkle (5), o atitinkantis skirtuminis uždavinys naudoja funkcijos vertes tik tinkle (5). Šiuo atveju gauname tiesinių lygčių sistemą su ta pačia trijų įstrižainių matrica (7) ir dešiniąją dalimi  $B_u$ , kurios elementai lygūs

$$\begin{cases} b_0 = U_1, \\ b_i = h^2 \frac{M_h(x_i)}{k(x_i)}, \quad i = \overline{1, n-1} \\ b_n = U_2. \end{cases} \quad (10)$$

Įrodyta [4], kad sistemų (6), (8) ir (6), (10) sprendiniai egzistuoja ir konverguoja į sistemos (1) sprendinį, t. y.

$$\lim_{h \rightarrow 0} M_h(x_i) = M(x_i), \lim_{h \rightarrow 0} u_h(x_i) = u(x_i)$$

kiekviename tinklo (5) taške.

Pastebėtina, kad matrica (7), turi savitą struktūrą: jos eilė lygi  $n + 1$ , ji trijų įstrižainių, t. y. jos nulinių elementų skaičius  $(n + 1)^2 - (n + 1) - 2n$ . Atsižvelgiant į tai, kad norint pasiekti pakankamą skirtuminio sprendinio tikslumą reikia spręsti sistemas, kurių skaičius  $n$  siekia tūkstančius, todėl klasikiniai sprendimo metodai (*Cramer*, *Gauss*, atvirkštinės matricos ir kt.) yra neefektyvūs. Tokioje situacijoje naudotinas, gerai žinomas, perkelties metodas [4].

Tinklo žingsnis  $h$  parenkamas taip, kad būtų pasiekta pasirinkta skirtuminio sprendinio absoliučioji paklaida  $\varepsilon > 0$ . Skaičiavimai atliekami pagal monotoniškai mažėjančią žingsnių seką  $h_i \rightarrow 0$ . Tegul  $\bar{M}_{h_i}(x)$  ir  $\bar{u}_{h_i}(x)$  funkcijų  $M_{h_i}(x_i)$  ir  $u_{h_i}(x_i)$  tiesinės interpoliacijos per tinklo taškus, tada žingsnis  $h_N$  parenkamas taip, kad galiotų nelygybės

$$\max_{0 \leq i \leq N} |\bar{M}_{h_N}(x_i) - \bar{M}_{h_{N-1}}(x_i)| < \varepsilon, \max_{0 \leq i \leq N} |\bar{u}_{h_N}(x_i) - \bar{u}_{h_{N-1}}(x_i)| < \varepsilon.$$

#### 4. Atvirkštinis uždavinys

##### 4.1. Analitinis atvirkštinio uždavinio sprendimo metodas

Jei žinomi tiesioginio uždavinio (1) sprendiniai  $M(x)$  ir  $u(x)$ , tai galioja

$$k(x) = \frac{M(x)}{u''(x)} \quad (11)$$

ir atvirkštinis uždavinys išspręstas, jei tik  $u''(x) \neq 0$ , nes  $0 < k(x) < +\infty$ . Tačiau, pasiremdami *teiginiu 5*, galime funkcijos  $u(x)$  atstatymui naudoti ir tuos taškus, kuriuose  $u''(x) = 0$ .

Pastebėsime, kad realioje situacijoje sprendžiant atvirkštinį uždavinį funkcija  $u(x)$  yra žinoma tik baigtinėje intervalo  $[x_1, x_2]$  taškų aibėje (eksperimento duomenys), todėl analitinis atvirkštinio uždavinio sprendimo būdas praktinėje situacijoje tampa nepriimtiniu, todėl žemiau pateikiame tik modelinį pavyzdį, kuriame ieškoma funkcija  $k(x)$  randama tiksliai.

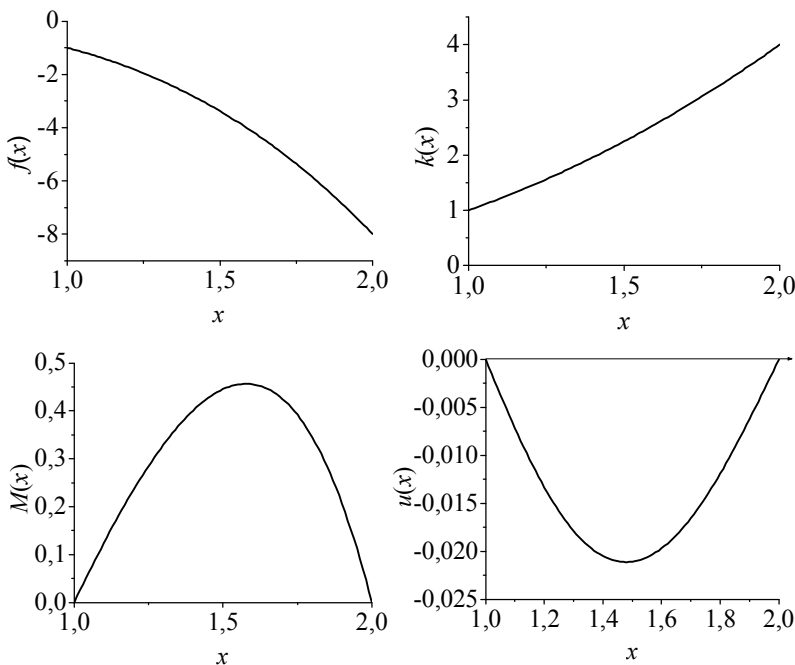
Tirsime laisvai atremtą siją su parametrais: apkrova  $f(x) = -x^3$ , atramos taškų koordinatės  $x_1 = 1, x_2 = 2$ , standumas lenkimui  $k(x) = x^2$ . Tikslus tiesioginio uždavinio sprendinys (3 pav.) lenkimo momentas:

$$M(x) = \frac{31x}{20} - \frac{x^5}{20} - \frac{3}{2},$$

$$\text{sijos įlinkiai: } u(x) = \frac{31x}{400} + \frac{23 \ln 2}{5} + \frac{3 \ln x}{2} - \frac{23x \ln 2}{5} - \frac{x^5}{400} + \frac{31x \ln x}{20} - \frac{3}{40},$$

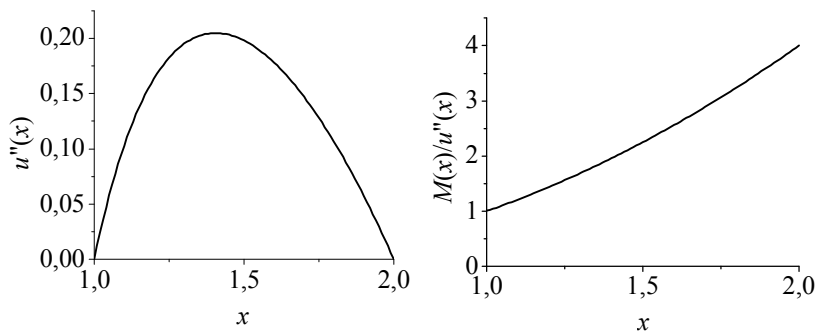
$$\text{sijos įlinkių antroji išvestinė } \frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{x^5 - 31x + 30}{20x^2}.$$

Šiame pavyzdyje funkcija  $k(x)$ , pagal išraišką (11), atstatoma tiksliai, išskyrus taškus  $x_1 = 1, x_2 = 2$ , kuriuose  $u''(x) = 0$ , todėl minėtuose taškuose naudota (2):  $k(x_1) = \lim_{x \rightarrow x_1} \frac{M(x)}{u''(x)} = 1, k(x_2) = \lim_{x \rightarrow x_2} \frac{M(x)}{u''(x)} = 4$ : (4 pav.).



3 pav. Tiesioginio uždavinio analitinis sprendinys





4 pav. Atvirkštinio uždavinio analitinis sprendinys

#### 4.2. Atvirkštinio uždavinio sprendimo metodo realizacija realioje situacijoje

Atvirkštiniame uždavinyje funkcijos  $f(x)$  ir  $u(x)$  ( $\tilde{u}_h(x_i)$  – eksperimento duomenys) yra žinomos, o funkcija  $k(x)$  – nežinoma. Išsprendus pirmąjį tiesioginį uždavinį iš (1), funkcija  $M(x)$  taip pat tampa žinoma.

Žemiau patiekiamo atvirkštinio uždavinio skaitmeninio sprendimo metodo etapus tinkle (5):

1. Analitiniu arba skirtuminiu būdu randama funkcija  $M(x)$ , tada ji tampa žinoma jau bent tinkle (5), t. y.  $M_h(x_i)$ ;
2. Pagal eksperimento duomenis  $\tilde{u}_h(x_i)$ , pasirinkus skaitmeninio diferencijavimo būdą, skaičiuojama jos antroji išvestinė:  $\tilde{u}_h''(x_0) = 0$ ,  $\tilde{u}_h''(x_{n+1}) = 0$ ,  $\tilde{u}_h''(x_i) = [\tilde{u}_h(x_{i-1}) - 2\tilde{u}_h(x_i) + \tilde{u}_h(x_{i+1}))]/h^2$ ,  $i = \overline{0, n-1}$ ;
3. Randamas atvirkštinio uždavinio skaitmeninis sprendinys  $k(x_i) = M_h(x_i)/\tilde{u}_h''(x_i)$ ,  $i = \overline{0, n-1}$ .

Realioje situacijoje atsiranda esminių faktorių trukdančių tiesiogiai naudotis 3.1 poskyryje įrodytais teiginiais. Išvardinsime juos:

1. Eksperimento duomenys  $\tilde{u}_h(x_i)$  žinomi tik tinklo (5) taškuose ir tik su tam tikra absoliutine paklaida  $\varepsilon_\sigma = \max_i |\tilde{u}_h(x_i) - u(x_i)|$ ;
2. Skaitmeninio diferencijavimo procedūra nestabili minėtoms paklaidoms ir priklauso nekorektiškų uždavinių klasei [5].

Žemiau atliktas eksperimento duomenų  $\tilde{u}_h(x_i)$  paklaidų įtakos į funkcijos  $k(x_i)$  atstatymo tikslumą tyrimas. Tai realizuota pakeičiant eksperimento duomenis  $\tilde{u}_h(x_i)$  suma

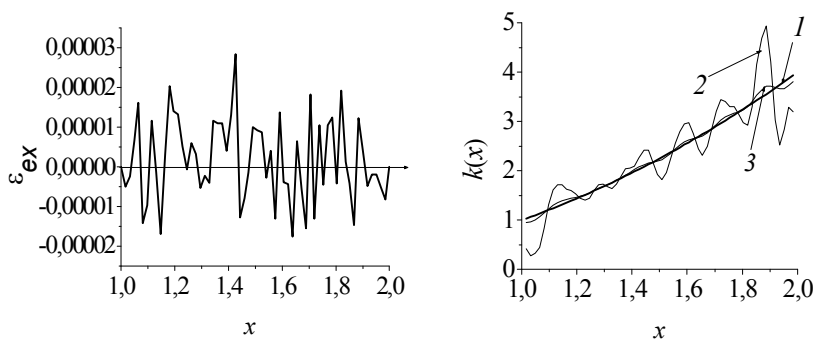
$$\tilde{u}_h(x_i) = u(x_i) + \varepsilon_\sigma(x_i). \quad (12)$$

Čia  $u(x_i)$  tikslios funkcijos  $u(x_i)$  reikšmės, gautos sprendžiant tiesioginį modelinį uždavinį, o  $\varepsilon_\sigma(x_i)$  modeliuoti atsitiktiniai dydžiai, turintys normalųjį skirstinį su nuliniu vidurkiu ir pasirinkta (skaitiniame eksperimente) dispersija  $\sigma$ . Toks realaus eksperimento imitacijos būdas įgalina stebėti eksperimento duomenų  $\tilde{u}_h(x_i)$  paklaidų įtaką galutiniam rezultatui ir yra artimas realiai situacijai. Kad išvengti paklaidų, kurias įneša skaitmeninio diferencijavimo procedūra, žemiau naudojami du paklaidų stabilizavimo metodai [5]: mažiausių kvadratų metodas (MKM) ir vidurkinimo metodas (VM). Naudojant MKM metodą, eksperimento duomenys  $\tilde{u}_h(x_i)$  tinklo (5) taškuose  $i, i = \overline{1, n-1}$  pakeičiami į

$$\hat{v}_h(x_i) = a_i x_i + b_i; \quad (13)$$

čia  $a_i x + b_i$  tiesinės regresijos per taškus  $(x_{i-1}, \tilde{u}_h(x_{i-1})), (x_i, \tilde{u}_h(x_i))$  ir  $(x_{i+1}, \tilde{u}_h(x_{i+1}))$  tiesės lygtis. VM metodas panaudotas, skaitmeninio diferencijavimo (skaičiuojant skaitmeninę antrąją duomenų (13) išvestinę) paklaidų stabilizavimui, t.y. skaitmeninė išvestinė  $\hat{v}_h''(x_i)$  tinklo (5) taškuose  $i, i = \overline{1, n-1}$  pakeičiama į

$$V_h''(x_i) = \frac{\hat{v}_h''(x_{i-1}) + \hat{v}_h''(x_{i+1}))}{2}. \quad (14)$$



5 pav. Imituoto eksperimento absoliutinė paklaidos  $\varepsilon_{ex}$  ir standžio  $k(x)$  skaičiavimo rezultatai. Standžio  $k(x)$  reikšmės: 1 – tikslios; 2 – skaičiuotos; 3 – skaičiuotos taikant MKM ir VM metodus

Skaičiavimo rezultatai pavyzdžiui pateiktam poskyryje 4.1 parodyti 5 pav. Eksperimento imitacijai pasirinkta dispersija  $\sigma = 10^{-5}$ , tinklo (5) žingsnis  $h = 0.016$ , ( $n = 61$ ). 5 pav. pateiktos imituoto eksperimento absoliutinės paklaidos ir atvaizduoti atvirkštinio uždavinio sprendiniai. Čia 1 kreivė – tikslus atvirkštinio uždavinio sprendinys, 2 kreivė – artutinis sprendinys gautas nenaudojant regularizacijos (13), (14) ir 3 kreivė – artutinis regularizuotas sprendinys.

## 5. Išvados

1. Pateiktas lenkiamos kintamo standžio sijos, kurios standis *a priori* nežinomas, standžio skaičiavimo uždavinio sprendimo metodas, naudojantis sijos įlinkių eksperimentinius duomenis.
2. Atlikta eksperimentinių duomenų statistikinė imitacija.
3. Pasiūlytas nekorektiško uždavinio regularizacijos algoritmas.

## Literatūra

1. **Fripp A. L.** et al. Just-In-Time Math for Engineers // Elsevier Science (USA). ISBN 0-7506-7535-7. 2003. – 347 p.
2. **Howell P.** et al. Applied Solid Mechanics // Cambridge University Press, New York. ISBN 978-0-251-67109-5. 2009. – 452 p.
3. **Brown M.** Differential Equations and Their Applications // Springer-Verlag. New York. ISBN 3-540-97894-1. 1993. – 579 p.
4. **Samarskii A. A.** The Theory of Difference Schemes // Dekker Incorporated, Marcel. ISBN 0-8247-0468-1. 2001. – 552 p.
5. **Тихонов А. Н., Арсенин В. Я.** Методы решения некоректных задач // Наука. – М., 1974. – 223 с.

## **AUTOMOBILIO GREIČIO ĮTAKA SAUGIAM EISMUI. GREIČIO KONTROLĖ**

**V. Ramaškaitė, A. Tautkus**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** greitis, automobilis, virtimas, slydimas.

### **Įvadas**

Saugų eismą keliais veikia daug komponentų: eismo dalyvis, transporto priemonė, kelias ir jį supanti aplinka. Visi šie komponentai daro vienodą įtaką saugiam eismui. Įtaką daro ir šalies ekonomika, gyventojų supratimas apie saugų eismą, valstybės finansavimas, visuomeninių institucijų požiūris į saugaus eismo sprendimo problemas.

Eismo saugumo rodiklių gerinimas turi būti vienas pagrindinių uždavinių visoms pasaulio šalims. Daugelis šalių pripažįsta, kad gerinant eismo saugumo situaciją, reikia įvertinti visos transporto sistemos sąveiką. Eismo saugumui gerinti įtaką daro šviečiamosios, teisinės ir inžinerinės priemonės.

Greičio viršijimas yra vienas iš dažniausių Kelių eismo taisyklių pažeidimų ir viena iš svarbiausių eismo įvykių priežasčių. Reikia sugebėti pasirinkti saugų greitį, nes dažnai vairuotojai neteisingai įvertina situaciją ir laiku nesumažina greičio iki reikiamos ribos, kad būtų saugu vairuoti.

### **1. Eismo saugumą didinantys inžineriniai įrengimai**

Pastaraisiais metais šalyje įdiegta ir kasdien diegiama gausybė inžinerinių priemonių: statomi viadukai, rekonstruojamos pavoingos sankryžos, įrengiami apsauginiai atitvarai, apšviečiami pavojingi ruožai, renčiamos metalinio tinklo tvoros nuo laukinių gyvūnų. Paprasčiausi transporto priemonių eismo saugumą didinantys įrenginiai yra apsauginiai atitvarai, kurie naudojami ne tik užmiesčio keliuose, bet ir miestų gatvėse. Atitvarai naudojami tose gatvės vietose, kur netikėtai transporto priemonei išvažiavus už gatvės važiuojamosios dalies krašto padariniai gali būti sunkesni negu jai susidūrus su atitvaru.

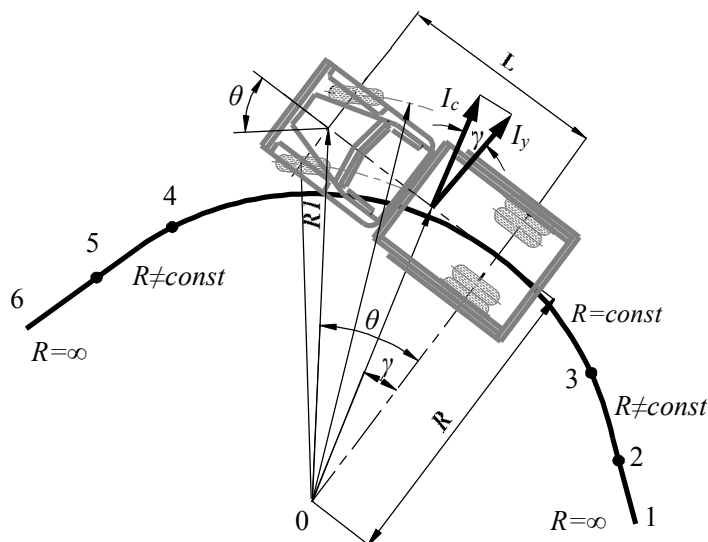
Tyrimais įrodyta, kad greičio mažinimo kalneliai – viena iš efektyviausių priemonių sumažinti automobilių greitį. Jie diegiami tose

vietose, kur greičio viršijimas kelia pavojų pėstiesiems. Greičio mažinimo kalneliai gali būti naudojami ir tam tikrų transporto priemonių greičio mažinimui (pvz., mažinti lengvųjų automobilių, bet ne autobusų greitį).

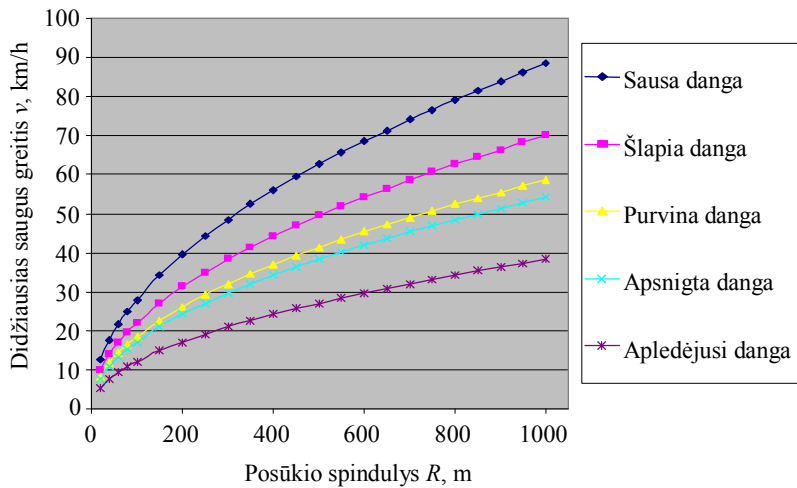
Inžinerinių sprendimų bendrovė „Fima“ baigė didžiausią iki šiol Lietuvoje greičio matuoklių diegimo projektą, finansuojamą Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos. Iš viso valstybiniuose keliuose greitį dabar fiksuoja 151 stacionarus įrenginys bei važinėja 12 kelių patrulių mašinų su mobiliaisiais greičio matuokliais. Sumontuoti stacionarus greičio matuokliai su fotografavimo įranga vienu metu fiksuoja kiekvienos važiuojančios transporto priemonės laiką, važavimo greitį, kryptį bei klasę. Nuotraukoje yra aiškiai matomas vairuotojo veidas, bendras transporto priemonės vaizdas ir jos valstybinio numerio ženklas, kuris automatiškai įtraukiamas į suformuotą pažeidimo bylą. Techniniai prietaisų parametrai: įranga veikia nuo  $-32^{\circ}\text{C}$  iki  $+50^{\circ}\text{C}$  temperatūroje. Greičio matavimo paklaida, kai greitis siekia 100 km/val., yra iki 3% [4].

## 2. Automobilio judėjimas kelio posūkyje

Automobilio stovumas yra jo savybė išlaikyti norimus važavimo parametrus. Stovintį automobilį veikia jo svorio jėga, o važiuojantį dar ir judėjimo varžos. Labai svarbu, kad automobilio trajektorija atitiktų vairuojamųjų ratų pasukimo kampą, kad veikiant skersinėms jėgoms, automobilis neslystų į šoną [3].



1 pav. Automobilio judėjimo posūkyje skaičiavimo schema



2 pav. Greičio priklausomybė nuo spindulio  $R$  ir kelio dangos

Greičio priklausomybė nuo posūkio spindulio  $R$  apskaičiuojama, km/h [1]:

$$v_{kr} = 3,6 \sqrt{\frac{g L \varphi}{\operatorname{tg} \theta}} = \sqrt{127 R \varphi} ; \quad (1)$$

čia:  $L$  – automobilio bazė, m;  $\varphi$  – padangų kibumo koeficientas;  $\theta$  – valdomų ratų posūkio kampas, rad;  $R$  – posūkio spindulys, m.

Atlikau skaičiavimus pagal (1) formulę, buvo apskaičiuotas automobilio kritinis greitis. Galime daryti išvadą, kad kuo didesnis spindulys, tuo didesnis leidžiamas greitis, o kuo prastesnė kelio danga tuo mažesnis greitis.

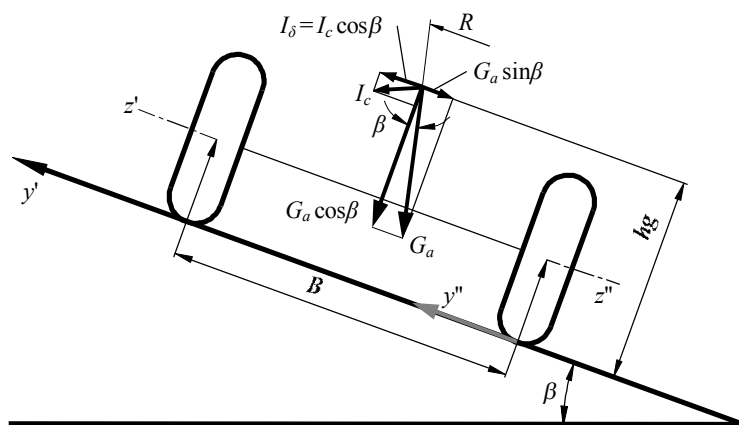
### 3. Automobilio stabilumas posūkyje

Norint padidinti automobilio, judančio kreivės ruožu, stabilumą, rengiamas viražas. Viražu vadiname važiuojamosios dalies vienšlaičio nuolydžio ruožo įrengimą su nuolydžiu į kreivės vidų. Rengiamas dėl važiavimo patogumo, automobilio stabilumo ir eismo saugos kreivėse [2].

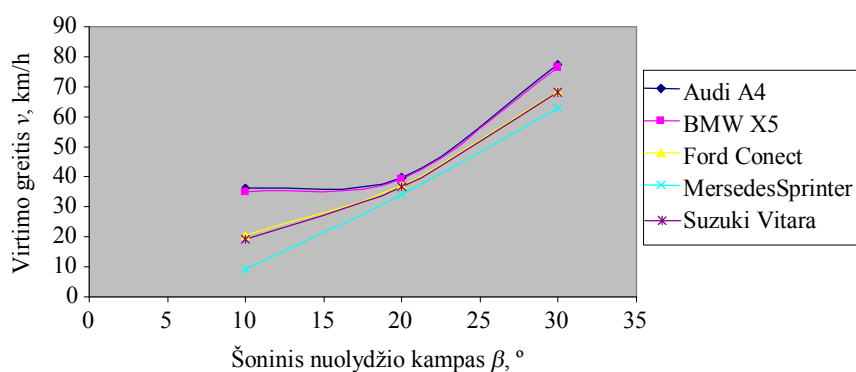
Maksimalus greitis prie kurio automobilis virsta, km/h [1]:

$$v_{ap} = 3,6 \eta_k \sqrt{\frac{B - 2 h_g \operatorname{tg} \beta}{2 h_g + B \operatorname{tg} \beta} g R} ; \quad (2)$$

čia:  $h_g$  – automobilio aukštis iki svorio centro, kg;  $\eta$  – koeficientas, įvertinantis skersinį slydimą;  $B$  – automobilio plotis, m.



3 pav. Automobilio judėjimo posūkyje, kuris turi skersinį nuolydį schema



4 pav. Greičio priklausomybė nuo transporto priemonės tipo, prie skirtingų nuolydžio kampų  $\beta$

Atlikau skaičiavimus pagal (2) formulę. Iš 5 pav. matyti, kad kuo didesnis nuolydžio kampas, tuo didesnio greičio reikia, kad automobilis apsiverstų. Be to greičiui įtakos turi transporto priemonių svorio centrai, kuo jie didesni, tuo mažesnis apsivertimo greitis.

#### 4. Automobilio slydimo greičio skaičiavimas

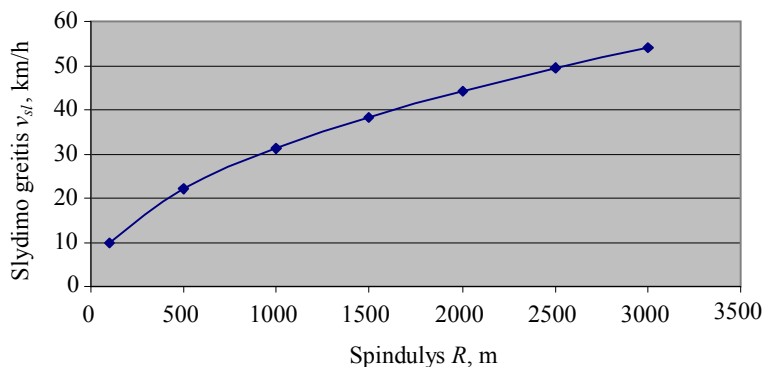
Važiuojant automobiliu yra kritinis greitis, kurį pasiekus prasideda slydimas. Slydimą įtakoja automobilio greitis, sukibimas su keliu, važiavimo kreivės spindulys.

Greitis prie kurio prasideda slydimas, km/h [1]:

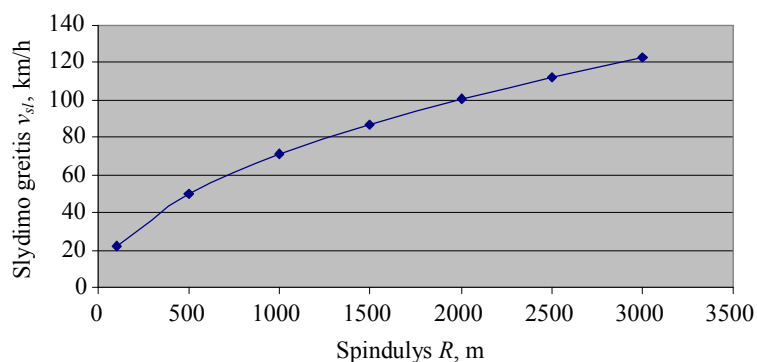
$$v_{sl} = 3,6 \sqrt{\frac{\varphi' - \operatorname{tg} \beta}{1 + \varphi' \operatorname{tg} \beta}} g R \quad (3)$$

čia:  $\varphi'$  – kibumo koeficientas;  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  – laisvojo kritimo pagreitis;  $R$  – posūkio spindulys, m;  $\beta$  – nuolydžio kampas, rad.

Buvo atliktas modeliavimas (žr. 5...7 pav.), automobilio stovumas kelio posūkyje, slydimo greitis skaičiuotas pagal 3 formulę, kai  $\beta = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ . Iš gautų rezultatų matyti, kad greitis priklauso nuo posūkio spindulio ir

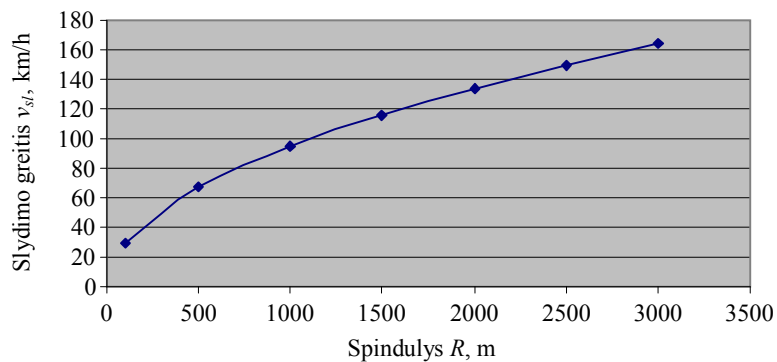


5 pav. Greičio priklausomybė nuo kelio posūkio spindulio R, kai nuolydžio kampas  $\beta = 10^\circ$



6 pav. Greičio priklausomybė nuo kelio posūkio spindulio R, kai nuolydžio kampas  $\beta = 20^\circ$





7 pav. Greičio priklausomybė nuo kelio posūkio spindulio  $R$ , kai nuolydžio kampas  $\beta = 30^\circ$

nuolydžio kampo. Kuo didesnis spindulys ir nuolydžio kampas, tuo reikia didesnio greičio, kad transporto priemonė pradėtų slysti. Vairuotojas irgi gali įtakoti eismo saugumą, jis gali mažinti greitį, kad išvengtų slydimo.

## 5. Išvados

Buvo atlikti skaičiavimai saugiam greičiui nustatyti. Pagal skaičiavimus matyti, kad greitis priklauso nuo posūkio spindulio  $R$ , nuo nuolydžio kampo  $\beta$ , nuo transporto priemonės tipo t. y. automobilio pločio, svorio centro. Galime teigti, kad kuo didesnis posūkio spindulys ir nuolydžio kampas, tuo didesniu greičiu galime važiuoti. Be to greičiui įtakos turi transporto priemonių svorio centrai, kuo jie didesni, tuo vairuotojas turi pasirinkti mažesnę greitį.

## Literatūra

1. **Боровский Б. Е.** Безопасность движения автомобильного транспорта. Анализ дорожных происшествий. – Лениздат, 1984. – 165, 167, 170.
2. **Черепанов В. А.** Транспорт в планировке городов. – М.: Стройиздат, 1981. – 213 с.
3. **Gastila L.** Automobiliai ir traktoriai. Teorija ir konstravimo pagrindai. – Vilnius: Mokslas, 1978. – 176, 177, 180.
4. Elektronikos, informacinių ryšių technologijų portalas. Prieiga per Internetą: <<http://www.elektronika.lt/projects/theme/162/20682/>> [žiūrėta 2010-10-10].

## AUTOMOBILIO VIRPESIŲ IR JŲ POVEIKIO VAŽIAVIMO KOMFORTUI TYRIMAS

**Ž. Bazaras, D. Petrulaitis**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** automobilis, vibracija, žmogus.

### 1. Įvadas

Vibracija (mechaninė vibracija) – tai kietojo kūno pasikartojantys judesiai (virpesiai) apie pusiausvyros padėtį. Dažniausiai sąvoka mechaninė vibracija suprantama kaip mašinos, technologinio proceso nepageidaujamas rezultatas, lemiantis darbuotojo saugą ir sveikatą, taip pat mašinų darbo patikimumą, konstrukcijų patvarumą ir pan. Mechaniniai virpesiai yra periodiniai (pvz., sinusiniai) ir neperiodiniai (pvz., stochastiniai, pastovūs, kintantys, impulsiniai, plataus ir siauro virpesių dažnio diapazono). Pagal veikimo į žmogų pobūdį vibracija skirstoma į bendrąją, veikiančią per pagrindinius atraminius paviršius (virpa visas atraminis pagrindas po žmogumi, pvz., grindys, sėdynė) ir rankas veikiančią (virpesių šaltiniai veikia tik į atskiras kūno dalis) vibraciją. Trumpalaikis vibracijos veikimas sukelia nežymius fiziologinius pokyčius (pvz., padažnėja širdies plakimas) ir tai yra normali reakcija į nenumatytą dirgiklį. Vibracijai ilgą laiką intensyviai veikiant žmogaus kūną, pirmiausia pavargstama, žmogus darosi irzlus, jam skauda galvą, pažeidžiama nervų sistema, apima depresija, gali atsirasti nugaros skausmai. Vibracija sutrikdo kai kurių organų ir sistemų (širdies ir kraujagyslių, judamojo aparato) veiklą. Po kelių nuolatinio vibracijos veikimo metų žmogus gali susirgti profesine vibracine liga.

Nuolatinis Europos Sąjungos tikslas – kurti daugiau darbo vietų. Oficialiai šis tikslas patvirtintas 2000 m. kovo mėn. Europos Vadovų Tarybos susitikime Lisabonoje ir yra vienas svarbiausių, siekiant geresnės darbo kokybės.

Priimtos teisinės priemonės – tai dalis įsipareigojimo bendrą geros aplinkos darbe siekį papildyti darbuotojų saugos ir sveikatos tikslu. Šito siekdama Europos Komisija imasi įvairių priemonių, kad darbo aplinkoje įtvirtintų tikrą rizikos prevencijos kultūrą.

## 2. Su vibracija susijusios sąvokos ir jų esmė

Lietuvos higienos norma HN 50:2003 pateikia su vibracija susijusias sąvokas bei jų paaiškinimus.

Ši higienos norma nustato visą žmogaus kūną veikiančios vibracijos klasifikaciją, normuojamus parametrus ir jų didžiausius leidžiamus dydžius bei matavimo reikalavimus gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose.

Ši higienos norma privaloma juridiniams ir fiziniams asmenims, stebintiems ir kontroliuojantiems vibraciją gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose; projektuojantiems ir statantiems gyvenamuosius bei visuomeninius pastatus; rengiantiems miestų ir gyvenviečių, gyvenamųjų mikrorajonų planavimo ir užstatymo projektus; projektuojantiems, gaminantiems ir eksploatuojantiems transportą, pastatų technologinę, inžinerinę, sanitarinę ir techninę įrangą, galinčią sukelti vibraciją gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose.

**Vibracija** – kietojo kūno pasikartojantys judesiai apie pusiausvyros padėtį.

**Viso kūno vibracija** – vibracija, perduodama per stovinčio, sėdinčio ar gulinčio žmogaus atramos paviršius į jo kūną ir veikianti visą jo organizmą.

**Pastovi vibracija** – vibracija, kurios kontroliuojamo parametro dydis keičiasi ne daugiau kaip 2 kartus (6 dB) per 1 min.

**Nepastovi vibracija** – vibracija, kurios kontroliuojamo parametro dydis keičiasi ne mažiau kaip 2 kartus (6 dB) per 1 min.

**Kintanti vibracija** – vibracija, kurios kontroliuojamo parametro dydis nuolat kinta.

**Nutrūkstanti vibracija** – vibracija, kurios veikimas yra nutraukiamas ir veikimo trukmė yra ilgesnė kaip 1 s.

**Impulsinė vibracija** – vibracija, susidedanti iš vieno ar kelių vibracinių smūgių, kurių trukmė yra trumpesnė kaip 1 s.

**Siaurajuostė vibracija** – vibracija, kurios kontroliuojamo parametro dydis 1/3 oktavos dažnių juostoje daugiau kaip 6 kartus (15 dB) viršija dydžius gretimose 1/3 oktavos dažnių juostose.

**Plačiajuostė vibracija** – vibracija, kurios kontroliuojamo parametro dydis 1/3 oktavos dažnių juostoje 6 kartus (15 dB) ir mažiau viršija dydžius gretimose 1/3 oktavos dažnių juostose.

**Nepalankus vibracijos poveikis** – vibracijos poveikis, sukeliantis sveikatos sutrikimus ar ligą, mažinantis darbingumą ir komfortą. Jis vertinamas pagal atitinkamus higieninius, psichofiziologinius ir kitus kriterijus.

**Leidžiamas vibracijos dydis** – vibracijos dydis, kuris, veikdamas žmogų visą gyvenimą, nesukelia sveikatos sutrikimų ar ligos ir neblogina jo gyvenimo sąlygų.

## 2.2. Veikiančios žmogų vibracijos klasifikacija

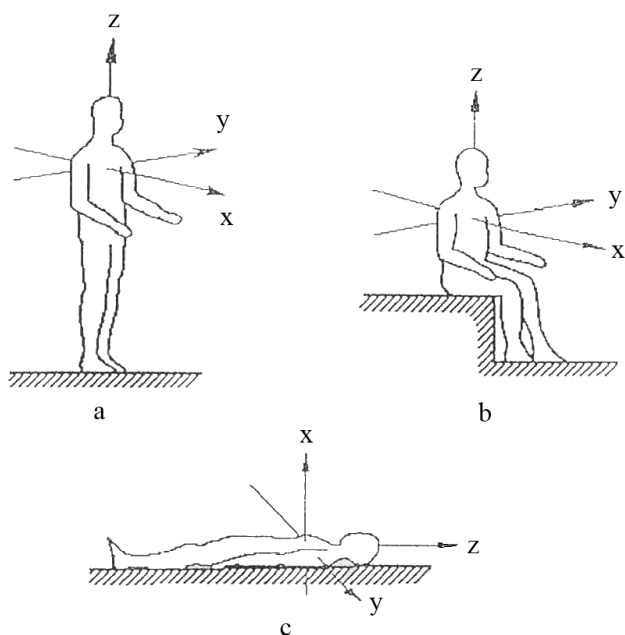
Pagal veikimo kryptį viso kūno vibracija skirstoma ortogonalinės koordinatinių sistemos ašių kryptimis į:

- vertikaliąją, einančią nuo kojų (ar nuo sėdmenų) link galvos (Z ašis);
- horizontaliąją, einančią nuo nugaros į krūtinę (X ašis);
- horizontaliąją, einančią nuo kūno dešinės pusės į kairę (Y ašis).

Šių ašių kryptys parodytos 1 pav.

Pagal laiko charakteristiką vibracija skirstoma į pastovią ir nepastovią. Nepastovi vibracija skirstoma į kintančią, nutrūkstą ir impulsinę.

Pagal spektro charakterį vibracija skirstoma į plačiajuostę ir siaurajuostę.



1 pav. Vibracijos veikimo kryptys: a – žmogui stovint; b – žmogui sėdint; c – žmogui gulint

## 3. Matavimai ir rezultatai

Prietaiso SVAN 958, naudojamo vibracijos matavimams, aprašymas. Šiame darbe virpesių matavimui naudojau **4 kanalų garso lygio ir vibracijos matuoklį – analizatorių SVAN 958** (2 pav.). Prietaisas yra skirtas vibracijos pagreičiui ir greičiui matuoti ir įvertinti akustinį triukšmą lygi taip pat.



2 pav. Prietaisas SVAN 958

Matuojant vibracijas pastebėjau, jog sėdint automobilyje (1 pav., b) pati pavojingiausia žmogaus sveikatai ir stipriausiai veikianti žmogaus organizmą vibracija yra vertikaloji, einanti nuo kojų (ar nuo sėdmenų) link galvos (Z ašis), todėl nutariau plačiau paanalizuoti būtent vertikaliąsias vibracijas skirtinguose automobiliuose. Šia kryptimi veikiančios vibracijos pačios stipriausios ir žmogaus kūną veikia ne tik vairuojant automobilį, bet ir atliekant kitus sėdimus, stovimus ar net gulimus darbus, kurių zoną veikia vibracijos. Tai darbai su žemės ūkio technika, kita specializuota technika, dirbant prie įvairių staklių, gulint po automobiliais, juos remontuojant ir t. t. Žmonės, kurie savo darbo vietose nesusiduria su vibracijomis į darbą ar iš jo vyksta transporto priemonėmis. Norėdamas išsiaiškinti automobilių perduodamą vibraciją žmogaus kūnui z ašimi, aš parinkau keletą plačiausiai naudojamų įvairių klasių automobilių, kurių sąrašas nurodytas 1-oje lentelėje.

Apskaičiavęs mažiausią perduodamą vibraciją tam tikrame automobilyje aš išsiaiškinsiu, kuris automobilis tinkamiausias ilgam naudojimui. Kuo mažesnę vibraciją perduodantis automobilis bus žmogui komfortiškiausias vibracijų atžvilgiu.

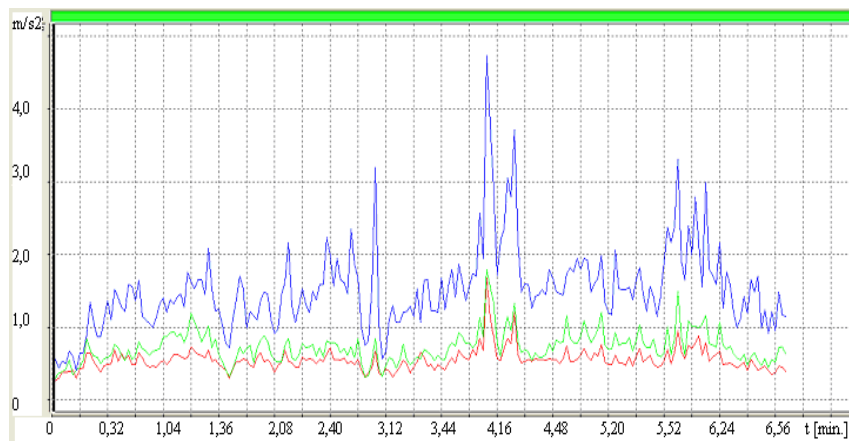
1 lentelė

Testuojamų automobilių sąrašas

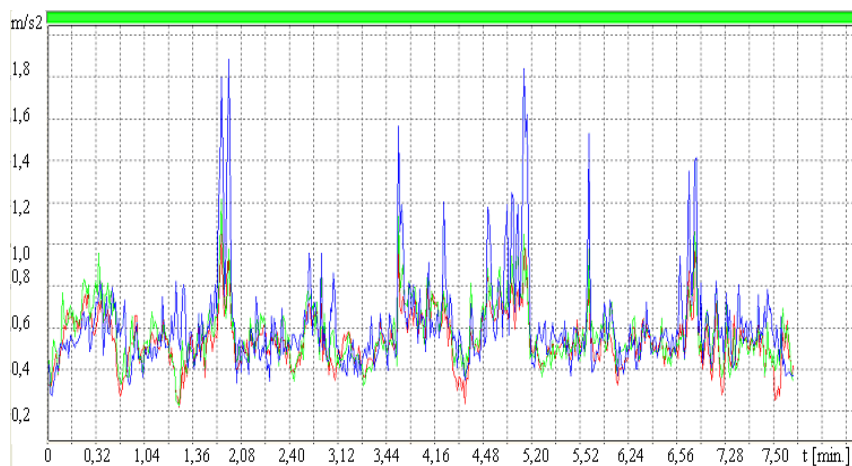
| Eil. Nr. | Transporto priemonės markė, modelis | Automobilio tipas     | Kuro tipas | Galia, kW | Variklio darbinis tūris, cm <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|------------|-----------|------------------------------------------|
| 1.       | Mitsubishi                          | Lengvasis             | Benzinas   | 85        | 2477                                     |
| 2.       | Renault Scenic                      | Lengvasis             | Dyzelinas  | 60        | 1900                                     |
| 3.       | VW Transporter                      | Keleivinis-krovininis | Dyzelinas  | 65        | 2461                                     |
| 4.       | Peugeot 307                         | Lengvasis             | Dyzelinas  | 80        | 1997                                     |
| 5.       | Citroen C6                          | Lengvasis             | Dyzelinas  | 150       | 2720                                     |
| 6.       | Ford Transit                        | Lengvasis-autobusas   | Dyzelinas  | 55        | 2496                                     |
| 7.       | Citroen Xantija                     | Lengvasis             | Dyzelinas  | 66        | 1997                                     |
| 8.       | VW Golf                             | Lengvasis             | Dyzelinas  | 55        | 1600                                     |

Prietaiso SVAN 958 parodymais remiantis nustačiau, kad didžiausią vibraciją automobilyje sukelia kelio nelygumai per važiuoklę perduodantys vibraciją automobilyje sėdinčiam žmogui. Variklio perduodamos vibracijos yra kelis kartus mažesnės už anksčiau nagrinėtas.

Iš mano testuojamų automobilių mažiausias vibracijas kėlė automobiliai su hidrauline pakaba: Citroen C6 (4 pav.) ir Citroen Xantija. Blogiausi rezultatai – didžiausia vibracija buvo nustatyta automobiliams su paprasta mechanine pakaba: Renault Scenic ir VW Golf (3 pav.).



3 pav. VW Golf vibracijų grafikas. Vibracijos pagreičio vidurkis  $1,21 \text{ m/s}^2$



4 pav. Citroen C6 vibracijų grafikas. Vibracijos pagreičio vidurkis  $0,57 \text{ m/s}^2$

#### **4. Išvados**

1. Po kelių nuolatinio vibracijos veikimo metų žmogus gali susirgti profesine vibracine liga.
2. Sėdint automobilyje pati pavojingiausia žmogaus sveikatai ir stipriausiai veikianti žmogaus organizmą vibracija yra vertikalioji, einanti nuo kojų (ar nuo sėdmenų) link galvos (Z ašis).
3. Apskaičiavęs mažiausią perduodamą vibraciją tam tikrame automobilyje aš išsiaiškinau, kuris automobilis tinkamiausias ilgam naudojimui.
4. Automobiliai su „minkštesne“ pakaba (pavyzdžiui hidrauline) sukelia žymiai mažesnes vibracijas nei automobiliai su mechaninėmis pakabomis. Šių vibracijų dydis taip pat priklauso nuo automobilio klasės ir techninės būklės.

#### **Literatūra**

1. HN 51: 2003. Visą žmogaus kūną veikianti vibracija. Didžiausi leidžiami dydžiai ir matavimo reikalavimai darbo vietose (negalioja nuo 2005-07-27).
2. HN 59: 1996. Rankas veikianti vibracija. Leidžiami lygiai ir matavimo reikalavimai darbo vietose (negalioja nuo 2005-07-27).
3. DIRECTIVE 2002/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration) (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).- Official Journal of the European Communities, L 177/13, 06-07-2002.
4. Darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatai. – Žin., 2004, Nr.41-1350.

## DRĖGMĖS JUDĖJIMAS BETONINĖSE GRINDŲ ANT GRUNTO KONSTRUKCIJOSE

**J. Kaupienė, M. Navardauskaitė, T. Pakėnaitė**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** betonas, drėgmė, struktūra, masės drėgnis poros, kapiliarai, grindys, gruntas.

### 1. Įvadas

Sunkiausiai įvertinamas ir labiausiai susijęs su atskirų pastato dalių patvarumu yra drėgminis aplinkos poveikis. Pastato grindis veikia statybinė, grunto, higroskopinė, kondensacinė ir eksploatacinė drėgmė [1]. Statybinė drėgmė, pakliūnanti į betonines grindis kartu su mišiniu, daugiausiai sunaudojama betono hidratacijos procesams. Nekokybiškai atlikta pastato grindų izoliacija gali įtakoti žymesnį drėgmės patekimą iš grunto. Todėl drėgmės kiekis betoninės grindyse svyruoja labiau, lyginant su kitomis statinio konstrukcijomis. Pasitaiko įvairių eksploatacinių problemų (pvz. įvykti šarminei betono korozijai, reakcijos zonoje pakanka 90...95% santykinės drėgmės) dėl drėgmės svyravimų, nors yra įrengiama tinkama hidroizoliacija ir užkertamas kelias tiesioginei vandens migracijai. Tačiau šias problemas gali sukelti ir vandens garų difuzija pačiame betone.

### 2. Drėgmės pokyčiai betoninėse grindyse ant grunto jas eksploatuojant

Grindys ant grunto yra vienintelė konstrukcija, kuri dalinai arba pilnai kontaktuoja su drėgme, šiltu podirvio paviršiumi ar bet koku kitu dirvožemio paviršiumi. Todėl išorinė drėgmės apkrova į plokštę ant grunto žymiai skiriasi nuo kitų pastato konstrukcijų. Daugeliu atveju drėgmė į betonines grindis ant grunto patenka dėl kylančio kapiliarinio vandens judėjimo [2].

Drėgmės žalos grindims ant grunto tyrimai atskleidžia, kad temperatūros ir drėgmės elgesys betoninėse grindyse yra sudėtingas. Drėgmės ir vandens judėjimo mechanizmai grindyse ant grunto ir per jas bei gretimuose grunto sluoksniuose yra įvairūs ir labai priklauso nuo esamos temperatūros. Struktūrinė drėgmė masyviose betoninėse grindyse keičiasi su vidaus temperatūra ir drėgme.

Išlyginamojo pogrindžio sluoksnio po šildomu pastatu paviršius yra šiltas ir vandens garų kiekis porose yra daugeliu atveju didesnis už vandens garų kiekį vidaus ore, ypač žiemos metu. Pagal tyrimus, žvyras, kurio grūdelių



skersmuo yra mažiausiai 1mm, efektyviai sustabdo kapiliarinį kilimą. Putų polistirolo dvigubas izoliacinis sluoksnis taip pat sutrukdo kapiliarinį kilimą, tačiau polietileninis sluoksnis po betoninėmis grindimis yra netinkamas, nes pastebimai lėtina betoninių grindų džiūvimą.

### 3. Ribinės eksploataavimo sąlygos

**Vidaus oras.** Drėgmės kiekis vidaus ore priklauso nuo drėgmės kiekio išorės ore, erdvės ar pastato apstatymo, drėgmės emisijos per pastatą, ventilacijos, statybinių medžiagų higroskopiškumo, drėgmės judėjimo per pastatą ar kambarį ir per konstrukcijų džiūvimo laikotarpį išgaravusios drėgmės kiekio.

**Podirvis.** Pagal literatūrą, podirvio paviršius, kontaktuojantis su šildomo pastato grindimis, yra santykinai šiltas, ypač po centrine grindų dalimi. Podirvio po betoninėmis grindimis ant grunto temperatūra, nenaudojant šiluminės izoliacijos, yra artima vidaus temperatūrai. Kai kuriais atvejais, ypač jei po plokšte yra neizoliuotų karštų vamzdžių, podirvio temperatūra gali būti netgi didesnė už vidaus temperatūrą. Podirvio po izoliuota plokšte temperatūros lygis priklauso nuo plokštės, podirvio ir pamato terminės varžos ir vidaus bei išorės oro temperatūros. Vadinasi, normaliomis sąlygomis vandens garų difuzijos kryptis juda iš šilto ir drėgno podirvio sluoksnio į santykinai sausą vidaus orą.

**Konstrukcinė drėgmė.** Vienas iš svarbiausių drėgmės šaltinių betoninėms grindims ant grunto – konstrukcinė drėgmė, esanti betone. Įprastai betono mišinys turi didelį kiekį vandens ir todėl jo džiūvimo periodas yra palyginti ilgas. Džiūvimo periodas yra ypač svarbus konstrukcijose, kuriose jis vyksta tik viena kryptimi, tokiose kaip betoninės grindys ant grunto. Kol betonas išdžiūsi iki galo, t.y. iki pastovios būsenos, gali užtrukti labai daug laiko, net ir metus. Betono konstrukcijos džiūvimo metu esanti drėgmė yra sudėtinis klausimas, priklausantis nuo betono savybių ir aplinkos džiūvimo sąlygų.

**Kritiniai drėgmės lygiai.** Daugelis statybinių medžiagų turi kritinius drėgmės lygius. Jeigu drėgmės lygis viršija kritinį, atsiranda pažeidimų tikimybė. Betoninėse grindyse ant grunto, sąsaja tarp grindų dangos ir betono sluoksnio yra labai svarbi. Kritiniai drėgmės lygiai [3]: 1 – medis ir mediniai elementai:  $RH_{crit} = 80\%$ ; 2 – vinilinės grindų dangos:  $RH_{crit} = 80\%$ ; 3 – kamštinė danga (a – be vinilinio sluoksnio apačioje:  $RH_{crit} = 80\%$ ; b – su viniliniu sluoksniu apačioje:  $RH_{crit} = 85\%$ ); 4 – keraminės plytelės  $RH_{crit} = 100\%$ .

### 4. Tyrimų metodika

Norint patikrinti drėgmės pokyčius betone eksploatacinėmis sąlygomis, tyrimui buvo pasirinkti du objektai. Vienas – naujai pastatytas pastatas, kuriame nėra grindų defektų (I objektas) pirmą kartą drėgmė matuota

praėjus 2 savaitėms po grindų betonavimo, kitas – objektas, kuriame pasireiškė betoninių grindų dangos pažeidimai (II objektas), jame drėgmė pirmą kartą buvo matuota praėjus 6 mėnesiams po grindų betonavimo. I objekto visas grindų plotas yra apšiltintas PAROC akmens vata. II objekto grindys visu perimetru 1 m atstumu pagal išorinę sieną apšiltintos putų polistirenu, kurio storis 0,1 m. Grindų sudėtys pateiktos 1 lentelėje.

Drėgmei betone nustatyti buvo naudojamas drėgmės matuoklis, kurio veikimas pagrįstas dielektrinės skvarbos matavimu. Vanduo yra sudarytas iš polinių molekulių, kurioms būdinga kampinė ( $105^\circ$ ) struktūra. Dėl to vandens molekulė turi pastovų magnetinį momentą. Šio dipolio poliarizacijos trukmė – apie  $10^{-10}$  s. Veikiamas aukštų dažnių lauko, dipolis rezonuoja ir sugeria energiją. Dielektrinės skvarbos priklausomumas nuo medžiagos drėgmės yra tiesioginis. Matavimo metu nustatoma medžiagos tūrinė drėgmė. Masės drėgmė skaičiuojama įvertinant betono tankį.

Bandymui naudoto T-M-170 matuoklio techninės charakteristikos: 1 – matavimo ribos 0...80%; 2 – tikslumas 0,1%; 3 – darbo aplinkos temperatūra nuo  $0^\circ\text{C}$  iki  $50^\circ\text{C}$ .

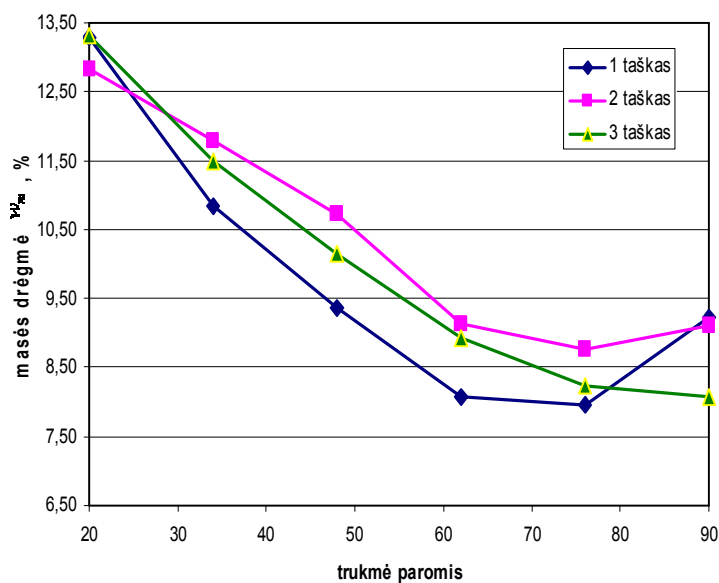
Pramonės objektuose drėgmė matuota kas 2 savaitės. Drėgmės matavimai buvo atliekami prie išorinių sienų ir per pastato vidurį, ties kolonomis. Matavimų rezultatų masės drėgnio pokyčiai pavaizduoti 1 ir 2 pav.

Masės drėgmė tiek ties išorinėmis sienomis, tiek per vidurį ties kolonomis, mažėjo visą stebėjimo laikotarpį. Paskutiniai matavimai buvo atlikti rudenį, kai aplinkos oro santykinė drėgmė yra didesnė nei vasarą. Tai turėjo įtakos betono drėgmei ties pastato išorinėmis sienomis.

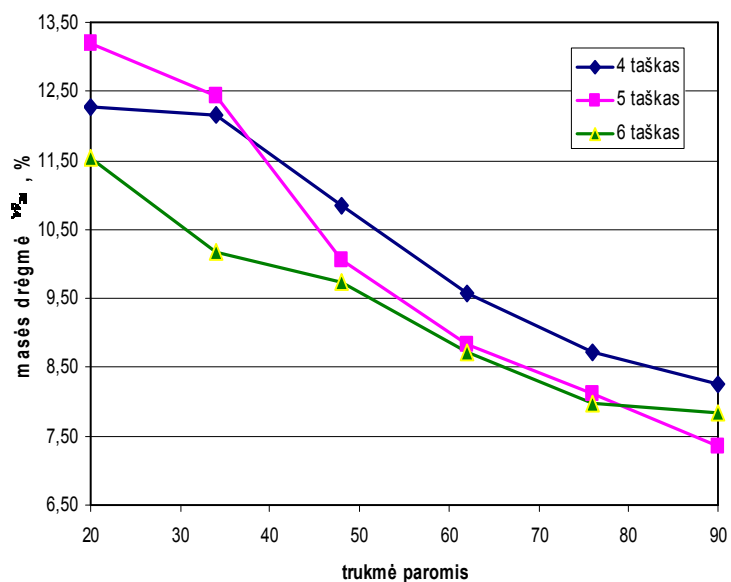
1 lentelė

Grindų ant grunto konstrukciniai sluoksniai

| Objektai                           | Grindų, tirtuose objektuose, konstrukciniai sluoksniai   |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Grindys ant grunto.<br>I objektas  | Šlifluotas armuotas betonas C20/25 klasės 120 mm storio  |
|                                    | Klijuotinė hidroizoliacija                               |
|                                    | C20/25 klasės betono išlyginamasis sluoksnis 40mm storio |
|                                    | Žvyras 100 mm storio                                     |
|                                    | Sutankintas gruntas                                      |
| Grindys ant grunto.<br>II objektas | Šlifluotas armuotas betonas C20/25 klasės 50 mm storio   |
|                                    | Klijuotinė hidroizoliacija                               |
|                                    | PAROC GRS 20 termoizoliacija 100 mm                      |
|                                    | Skalda 80 mm storio                                      |
|                                    | Sutankintas gruntas                                      |



1 pav. Masės drėgnio pokytis pramonės objekto betono grindyse taškuose prie išorinių sienų



2 pav. Masės drėgnio pokytis pramonės objekto betono grindyse taškuose prie vidinių kolonų

Atlikus matavimus objekte, kuriame pasireiškė defektai, mažesnė drėgmė užfiksuota tose vietose kur grindys yra apšiltintos, t. y. ties įvažiavimu į pastatą ir ties išorinėmis sienomis. Atlikus matavimus kelis kartus, pastebėta, kad drėgmės kiekis betone ties vidinėmis kolonomis, kai kuriuose taškuose padidėjo.

## **5. Išvados**

1. Drėgmės kiekis betoninėse grindų konstrukcijose priklauso nuo aplinkos oro santykinės drėgmės.
2. Drėgmės kiekis betoninėse grindų konstrukcijose priklauso nuo to ar buvo naudotas apšiltinimo sluoksnis.
3. Vykstant betono konstrukcijų (apie 10 cm storio) džiūvimui natūraliomis sąlygomis drėgmės pusiausvyrą nusistovi per 55...75 paras, pasiekiant 12...14% tūrinį drėgnį (arba 5...6% masės drėgnį).

## **Literatūra**

1. **V. Babrauskas, V. Stankevičius.** Pastatų aitvarų šiluminė fizika. – Kaunas: technologija, 2000. – 286 p.
2. **Espinosa R.M., Franke L.** Influence of the age and drying process on pore structure and sorption isotherms of hardened cement paste // Cement and Concrete Research V.36, 2006. 1969 – 1984 p.
3. **Leivo V., Rantala J.** Moisture behaviour of slab-on-ground structures in operating conditions: Steady-state analysis // Construction and buildings materials, V. 22 (4), 2008. 526 – 531 p.

## REZISTYVINIŲ PLĖVELIŲ GAMYBOS VAKUUME VALDYMO GALIMYBIŲ TYRIMAS

**E. Boguška, J. Valickas**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** papildomas elektronų šaltinis, elektronų srautas, matavimo padėklas.

### 1. Įvadas

Nano technologijos – tai viena iš greičiausiai besivystančių technologijų krypčių. Nano technologijų pagrindu gaminamos mikrostruktūros, kurių elementai suformuojami plonasluoksnių technologijų metodais. Plonos plėvelės gaunamos naudojant visą eilę metodų: plazminis nusodinimas, cheminis auginimas, vakuuminis garinimas ir kiti. Vakuuminis garinimas - tai pagrindinis metodas naudojamas plonų sluoksnių gamyboje [1]. Garinimo būdu lengvai gaunamos laidžios elektrai plėvelės. Garinimo proceso metu reikalinga parinkti reikiamą ploną sluoksnį. Nano technologijose naudojami storiai būna labai maži  $10^{-9}$ ... $10^{-6}$  m, todėl ir plėvelių laidumas būna pakankamai mažas. Išmatuoti laidumą proceso metu tradiciniais būdais sunku, todėl tiriamas naujas matavimo metodas, naudojantis elektronų emisijos srautą, turintis ženkliai didesnę jautrumą nei kiti realaus laiko matavimo metodai. Atliekant tyrimus, vakuuminio garinimo būdu, gaunamų plonų sluoksnių įvertinimui naudojamas specialus matavimo padėklas. Garinimo metu ant matavimo padėklo formuojama laidų plėvelė. Garinant medžiagą iš elektriškai kaitinamo garintuvo, kartu su medžiagos garavimu, dėl aukštos garintuvo temperatūros, vyksta elektroninė emisija [2]. Tačiau dėl santykinai didelio elektronų išlaisvinimo darbo, elektronų srautas esant žemai garintuvo temperatūrai, gaunamas negausus. Garintuvo emituoti elektronai patenka į matavimo padėklą kartu su garinamos medžiagos jonais. Vienas matavimo padėklo kontaktas sujungtas su sistemos žeme, kitas kontaktas prijungtas prie matavimo priemonės, matuojančios įtampos kritimą padėkle [1].

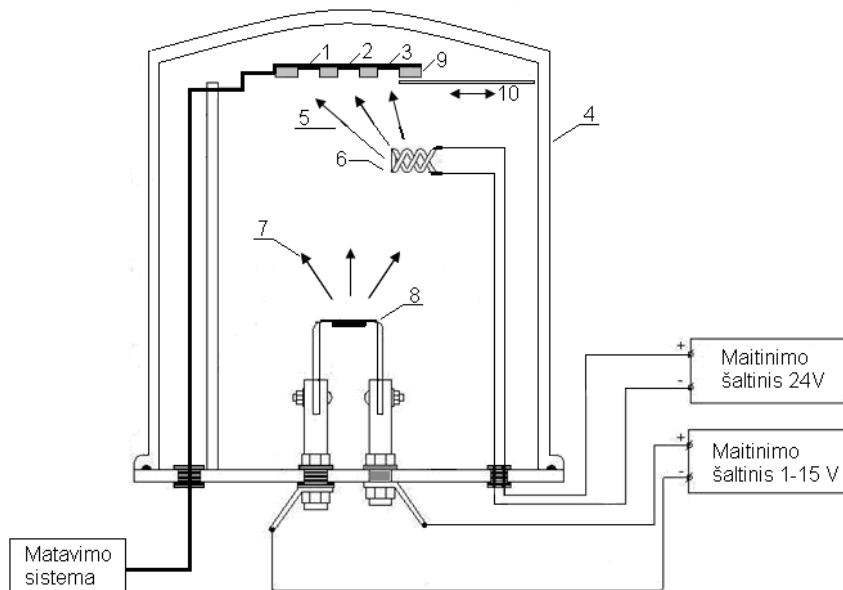
Šis išmatuotas įtampos kritimas naudojamas plėvelės laidumo identifikavimui, tačiau atsiranda problema identifikuoti plėvelės varžą žemos garavimo temperatūros medžiagų, kadangi žemoje temperatūroje garintuvas emituoja nedaug elektronų. Todėl buvo atliekami tyrimai, siekiant praplėsti matavimo metodo galimybių ribas, panaudojus papildomą elektronų šaltinį.

**Darbo tikslas:** plonų plėvelių laidumo identifikavimo metodo matavimo ribų praplėtimo galimybių tyrimas, naudojant papildomą elektronų šaltinį ir varžos matavimo schemos tobulinimas.

## 2. Eksperimentų įranga

Eksperimentui atlikti buvo naudojamas vakuuminio garinimo įrenginys YBH-2M-1. Įrenginyje sumontuoti: rotacinis ir difuzinis vakuumo siurbliai, termoporinis jutiklis žemam vakuumo lygiui matuoti ir jonizacinis jutiklis aukštam vakuumo lygiui matuoti.

Molibdeninis garintuvas, esantis vakuuminio įrenginio kameroje, prijungtas prie žemos įtampos (1V – 15V) ir didelės galios (Max srovė - 60A), reguliuojamo maitinimo šaltinio MANSON SPS9600. Pasiekus vakuumo lygį



1 pav. Vakuuminė kamera: 1 – matavimo padėklas su dviem kontakto aikštelėmis, matavimo grandinė pajungta per optroninį operacinį stiprintuvą; 2 – matavimo padėklas su dviem kontakto aikštelėmis, matavimo grandinės įžeminimas yra bendras kaip ir vakuuminio įrenginio; 3 – matavimo padėklas su viena kontakto aikšte; 4 – vakuuminės kameros gaubtas; 5 – elektronų srautas iš papildomo elektronų šaltinio; 6 – papildomas elektronų šaltinis; 7 – jonizuotų garinamos medžiagos atomų ir emituotų elektronų srautas; 8 – molibdeninis garintuvas; 9 – matavimo padėklų laikiklis; 10 – sklendė

kameroje  $2 \cdot 10^{-4}$  torro molibdeninis garintuvas, įjungus nuolatinę įtampą, įkaista iki sidabro lydymosi temperatūros  $961^{\circ}\text{C}$ , medžiaga (sidabras) išsilydo ir pradeda garuoti [5]. Garinant sidabrą, garintuvo elektronų emisijos srautas mažas dėl pakankamai didelio elektronų išlaisvinimo darbo, todėl plėvelės varžos identifikavimas, naudojant elektronų emisijos srautą, yra problematiškas. Buvo nuspręsta, elektronų srauto padidinimui naudoti papildomą elektronų šaltinį. Tam buvo naudotas apšvietimo lempos volframinis kaitintuvas. Papildomas elektronų šaltinis maitinamas 24 V įtampos maitinimo šaltiniu Omron S82K-24024. Papildomas elektronų šaltinis neturi įtakos pirmo matavimo padėklo gautiems rezultatams, nes šis padėklas neturi bendro kontakto su vakuumine garinimo sistema. Tai taip pat pagrįsta atliekant eilę matavimų. Papildomas elektronų šaltinis reikalingas antram ir trečiam matavimo padėklams, kad būtų galima matematiškai išskaičiuoti žemų garavimo temperatūrų garinamų medžiagų, besiformuojančių ant padėklo, plėvelės varžą, kadangi nagrinėjamų matavimo metodų [3] esmė – varžos identifikavimas, panaudojant natūraliai vakuume susidarantį elektronų emisijos srautą.

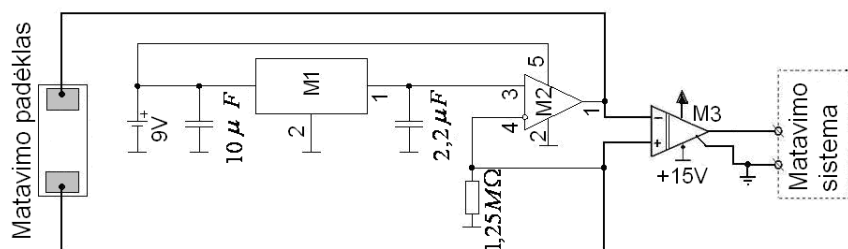
Matavimams atlikti yra naudojami trys matavimo padėklai, kad būtų galima sulygtinti išmatuotą tikrąją kondensato varžą su matematiškai išskaičiuota kondensato varža ant antro ir trečio matavimo padėklų, kurie skirtingi tik jungimo schema.

### 3. Eksperimentų planavimas

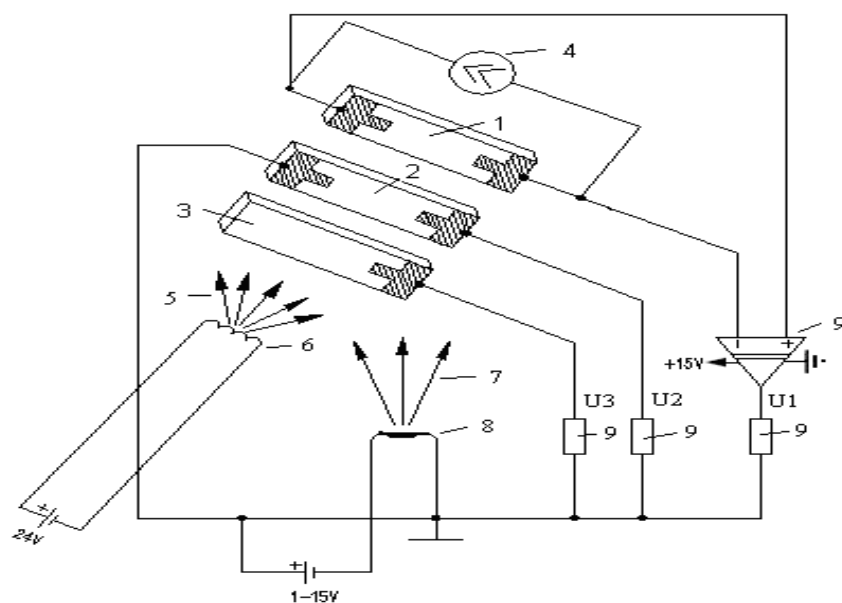
Eksperimentams paruošiami matavimo padėklai: ant kvarcinio stiklo plokštelių  $5 \times 20$  mm užgarinamos siauros kontaktų aikštelės. Jos reikalingos prijungti matavimo kontaktams, kad garinimo metu ant padėklo būtų galima matuoti įtampos kritimą. Išmatuota įtampa yra proporcinga besiformuojančios plėvelės varžai. Tikrosios plėvelės varžos matavimui naudojamas pirmas matavimo padėklas. Prie šio matavimo padėklo kontaktų išvadų, buvo prijungtas stabilizuotos srovės šaltinis  $2 \mu\text{A}$  ir per galvaniškai išrištą operacinį stiprintuvą AD210JN, prijungtą prie matavimo sistemos, matuojamas U1 įtampos kitimas garinimo proceso metu, kada vyksta medžiagos kondensacija ant padėklo. Matavimo schema pateikta 2 pav.

Pagrindinės medžiagos, turinčios žemą garavimo temperatūrą, yra aliuminis, sidabras, varis ir kt. Jų garavimo temperatūros yra palyginti žemos, todėl varžos identifikavimas, panaudojant elektronų emisijos srautą, yra neįmanomas dėl per mažo jų srauto. Atliekant eksperimentus pasirinktas sidabras, kurį galima garinti iš molibdeninio garintuvo, galima sklandžiai valdyti garavimo greitį.

Pirmas matavimo padėklas neturi bendro kontakto su kitais matavimo padėklais ir skirtas besikondensuojančios medžiagos ant padėklo tikrosios varžos matavimui. Antro matavimo padėklo viena kontakto aikštelė yra įžeminta, kita kontakto aikštelė yra sujungta su matavimo prietaiso įėjimu,



2 pav. Galvaniškai išrištas matavimo padėklas su stabilizuotu srovės šaltiniu. M1-stabilizatorius, M2-operacinis stiprintuvas, M3-galvaniškai išrištas operacinis stiprintuvas



3 pav. Eksperimentinės įrangos išdėstymo schema: 1 – pirmas matavimo padėklas; 2 – antras matavimo padėklas; 3 – trečias matavimo padėklas; 4 – stabilizuotos srovės šaltinis; 5 – emituotų elektronų srautas; 6 – papildomas elektronų šaltinis; 7 – jonizuotų garinamos medžiagos atomų ir emituotų elektronų srautas; 8 – garintuvas; 9 – matavimo prietaiso varža



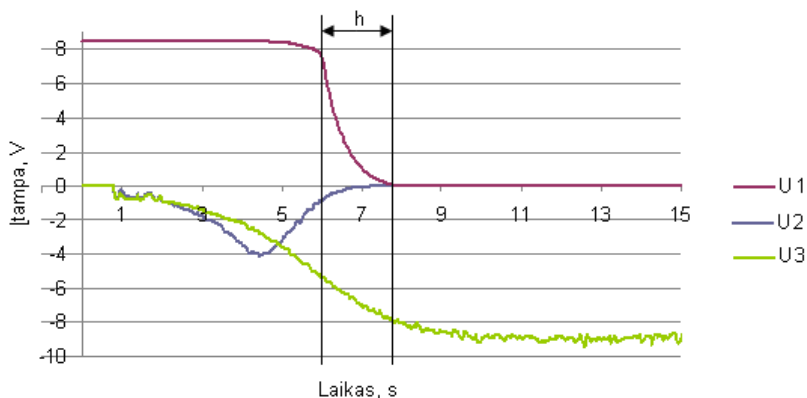
kuris matuoja įtampą  $U_2$ . Trečias matavimo padėklas yra su viena kontakto aikštele prie kurios yra prijungtas matavimo prietaiso įėjimas, matuojantis įtampą  $U_3$ . Šie du padėklai skirti identifikuoti padėklo varžą, panaudojant elektronų emisijos srautą į padėklą, skiriasi tik jų jungimas.

#### 4. Matavimų rezultatai.

Prieš pradėdant eksperimentą, matavimo padėklai yra uždengti sklende. Pasiekus reikiamą garavimo temperatūrą, bei nusistovėjus garavimo greičiui, sklendė atidaroma. Sklendei atsidarius, sidabro garų srautas nekludomai patenka ant matavimo padėklų. Įtampų priklausomybės ant padėklo, gautos garinant sidabrą pateiktos 4 pav.

Eksperimento metu buvo išmatuota įtampa  $U_1$  ant pirmo matavimo padėklo, kad surasti tikrąją kondensato varžą. Šis matavimo metodas leidžia išmatuoti varžą tiksliai plėvelės kondensacijos galinėse stadijose. Tačiau to pakanka, kad šis varžos dydis galėtų būti panaudotas kaip atskaitos taškas. Signalas  $U_2$  leidžia identifikuoti padėklo varžą, panaudojus elektronų emisijos srautą [3], tačiau, be papildomo elektronų šaltinio tai nėra įmanoma. Signalas  $U_3$  leidžia identifikuoti padėklo varžą, panaudojant elektronų emisijos srautą, tačiau šis padėklas turi tik vieną kontaktinę aikštelę, kuri prijungta prie matavimo priemonės. Šis matavimo metodas turi didesnę jautrumą, nes dalis krūvininkų nuteka į žemę.

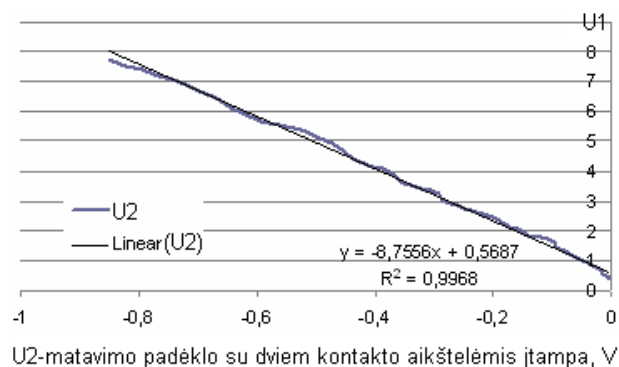
Atlikti eksperimentai patvirtino, kad naudojant papildomą elektronų šaltinį, galima žemoje garinimo temperatūroje identifikuoti plėvelės varžą (įtampa  $U_2, U_3$ ). Atlikus eilę matavimų, nustatyta, kad papildomas elektronų šaltinis matuojamai įtampai  $U_1$  pirmame matavimo padėkle jokios įtakos nedaro, tuo tarpu, kituose dviejuose matavimo padėkluose, panaudojus papildomą elektronų šaltinį, varžą išmatuoti įmanoma.



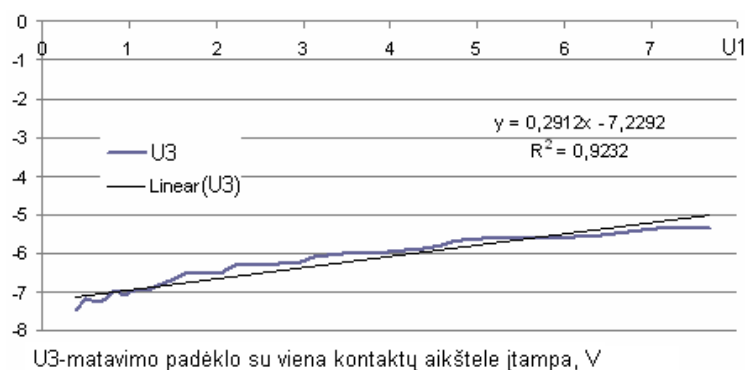
4 pav. Matavimo padėklų įtampų kitimo priklausomybė garinimo metu

## 5. Duomenų analizė

Išmatuotos įtampos ant matavimo padėklų 2 ir 3 ir įtampos kritimas matavimo padėkle 1 pateiktas paveiksle 4. Signalų apdorojimas atliekamas tik srityje pažymėtoje h, todėl, kad varžos identifikuotos iš 1 padėklo matavimo duomenų, kol srovės stabilizatoriaus tranzistorius neišeinama iš soties režimo. Nors charakteristikos užlinkimas turi įtakos plėvelės susiformavimo pradžios laikui, tačiau čia matavimas yra netikslus. Šioje atkarpoje ir ieškoma signalo U1 ir signalų U2 ir U3 koreliacijos, siekiant išsiaiškinti, ar išmatuoti signalai naudojant padidintą elektronų emisijos srautą atkartoja signalą U1, kur matuojamas tikrasis įtampos kritimas padėkle dėl mažėjančios varžos. Signalų koreliacijos rezultatai pateikti 5 ir 6 pav.



5 pav. Signalu U1 koreliacija su signalu U2



6 pav. Signalu U1 koreliacija su signalu U3

Padėklo 2 signalo koreliacija su išmatuota įtampa padėkle 1 pateikta 5 pav. Nubrėžus tiesinę priklausomybę, matome, kad signalo koreliacijos koeficientas artimas 1. Padėklo 3 signalo koreliacija su išmatuotu signalu padėkle 1 pateikta 6 pav. Čia koreliacijos koeficientas mažiau artimas 1, tačiau įvertinus tai, kad šis matavimo metodas turi didesnę jautrumą galima identifikuoti kondensato varžą dar platesniame diapazone. Be to šis metodas leidžia identifikuoti varžą visame matavimo diapazone, naudojant tą pačią matematinę išraišką.

## 6. Išvados

Atliekant eksperimentus tikrajai varžai identifikuoti, panaudotas matavimo padėklas, neturintis bendro išvado su vakuuminiu garinimo įrenginiu. Šio padėklo išrišimui panaudotas galvanišškai išrištas operacinis stiprintuvas, kuris leido identifikuoti tikrąją padėklo varžą, nes elektronų srautas nedaro jokios įtakos matavimo rezultatams.

Panaudojus papildomą elektronų šaltinį įmanoma išmatuoti besiformuojančios plėvelės varžą, kuri gerai koreliuoja su matavimo padėklo U1 išmatuota varža.

Matavimo padėklo su dviem kontaktų aikštelėmis išmatuota įtampa ir įtampos galvanišškai išrišto padėklo koreliacijos koeficientas labai artimas 1. Todėl daroma išvada, kad išskaičiuotos varžos vertės pagal išmatuotą signalą U2 ar U3 bus labai artimos realaus padėklo varžos vertėms.

Šio darbo rezultatai rodo, kad panaudojus papildomą elektronų šaltinį, matavimo padėklą galima panaudoti plonos plėvelės storio valdymui.

## Literatūra

1. **Kaliasas R., Kleiza V., Sinkevičius V., Žilinskas R. A.** Laidininkų sluoksnių varžos matavimas kondensacijos metu. 8-tosios mokslinės – techninės konferencijos „Lietuviškas spalvinis kineskopas – gamyba ir perspektyvos“ pranešimų medžiaga. EKRANAS, 1998. 13 – 20 p.
2. Spalvotieji kineskopai - konstrukcija, technologija, gamyba, plokštieji spalvotieji vaizduokliai. Panevėžio iniciatyvinė grupė „Ekranas“. – Kaunas: Technologija, 2009. – 730 p.
3. **Sinkevičius V., Viržonis D., Šumskienė L., Jukna T.** Augančio kondensato elektrinės varžos identifikavimas. Elektronika ir elektrotechnika. – Kaunas: Technologija, 2007. 1 - 4 p.
4. **Palsantzas G., Zhao Y.-P., Wang G. -C., Lu T. -M., Barnas J., DeHosson J. Th. M.** Electrical conductivity and thin film growth dynamics, Phys. Rev. B 61, 11109, 2000. 1 – 9 p.
5. **Майссел Л., Гленг Р.** Технология тонких пленок. – Москва, 1977. 37 – 59 p.

## LENGVŲJŲ AUTOMOBILIŲ ISTORINĖ APŽVALGA

**A. Dėmenienė, R. Dėmenis, D. Striukienė**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** garo automobiliai, elektriniai automobiliai, vidaus degimo variklis, automobilis su vidaus degimo varikliu.

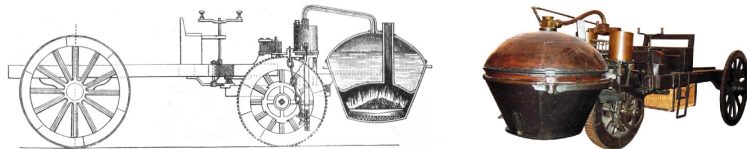
### 1. Įvadas

Jau nuo neatmenamų laikų žmonės stengėsi sukurti kažką tokio, kad būtų galima pervežti krovinius, žmones, gyvūnus. Pirmiausia atsirado ratai, kuriuos žmonės pritaikydavo įvairiems gyvenimo atvejams. Vėliau vežimai, karios, omnibusai. Šiandien mes žinome: garo, elektrinius, vidaus degimo variklių automobilius.

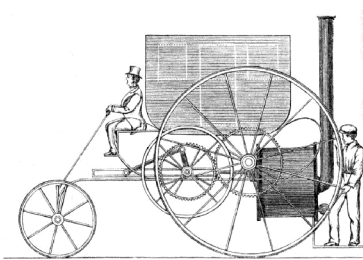
### 2. Garo automobiliai

Apie 1672 m. Kinijoje jėzuitų vienuolis Ferdinand Verbiest Kinijos imperatoriui sukūrė žaislą varomą garais, kuris buvo nedidelis, negalėjo vežti nei keleivių nei vairuotojo. Gaila, kad iki šių laikų neliko daugiau jokios apie šį įrenginį vaizdinės informacijos. Skaitoma, kad tai buvo pirmasis garinis transporto įrenginys.

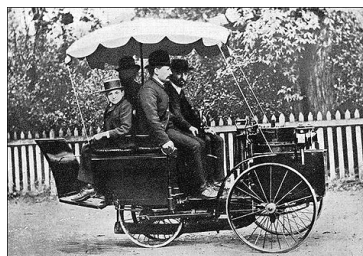
1752 m. rusų išradėjai Leonty Luk'yanovich Shamshurenkov sukonstravo savaeigę mašiną, o 1791 m. Ivanas Kulibinas – savaeigį vežimą. 1770 – 1771 m. prancūzų išradėjas Nicolas-Joseph Cugnot, dirbęs armijoje, pademonstravo garais varomą (*fardier à vapeur*) vežimą, kuris buvo pritaikytas vežti artilerijos sviedinius (žr. 1 pav.).



1 pav. Nicolas-Joseph Cugnot garais varomas vežimas [1]



2 pav. Richard Trevithick garais varomas automobilis [2]



3 pav. „La Marquise“ automobilis [3]

Greitis labai nedidelis 2...4 km/h, kas pusę valandos reikėjo pakurstyti pakurą. Tačiau šiai mašinai priskiriama ir pirmoji automobilių istorijoje padaryta avarija, kai kūrikas nespėjo pasukti vairo, mašina atsitrenkė į sieną, garo katilas nutrūko ir atsitrenkęs į žemę sprogo.

Tolimesnė garais varomų mašinų gamyba persikelia į Angliją. 1784 m. William Murdoch sukuria garais varomą karietą. 1801 m. Richard Trevithick Kamborno kelias važinėja normalaus dydžio mašina – karieta, kuri ilgą laiką buvo labai populiari ir ją tobulinant atsirado rankinis stabdis, pagerintas vairo valdymas, greičių dėžė. Jos greitis buvo apie 30 km/h (žr. 2 pav.).

Kuriamos mašinos ir pramogai – 1884 m. kompanija De Dion-Bouton et Trepardoux pagamina keturių sėdimų plus vairuotojo vietų garo automobilį „La Marquise“. Jis galėjo išvystyti iki 59 km/h greitį, tačiau reikėjo 45 min. įšilimui (žr. 3 pav.).

### 3. Elektriniai automobiliai

1828 m. vengras Jedlik István Ányos sukonstravo pirmąjį elektros generatorių-dinamą, kuri gaudavo nuolatinę srovę iš mechaninio darbo. Šį savo išradimą panaudojo mažo automobilio modeliui.

1834 m. amerikietis Thom Davenport savo sukurtą pirmąjį pastovios srovės elektrinį motorą įstato į mašinos modelį, kurį panaudoja elektrifikuotame žiediniame treke. Sekantis jo darbas, tai lokomotyvas, kuris turi judėti 1,2 m diametro ratu, o energiją gauna iš stacionaraus galvaninio elemento, tai neperkraunamomis baterijomis varomas automobilis.

1838 m. elektrinį lokomotyvą, kuris gali judėti iki 6 km/h greičiu, sukuria škotas Robert Davidson. Apie 1839 m. jo bendravardis Robert Anderson sukuria pirmąją elektrinę kariatą, kurios judėjimui naudojamas pirminis galvaninis elementas (žr. 4 pav.).



4 pav. 1838 m. Robert Davidson sukurtas lokomotyvas [4]

1859 m. Gastonas Plante išrado pirmąją perkraunamą bateriją. Ji buvo sukurta švino rūgštiniu pagrindu. Tai buvo stimulus elektromobilių kūrimui. Kaip transporto priemonė jie pirmiausiai buvo pradėti naudoti Londone.

1895 m. įvyko pirmosios automobilių lenktynės Amerikoje, kurias laimėjo elektromobilis.

1896 m. atidarytas pirmasis automobilių salonas, kuris buvo elektromobilių salonas.

1897 m. pagamintas pirmasis automobilis su vairo stiprintuvu – elektromobilis.

1898 m. Niujorko mieste išleistas įstatymas, leidęs keliais važiuoti tik elektromobiliams. Tais pačiais metais pirmoji moteris įsigijo automobilį – elektromobilį“ [5].

#### **4. Automobiliai su vidaus degimo varikliais**

Ilgą laiką vidaus degimo variklių sukūrimas ir jų panaudojimas turėjo sunkumų, nes nebuvo reikiamo kuro, ankstyvieji, tokio tipo varikliai, naudojo dujų mišinį, kuris buvo sudarytas iš degių dujų ir oro, tiekiamas pakaitomis iš vienos ir kitos stūmoklio pusės, užsidegdavo nuo elektros kibirkšties, o variklis buvo aušinamas vandeniu [6]. Toks variklis turėjo trūkumų, bet vis dėlto buvo

pranašesnis už garo. Kadangi kuras, kuris patekdavo į cilindrą sudegdavo visas, todėl ir buvo pavadintas vidaus degimo varikliu.

1806 m. šveicarų inžinierius François Isaac de Rivaz sukūrė vidaus degimo variklį kuris dirbo su vandenilio-deguonies mišiniu ir su juo atliko eksperimentus.

1860 m. belgas Jean Lenoir, naudodamas automobilyje vientaktį vidaus degimo variklį su vandenilio kuru, atliko kelionę iš Paryžiaus į Žuavilį, nuvažiuodamas devynis kilometrus per tris valandas. J. Lenoir variklį patobulino vokiečių Nikolaus August Otto. Jis 1876 metais pagamino pirmąjį keturtaktį vieno cilindro stūmoklinį variklį, kurio darbo ciklą sudarė keturi taktai.

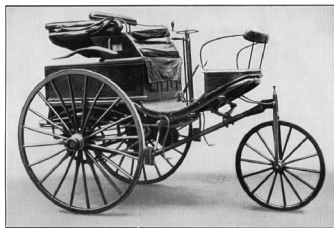
Apie 1870 metus Austrijoje Siegfried Samuel Marcus pirmą kartą istorijoje vidaus degimo variklį įtaisė į paprastą vežimą. Šiandien šis automobilis žinomas kaip pirmoji Marcus mašina (žr. 5 pav.).

Su benzininiu varikliu vienu metu dirbo keletas išradėjų. Vokiečių Karl Friedrich Michael Benz 1885 m. sukūrė savo pirmąjį savaeigį triratį automobilį (žr. 6 pav.).

Tuo pačiu metu vokiečių išradėjai Gottlieb Wilhelm Daimler ir August Wilhelm Maybach 1885 m. sukuria karbiuratorių, o tuo pačiu metų gruodžio mėnesį Daimler sukuria ir užpatentuoja pirmąjį motociklą. Maybach su juo pravažiuoja 6 km ir išvysto 12 km/h greitį (žr. 7 pav.).



5 pav. Marcus mašina [7]



6 pav. K. F. M. Benz triratis automobilis [8]



7 pav. 1885 m. Maybach motociklas [9]

1886 m. kovo 8 d. poniai Daimler padovanojama karieta, kurioje įstatytas variklis, tokiu būdu sukuriamą savaeigę keturių ratų transporto priemonę. 1890 m. Daimler įkuria kompaniją Daimler Motoren Gesellschaft, kuri gamina nedidelius, bet galingus variklius, kuriuos galima naudoti žemėje, ore ir jūroje. Šie žodžiai yra Mercedes-Benz kompanijos šūkyje. 1900 m. August Wilhelm Maybach sukonstruoja naują automobilio modelį, Prancūzijoje dirbantis Daimerio prekybos atstovas, pasiūlo jį pavadinti savo dukters Mercedes vardu. Šis vardas prigijo ir išliko iki šių dienų..

1887 m. vokiečių inžinierius Rudolf Diesel sukūrė visiškai naujo tipo keturtaktį variklį, kuris buvo pavadintas jo vardu.

1893 m. broliai James Frank ir Charles Duryea įkuria Duryea Motor Wagon Company, kuri pradeda gaminti automobilius. 1902 m. labai galingą gamybos liniją Olds Motor Vehicle kompanijoje paleidžia Ransom E. Olds. Tais pačiais metais Ford jau išleidžia tūkstančius automobilių.

Iki 1910 m. didžiuliais kiekiais buvo gaminami garo, elektriniai, benzininiai automobiliai, tol kol benzininiai automobiliai neužėmė dominuojančios vietos.

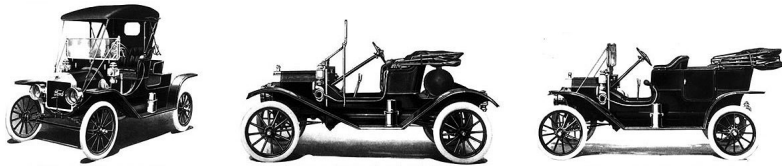
1893 m. Louis Renault savo pirmąjį automobilį sukūrė 1896 m. prancūzų firmoje De Dion-Bouton ir tuo pačiu metu užpatentavo perdavimo (kardaninį) veleną, kas leido jam su broliu užimti atitinkamą vietą tarp automobilių gamintojų. 1902 m. Renault pradeda diegti diskinius stabdžius.

Apie 1900 m. daugelyje Europos valstybių: Belgijoje, Vokietijoje, Šveicarijoje, Švedijoje, Danijoje, Norvegijoje, Italijoje vis daugiau gaminama automobilių. Koch pradeda iš Paryžiaus automobilius pardavimui vežti į Tunisą, Egiptą, Iraną, Indiją. Užsienio prekyba tampa globali. 1908 m. Peru sukuriamas pirmasis automobilis Pietų Amerikoje. Šis laikotarpis iki 1905 metų skaitomas „Veteranų“.

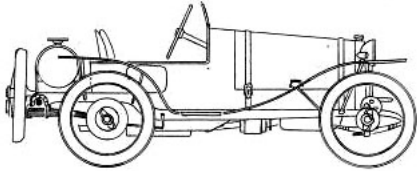
Laikotarpis nuo 1905 m. iki 1914 m. automobilių pramonėje vadinamas „Bronzinis“. Dideli darbai atliekami su automobilio elektrine dalimi – uždegimo sistema. Medį keičia plienas, atsiranda nepavojingas stiklas.

Tais metais didžiausią populiarumą pasiekia Ford T markės automobiliai (žr. 8 pav.).





8 pav. Ford T markės dvivietis, trivietis, keturvietis automobiliai [10]



9 pav. Bugatti Type 13 automobilis [11, 12]

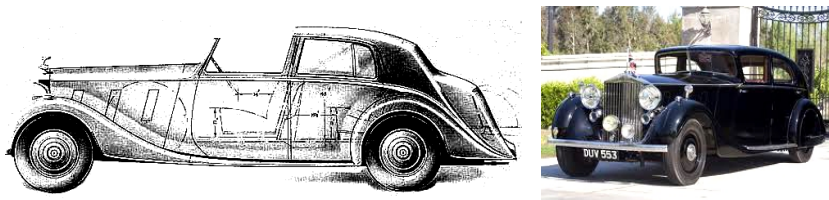
1911 metais pagaminamas pirmasis sportinis automobilis Mercer-Racebout.

1910 – 1920 m. m. sukuriamas miesto – sportinis automobilis Bugatti Type 13, kuriame buvo įkūnyti visi inžineriniai ir dizaino sprendimai (žr. 9 pav.).

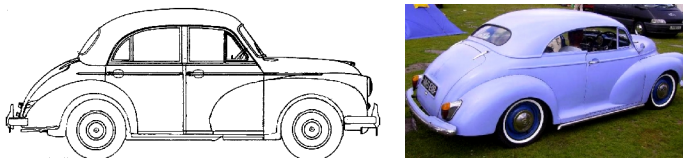
Laikotarpis po pirmojo pasaulinio karo iki 1929 metų skaitomas „Geriausios kokybės“. Jeigu 1919 metais didžioji dauguma (90%) automobilių buvo išleidžiama kabrioletų tipo (be stogo), tai jau 1929 metais 90% išleidžiamų automobilių buvo uždari. Iš šio laikotarpio reikėtų paminėti šiuos automobilius: labiausiai kopijuojamas Austin 7; geriausiai nusisekęs sportinis automobilis Bugatti Type 35; automobilis su ištisu kėbulu ir nepriklausoma priekine pakaba Lancia Lambda; geriausiai parduodamas automobilis per visą laikotarpį Ford Model A; šešiolikos cilindų superliuks markės automobilis Cadillac V-16.

Laikotarpis nuo „didžiosios depresijos“ iki antrojo karo pasekmių likvidavimo vadinamas „Iki karinė era“. Šiame laikotarpyje vyrauja uždaro kėbulo, sedano tipo automobiliai. 1930 – iesiems metams buvo sukurta didžioji dalis mechanikos technologijų, kuri naudojama šiuolaikiniuose automobiliuose. Geriausiai šį laikotarpį atspindi: Alvis Speed 20 ir Speed 25 – pirmieji automobiliai su pilnai sinchronizuota greičių dėže; Ford V8 – su plokščia cilindų galvute; Bugatti Type 57 – turtuolių automobilis; Citroën Traction Avant – priekiniu sukamu tiltu; sportinis jaunimo automobilis MG T serijos; Volkswagen Beetle – efektyvus, pigus automobilis; Rolls-Royce Phantom III – aukščiausios kokybės su V12 varikliu (žr. 10 pav.).

Laikotarpis nuo 1949 metų iki 1980 metų vadinamas „Pokariniu“. Atsiranda aukštos kompresijos V8 varikliai, nauji kėbulai ant amortizacinės



10 pav. Rolls-Royce Phantom III automobilis [13, 14]



11 pav. Morris minor automobilis [15, 16]

pakabos, mini mašinos, į rinką vis labiau braunasi japoniški automobiliai. Didžiulis dėmesys skiriamas konstrukcijų saugai, nepriklausomai pakabai, įpurškimo sistemoms, turbo sistemoms, „Wankel“ varikliams, dujų turbinoms. Galima būtų išskirti tokius automobilius: tipinis pokarinis automobilis – Morris Minor (žr. 11 pav.); nedidelis, labai populiarus – Mini; biznio ir pramogų - Jaguar E-type; labiausiai parduodamas ir labai mėgstamas kolekcionierių – Ford Mustang; japoniškas, sportinis, labai populiarus Šiaurės Amerikoje – Datsun 240Z.

## 5. Apibendrinimas

Straipsnyje pateikta lengvųjų automobilių istorinė apžvalga, išryškinant susiformavusias tokias automobilių grupes: garo, elektrinius, su vidaus degimo varikliais.

## Literatūra

1. Nicolas-Joseph Cugnot. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas-Joseph\\_Cugnot](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolas-Joseph_Cugnot)> [žiūrėta 2010-12-08].
2. Richard Trevithick. Prieiga per internetą <[http://en.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Trevithick](http://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Trevithick)> [žiūrėta 2010-12-08].
3. La Marquise. Prieiga per internetą: <[http://ru.wikipedia.org/wiki/La\\_Marquise](http://ru.wikipedia.org/wiki/La_Marquise)> [žiūrėta 2010-12-08].
4. Robert Davidson. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Robert\\_Davidson\\_\(inventor\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_Davidson_(inventor))> [žiūrėta 2010-12-08].

5. Elektromobilių istorija: atsiradimas ir išnykimas. Prieiga per internetą: <<http://www.electromobile.lt/archives/elektromobiliu-istorija-atsiradimas-ir-isnykimas/>> [žiūrėta 2010-12-08].
6. **Jurkauskas A.** Automobilizmo pradmenys. Kaunas, Technologija, 1999.
7. Siegfried Samuel Marcus. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Siegfried\\_Marcus](http://en.wikipedia.org/wiki/Siegfried_Marcus)> [žiūrėta 2010-12-08].
8. Karl Friedrich Michael Benz. Prieiga per internetą: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Benz\\_Velo](http://en.wikipedia.org/wiki/Benz_Velo)> [žiūrėta 2010-12-08].
9. Wilhelm Maybach Prieiga per internetą: <<http://agmetalmminer.com/2009/11/04/metal-and-the-art-of-motorcycle-maintenance>> [žiūrėta 2010-12-08].
10. Ford T. Prieiga per internetą: <<http://unior.wikispaces.com/file/list>> [žiūrėta 2010-12-08].
11. Bugatti Type 13. Prieiga per internetą: <[http://www.the-blueprints.com/blueprints/cars/bugatti/24170/view/bugatti\\_type\\_13\\_brescia/](http://www.the-blueprints.com/blueprints/cars/bugatti/24170/view/bugatti_type_13_brescia/)> [žiūrėta 2010-12-08].
12. Bugatti Type 13. Prieiga per internetą: <[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1923\\_Bugatti\\_Type\\_13\\_'Brescia'.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1923_Bugatti_Type_13_'Brescia'.jpg)> [žiūrėta 2010-12-08].
13. Rolls-Royce Phantom III. Prieiga per internetą: <<http://carblueprints.info/eng/view/rolls-royce/rolls-royce-phantom-iii-sedan-de-ville-park>> [žiūrėta 2010-12-08].
14. Rolls-Royce Phantom III. Prieiga per internetą: <[http://www.coachbuild.com/gallery/main.php?g2\\_itemId=40957](http://www.coachbuild.com/gallery/main.php?g2_itemId=40957)> [žiūrėta 2010-12-08].
15. Morris Minor. Prieiga per internetą: <<http://www.myrideisme.com/Blog/1964-morris-minor-custom-uk-style/>> [žiūrėta 2010-12-08].
16. Morris Minor. Prieiga per internetą: <<http://carblueprints.info/eng/view/morris/morris-minor-1000-4-door>> [žiūrėta 2010-12-08].
17. **Dowds, A.** Superbikes. Streer Racers: Desing and Technology. Singapūre, Grange Books, 2007. ISBN 978-1-84013-951-8.
18. **Box, R., Cet, M.** Įspūdingiausi pasaulio automobiliai. Aktėja, 2005. ISBN 9955-529-77-6.
19. **Gifford, C.** Automobilių ir motociklų sporto žinynas. Vilnius, Alma litera, 2008. ISBN 978-9955-24-723-4.
20. **Brown, R.** Motorrader. Faszination und Abenteuer. China, Parragon, 2005. ISBN 1-40544-603-X.

# TEMPIAMŲ MECHANIŠKAI NEVIENALYČIŲ SANDŪRINIŲ SUVIRINTŲJŲ SUJUNGIMŲ SU MINKŠTA V FORMOS SIŪLE EKVIVALENTINĖS PLOKŠČIOSIOS SIŪLĖS MATMENŲ TYRIMAS

**K. Kavaliauskas, D. Vaičiulis**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** suvirintasis sujungimas, V formos siūlė, plokščia siūlė.

## 1. Įvadas

Suvirinimas – tai technologinis procesas neišardomai sujungimui gauti. Šiuo metu suvirintos konstrukcijos plačiai taikomos visame pasaulyje, nes yra patvarios, medžiagas galima suderinti pagal jų paskirtį, detales šioms konstrukcijoms galima gaminti pažangiausiais būdais. Suvirintos konstrukcijos yra lengvesnės už lietas, kaltas ar kniedytas [1].

**Darbo tikslas** – panaudojant baigtinių elementų metodą (naudosime programinį paketą ANSYS 10.0) ištirti kaip kinta ekvivalentinės plokščios siūlės matmenys tempiamuose mechaniškai nevienalyčiuose sandūriniuose suvirintuose sujungimuose su minkšta V formos siūle, priklausomai nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s\ V\ vid}$  ir siūlės kampo  $\alpha$ .

## 2. Tyrimams naudotas modelis

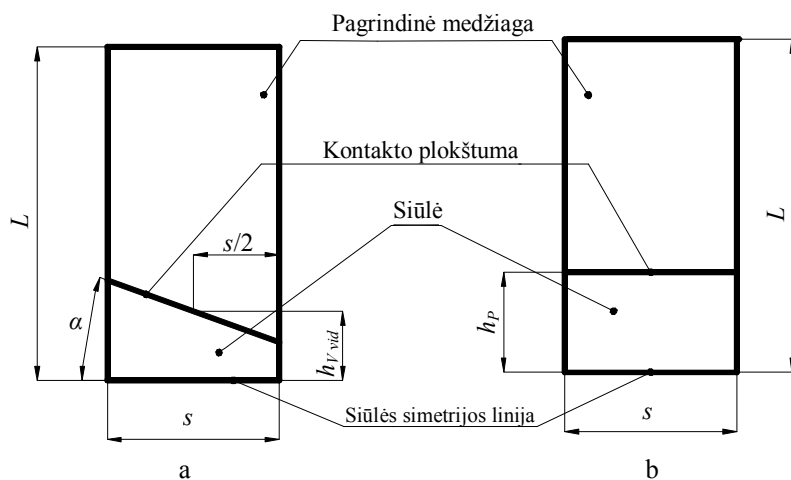
Tyrimams naudoti baigtinių elementų modeliai pateikti 1 pav. Modelis buvo sudarytas iš PLANE82 baigtinių elementų – tai aštuonių mazgų plokščias (2-D) izoparametrinis elementas [2].

Šiame darbe apatiniai indeksais  $P$  ir  $V$  atitinkamai žymimi plokščios ir V formos siūlių parametrai, apatiniu indeksu  $s$  – santykiniai dydžiai, o apatiniu indeksu  $c$  – didžiai nustatyti siūlės simetrijos linijoje (žr. 1 pav.).

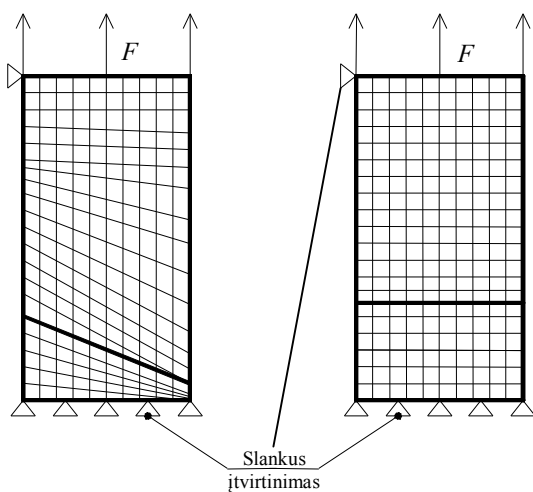
Tyrimuose buvo naudoti šie suvirintojo sujungimo parametrai (žr. 1 pav.):

- suvirintų lakštų sienelės storis  $s = 10\text{ mm}$ ;
- santykinis sujungimo ilgis  $L_s = L / s = 8$ ;
- vidutinis santykinis V formos siūlės aukštis  $h_{s\ V\ vid} = h_{V\ vid} / s = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ ;

- V formos siūlės kampas  $\alpha = 5^\circ; 10^\circ; 15^\circ; 20^\circ; 25^\circ; 30^\circ$ ;
- mechaninio nevienalytiškumo koeficientas – tai pagrindinio metalo (PM) ir siūlės metalo (SM) tamprumo modelių santykis:  $\gamma_e = E_{PM} / E_{SM} = 2$ ; čia  $E_{PM}$  – pagrindinio metalo medžiagos tamprumo modulis;  $E_{SM}$  – siūlės medžiagos tamprumo modulis.



1 pav. Suvirintojo sujungimo parametrai a – V formos siūlė; b – plokščia siūlė



2 pav. Suvirintųjų sujungimų baigtinių elementų modeliai: a – V formos siūlė; b – plokščia siūlė

Įvertinant aukščiau išvardintus parametrus buvo sukurtas script'as (tekstinis failas su ANSYS 10.0 komandomis), kurį paleidus ANSYS'o terpėje automatiškai sukuriamas nurodyto tipo suvirintojo sujungimo modelis (su plokščia arba V formos siūle, žr. 2 pav.) ir išsprendžiamas plokščiosios deformacijos tamprusis statikos uždavinys.

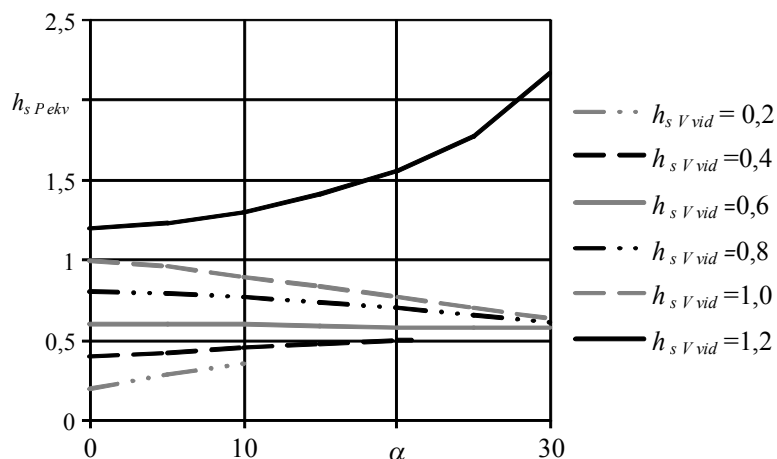
### 3. Tyrimų rezultatai

Buvo tirta kaip ekvivalentinės plokščios siūlės santykinis aukštis  $h_{s\text{ } P\text{ } ekv} = h_P / s$  (žr. 1 pav.) priklauso nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s\text{ } V\text{ } vid}$  ir siūlės kampo  $\alpha$ .

Ekvivalentinės plokščios siūlės santykinis aukštis  $h_{s\text{ } P\text{ } ekv}$  buvo nustatytas taikant tris skirtingas prielaidas. Plokščia siūlė laikoma ekvivalentinė V formos siūlei, kai:

- plokščios ir V formos siūlės simetrijos linijoje didžiausi įtempimų intensyvumai yra lygūs, t. y.  $\sigma_{i\text{ } P\text{ } c\text{ } max} = \sigma_{i\text{ } V\text{ } c\text{ } max}$  (1 prielaida);
- plokščios ir V formos siūlės simetrijos linijoje vidutiniai įtempimų intensyvumai yra lygūs, t. y.  $\sigma_{i\text{ } P\text{ } c\text{ } vid} = \sigma_{i\text{ } V\text{ } c\text{ } vid}$  (2 prielaida);
- plokščios ir V formos siūlių deformavimui sunaudojama tokia pat energija, t. y.  $\iiint \sigma_{P\text{ } ekv} e_{P\text{ } ekv} dV = \iiint \sigma_{V\text{ } ekv} e_{V\text{ } ekv} dV$  (3 prielaida).

**1 prielaida.** Plokščios ekvivalentinės siūlės santykinio aukščio  $h_{s\text{ } P\text{ } ekv}$  priklausomybė nuo  $h_{s\text{ } V\text{ } vid}$  ir  $\alpha$  pateikta 3 pav. Kai V formos siūlės santykinis



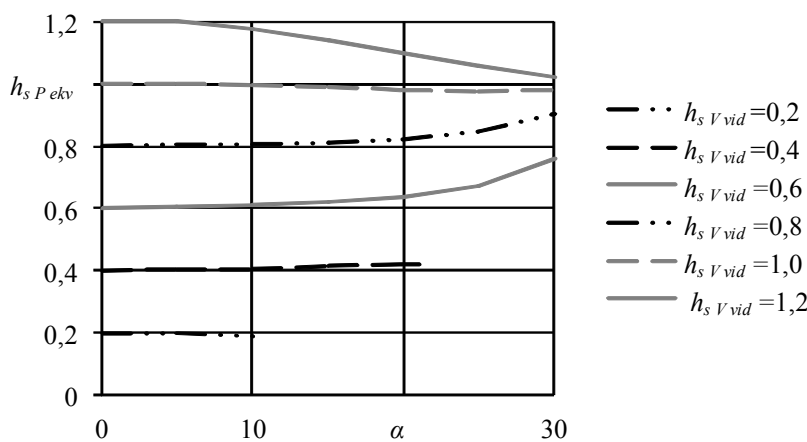
3 pav. Ekvivalentinės plokščios siūlės aukščio  $h_{s\text{ } P\text{ } ekv}$  priklausomybė nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s\text{ } V\text{ } vid}$  ir siūlės kampo  $\alpha$ , kai taikoma 1 prielaida

vidutinis aukštis  $h_{s\ V\ vid}$  yra nedidelis ( $h_{s\ V\ vid} < 0,55$ ), tai didėjant V formos siūlės kampui  $\alpha$  aukštis  $h_{s\ P\ ekv}$  didėja. Kai  $h_{s\ V\ vid} \approx 0,55 \dots 0,65$ , tai  $h_{s\ P\ ekv}$  nuo  $\alpha$  beveik nepriklauso, t. y. nekinta. Esant didesnėms  $h_{s\ V\ vid}$  reikšmėms ( $0,65 < h_{s\ V\ vid} < 1,2$ ) ir didėjant  $\alpha$ ,  $h_{s\ P\ ekv}$  pradeda mažėti. Kai  $h_{s\ V\ vid}$  reikšmės yra didelės ( $h_{s\ V\ vid} \geq 1,2$ ), tai didėjant  $\alpha$ ,  $h_{s\ P\ ekv}$  vėl pradeda didėti.

Naudojant 1 prielaidą gavome, kad kintant  $h_{s\ V\ vid}$  yra nepastovios  $h_{s\ P\ ekv}$  kitimo tendencijos. Tai galima paaiškinti tuo, kad V formos siūlės simetrijos linijoje didžiausias įtempimų intensyvumas realizuojasi skirtingose vietose, esant skirtingiems kampams  $\alpha$ .

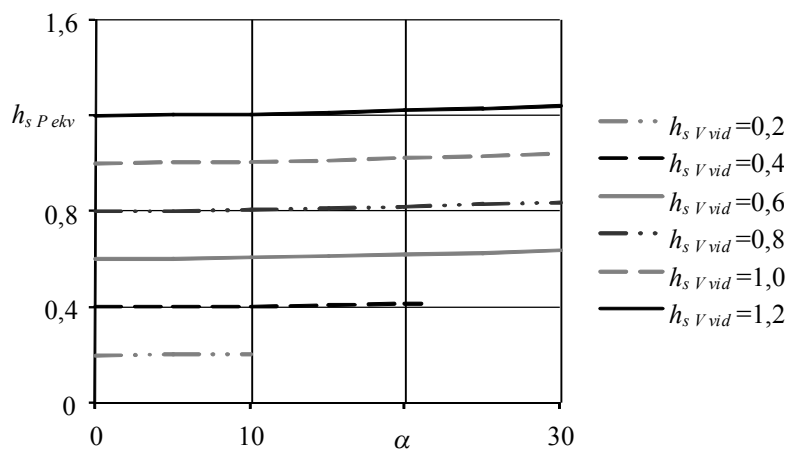
**2 prielaida.** Plokščios ekvivalentinės siūlės santykinio aukščio  $h_{s\ P\ ekv}$  priklausomybė nuo  $h_{s\ V\ vid}$  ir  $\alpha$  pateikta 4 pav. Kai  $h_{s\ V\ vid} \approx 0,2 \dots 0,4$ , tai  $h_{s\ P\ ekv}$  nuo  $\alpha$  beveik nepriklauso, t. y. kitimas yra nežimus. Esant didesnėms  $h_{s\ V\ vid}$  reikšmėms ( $0,6 < h_{s\ V\ vid} < 1,0$ ) ir didėjant  $\alpha$ ,  $h_{s\ P\ ekv}$  pradeda didėti. Kai  $h_{s\ V\ vid}$  reikšmės yra didelės ( $h_{s\ V\ vid} \geq 1,0$ ), tai didėjant  $\alpha$ ,  $h_{s\ P\ ekv}$  pradeda mažėti.

Naudojant 2 prielaidą gavome kaip ir 1 prielaidoje, kad kintant  $h_{s\ V\ vid}$  yra nepastovios  $h_{s\ P\ ekv}$  kitimo tendencijos. Liginant su 1 prielaida, kai  $h_{s\ P\ ekv} \leq 0,6$ , tai skirtumas tarp rezultatų neviršija 1,3 karto. Kai  $h_{s\ P\ ekv} = 1,2$ , tai skirtumas tarp rezultatų  $\approx 2,1$  karto.



4 pav. Ekvivalentinės plokščios siūlės aukščio  $h_{s\ P\ ekv}$  priklausomybė nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s\ V\ vid}$  ir siūlės kampo  $\alpha$ , kai taikoma 2 prielaida

**3 prielaida.** Plokščios ekvivalentinės siūlės santykinio aukščio  $h_{s\ P\ ekv}$  priklausomybė nuo  $h_{s\ V\ vid}$  ir  $\alpha$  pateikta 5 pav. Liginant su 1 ir 2 prielaidomis šiuo atveju  $h_{s\ P\ ekv}$  kitimo tendencija išlieka tokia pat. Kai  $h_{s\ P\ ekv} = 0,6$ , tai



5 pav. Ekvivalentinės plokščios siūlės aukščio  $h_{s P_{ekv}}$  priklausomybė nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s V_{vid}}$  ir siūlės kampo  $\alpha$ , kai taikoma 3 prielaida

lyginat su 1 prielaida skirtumas yra  $\approx 1,1$  karto, su 2 prielaida –  $\approx 1,3$  karto. Kai  $h_{s P_{ekv}} = 1,2$ , tai lyginat su 1 prielaida skirtumas  $\approx 1,7$  karto, su 2 prielaida skirtumas  $\approx 1,2$  karto.

#### 4. Išvados

1. Taikant pirmąją ir antrąją prielaidas gauname, kad plokščios ekvivalentinės siūlės santikinio aukščio  $h_{s P_{ekv}}$  priklausomybė nuo V formos siūlės vidutinio santykinio aukščio  $h_{s V_{vid}}$  ir siūlės kampo  $\alpha$  neturi pastovios kitimo tendencijos.
2. Taikant trečiąją prielaidą gauname, kad plokščios ekvivalentinės siūlės santikinio aukščio  $h_{s P_{ekv}}$  priklausomybės nuo  $h_{s V_{vid}}$  ir  $\alpha$  kitimo tendencija išlieka ta pati. Todėl trečioji prielaida yra tinkamiausia nustatant  $h_{s P_{ekv}}$ .

#### Literatūra

1. Smilgevičius A., Žebrauskas S. Elektrotechnikos terminų žodynas. – Kaunas, 1999. – 871 p.
2. ANSYS User Manual Volume 4 Theory Updo ON-R 300. 50 – 4.



# SUTVIRTINTOS MEDINĖS SIJOS STANDUMO TYRIMAS

**A. Bedalis**

*Kauno technologijos universiteto Panevėžio institutas*

**Raktiniai žodžiai:** sija, standumas, medis, plienas.

## 1. Įvadas

Daugelyje šiuolaikinės technikos sričių kompozicinės konstrukcijos yra vienos iš efektyviausių. Optimaliai parenkant ir išdėstant komponentus, kompozicinė konstrukcija gali tenkinti daugiau eksploatacinių reikalavimų negu vienkomponeentė konstrukcija [1].

Viena svarbiausių statybininkų užduočių – statyboje naudoti lengvas konstrukcijas. Naudojant lengvas konstrukcijas sutaupoma metalo. Tarp lengvų konstrukcijų svarbiausią vietą užima medis. Mediena turi daug gerų savybių: tai mažas šiluminio plėtimosi koeficientas, be to mediena lengvai ir greitai apdorojama [2].

Šiame darbe tirta medinė sija sutvirtinta su plieno lakštais, iš sijos apačios, ir iš sijos apačios ir sijos viršaus.

**Tyrimo objektas:** šešių metrų sija sudaryta iš dviejų medžiagų.

**Tyrimo tikslas:** laisvai pasirinktų matmenų stačiakampio skerspjūvio medinės sijos sutvirtintos plieno juostomis standumo didinimas, išlaikant pastovų sijos aukštį ir plotį, siekiant gauti maksimalų standumą, o sijos svoris nebūtų didesnis negu 2,5 karo už medinės sijos svorį.

## 2. Tyrimo objektas

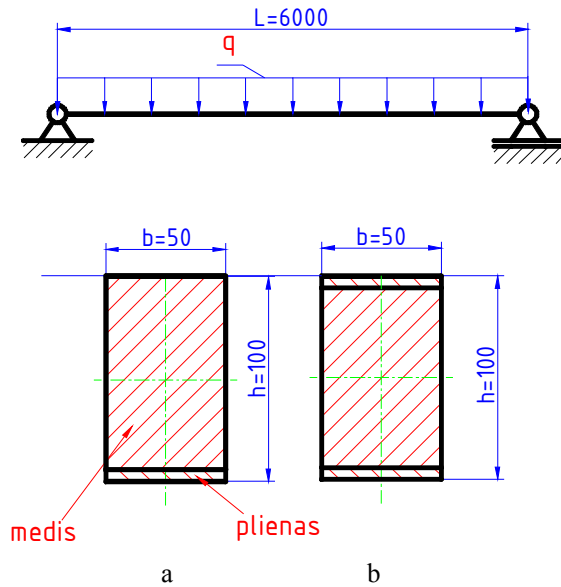
Sijos projektavimui naudosis dvi medžiagas: medis – ąžuolas, metalas – plienas, kurių mechaninės charakteristikos parodytos 1 lentelėje.

1 lentelė

Medžiagų charakteristikos [3]

| Eil. Nr. | Pavadinimas       | $E$ , Pa          | $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> | Kaina                 |
|----------|-------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1        | Medis (ąžuolas)   | $3 \cdot 10^{10}$ | 580                        | 450 Lt/m <sup>3</sup> |
| 2        | Metalas (plienas) | $2 \cdot 10^{11}$ | 7800                       | 2,40 Lt/kg            |

Tyrimą atliksiu nagrinėdamas 6 m ilgio dviatramę stačiakampio skerspjūvio siją ( $b \times h = 0,05 \times 0,1$  m), sijos aukštis ir plotis  $h = const$ ,  $b = const$ . Siją sutvirtinsiu plieno juostomis, keisdamas jų aukštį  $h_s$  nuo 0,005 iki 0,1 m (1 pav.).



1 pav. Dviatramė sija

Nagrinėjant daugiasluksnį konstrukcinį elementą (DKE) iš pradžių apskaičiuoju ašinį standumą (1) ir tada randu neutralaus sluoksnio liniją [1]

$$B = \sum_{i=1}^n E_i A_i . \quad (1)$$

Dvisluoksnei sijai (1 pav., a) neutralusis sluoksnis apskaičiuojamas iš lygties (2), o trisluoksnei sijai iš lygties (3)

$$y_n = \frac{B_1 h_1 + B_2 h_2 + 2 B_2 h_1}{2(B_1 + B_2)} , \quad (2)$$

$$y_n = \frac{B_1 h_1 + B_2 h_2 + B_3 h_3 + 2[B_2 h_1 + B_3(h_1 + h_2)]}{2(B_1 + B_2 + B_3)} . \quad (3)$$

Iš  $n$  sluoksnių, kurių kiekvieno savasis standumas  $E_i I_i$ , sudarytų daugiasluoksnių sijų standumas lenkiant (4) [1]

$$D = \sum_{i=1}^n E_i I_i . \quad (4)$$

Kai sijos skerspjūvio elementai yra stačiakampės formos, i-ojo sluoksnio inercijos momentas (5):

$$I_i = \frac{b_i h_i^3}{12} + b_i h_i \cdot y^{*2} . \quad (5)$$

Nagrinėjamo sluoksnio skerspjūvio vidurio atstumas  $y^*$  iki pjūvio neutraliosios ašies apskaičiuojamas iš lygybės (6)

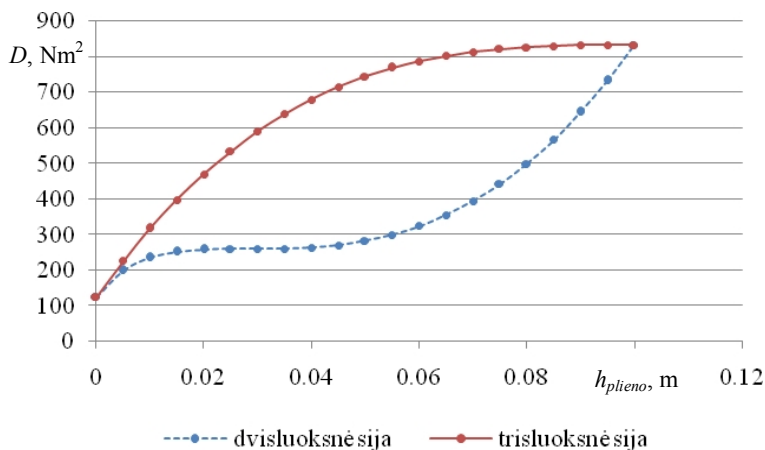
$$y^* = y_n - 0,5h_i - \sum_{m=1}^{i-1} h_m . \quad (6)$$

### 3. Tyrimo rezultatai

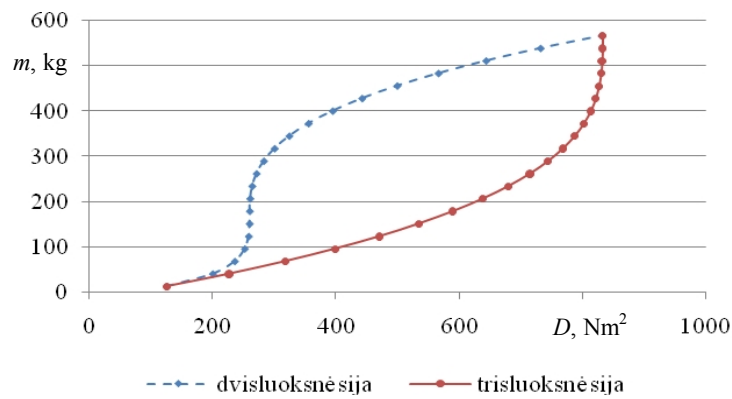
Tyrimo rezultatus atspindi 3 ir 4 pav. pateikti grafikai. Nesutvirtinta ažuolinė sija sveria 17,4 kg. Kad neviršyti jos svorio 2,5 karto ir gauti DKE maksimalų standumą, sija racionaliausia tvirtinti iš abiejų galų, pridėdant po 0,005 m storio plieno juostas.

Dvisluoksnės ir trisluoksnės sijos grafikas, kaip funkcija standumo nuo plieno storio (2 pav.).

Iš (2 pav.) matyti, kad dvisluoksnę siją apkraunant plienų iki ~0,05 m standumas didėja nežymiai, o trisluoksnei sijai didėja.



2 pav. DKE standumo priklausomybė nuo plieno storio



3 pav. Standumo priklausomybė nuo DKE svorio

Iš 3 pav. grafiko, DKE standumo priklausomybės nuo svorio, matyti, kad dvisluoksnės sijos svoris pradeda sparčiai kilti pasiekus  $\sim 200 \text{ Nm}^2$  standumą, o trisluoksnės sijos standumas kyla beveik tolygiai iki  $\sim 750 \text{ Nm}^2$ .

#### 4. Išvados

1. Iš pateiktų grafikų matyti, kad didesnis standumas gaunamas sija sutvirtinus plienu iš abiejų galų, panaudojant ta pati plieno kiekį.
2. Kad neviršyti ąžuolinės sijos svorio 2,5 karto iš 3 pav. grafiko matyti kad siją racionaliausia sutvirtinti iš abiejų pusių, jos gautas svoris 39,21 kg, ir tai neviršija 2,5 karto ąžuolines sijos svorio.
3. Gautas maksimalus sijos standumas  $316,958 \text{ Nm}^2$ , kai sijos svoris 39,21 kg.

#### Literatūra

1. **Bareiškis J.** Plastikų, kompozitų ir daugiasluoksnių konstrukcinių elementų stiprumas. Monografija. – Kaunas: Technologija, 2006. – 252 p.
2. **Valentinavičius A.** Klijuotinės medžio konstrukcijos. – Vilnius, 1974. – 323 p.
3. **Dragūnas B., Pilikauskas K.** ir kt. Inžinieriaus mechaniko žinynas. – Vilnius, 1988. – 528 p.

## AUTORIŲ INDEKSAS

### **B**

|                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Bagavičius R..... | 75                     |
| Balčėtis M.....   | 69                     |
| Bartulis A. ....  | 134                    |
| Bazaras Ž.....    | 23, 123, 147, 158, 181 |
| Bedalis A. ....   | 212                    |
| Blagoderov A..... | 47                     |
| Boguška J. ....   | 192                    |
| Bražėnas A. ....  | 12, 107, 153           |
| Budginienė D..... | 128                    |

### **Č**

|                      |    |
|----------------------|----|
| Česnulevičius A..... | 18 |
| Činikas S. ....      | 92 |

### **D**

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Daščioras M.....  | 32  |
| Dėmenienė A. .... | 199 |
| Dėmenis R. ....   | 199 |

### **F**

|                  |    |
|------------------|----|
| Fiodorova V..... | 58 |
|------------------|----|

### **G**

|                      |          |
|----------------------|----------|
| Garuckas D. ....     | 101, 118 |
| Girštautaitė I. .... | 81       |

### **I**

|                    |    |
|--------------------|----|
| Ivašauskas A. .... | 52 |
|--------------------|----|

### **J**

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Jakštas Ž. .... | 123 |
|-----------------|-----|

### **K**

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Kadžys L. ....      | 107 |
| Kaupienė J.....     | 187 |
| Kavaliauskas K..... | 207 |
| Kleiza V. ....      | 165 |
| Kličius T. ....     | 38  |
| Klimanskis S. ....  | 38  |
| Kondratas A. ....   | 98  |

### **L**

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Laurinavičius R. .... | 98 |
|-----------------------|----|

### **M**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Maikštėnienė L.....             | 141   |
| Mandryka R.....                 | 18    |
| Minevičienė J. ....             | 101   |
| Morkvėnaitė-Vilkončienė I. .... | 7, 52 |

### **N**

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Narbutas T.....       | 134 |
| Navardauskaitė M..... | 187 |

### **P**

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Pakėnaitė T.....              | 187 |
| Pelenytė-Vyšniauskienė L..... | 128 |
| Petkevičius P. ....           | 147 |
| Petrulaitis D.....            | 181 |
| Piskarskas M. ....            | 112 |
| Preidys A.....                | 153 |

### **R**

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Ramaškaitė V. .... | 175 |
|--------------------|-----|

**S**

Sinkevičius V..... 47, 58, 69, 75, 86  
Strikulis L..... 64  
Striukienė D..... 199  
Suslovičius G..... 158

**T**

Tautkus A.....32, 92, 112, 141, 175  
Tilindis J..... 165

**U**

Urbanavičiūtė L. .... 64, 81

**V**

Vaičiulis D. ....207  
Valickas J..... 134, 192  
Velmunskaitytė I. .... 118  
Virbalas V.....86  
Viržonis D..... 7, 52

**Z**

Zaborskis M. ....23  
Zakarauskas D. ....12

SL 344. 2010-12-20. 13,75 leidyb. apsk. l. Tiražas 45 egz.

Kaina sutartinė. Užsakymas 716.

Išleido leidykla „Technologija“, K. Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas

Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas