

# ROLAMAITO TIPO MECHANIZMŲ EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

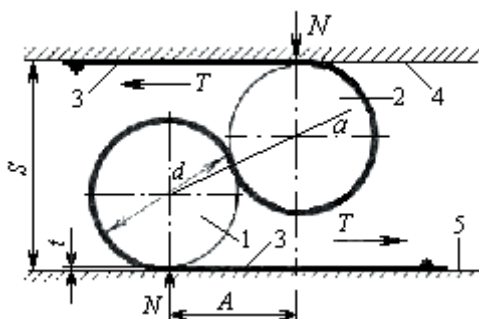
Antanas Andrijauskas, Ričardas Viktoras Ulozas

UAB „Auto anta“, Šiaulių universitetas, Šiaulių valstybinė kolegija

## Įvadas

Rolamaito tipo mechanizmai (RTM), palyginti su kitais juostiniais-ritininiais mechanizmais, pasižymi dideliu kinematinio tikslumu, žemu trinties koeficientu (mažiausia trinties koeficiento reikšmė 0,00004), plačiu funkcinio pritaikomumu. Jie gali būti panaudoti koordinatinėse matavimo mašinose, signalizacijos įrenginiuose, termostatuose, vožtuvuose, dinaminuose virpesių slopintuvuose, perdavimo įtaisuose, protezų sąnariuose, siurbliuose, juostos pratraukimo mechanizmuose, robototeknikoje, medicinoje įrangoje ir kt.

Klasikinė RTM konstrukcija (1 pav.) sudaryta iš dviejų cilindrinė ritinėlių 1 ir 2,  $S$  būdu glaudžiai (su įtempimu) dideliu kampu ( $> 180^\circ$ ) apgaubiamų lanksčia juosta 3, galais pritvirtinta prie kreipiančiųjų plokštumų 4 ir 5. RTM ritinėliai atlieka tiesialinijinį grįžtamąjį su vienalaikiu sukimosi judesį.



1 pav. Klasikinė rolamaito tipo mechanizmo schema

Šios rolamaitinės atramos statinė pusiausvyrą aprašoma lygtimi:

$$TS = TA$$

kur:  $T$  – juostos įtempimas;  $S$  – atstumas tarp kreipiančiųjų plokštumų;  $N$  – normalinė jėga;  $A$  – atstumas tarp ritinėlių centrų pagal horizontalę.

RTM sukūręs Donaldas Uilksas (D. F. Wilkes) teigia, kad šio mechanizmo elementai juda vienas kito atžvilgiu be praslydimo (Wilkes, 1967; 1969), tačiau C. M. Percival, F. R. Norwood (1969) nurodo, kad praslydimų būna esant tam tikriems mechanizmo parametrams.

Praslydimą tarp RTM elementų veikia juostos

įtempimo jėgos dydis ir ritinėlių apgaubimo juosta kampo dydis. Juostos įtempimo jėga  $T$  ir normalinė jėga  $N$  sąveikauja pagal priklausomybę

$$N = \frac{T(1 + \cos \alpha)}{\sin \alpha},$$

kur:  $\alpha$  – ritinėlių centrų linijos poskyrio kampas, taigi, didinant kampą  $\alpha$ ,  $N \rightarrow T$ .

Vadinasi, didinant ritinėlių apgaubimo juosta kampą, lygiau paskirstomi įtempimai RTM elementų susilietimo paviršiuose, ir apkrova, veikianti juosta, pasiskirsto vienodžiau.

RTM, precizinės technikos uždavinių sprendimo požiūriu, turi trūkumą – juose negalima valdyti pasipriešinimo judesiui jėgų momento dydžio bei traukimo jėgos dydžio, o tai gerokai susiaurina mechanizmų naudojimo sritį.

**Darbo tikslas** – ištirti dinaminis procesus, vykstančius RTM ritinėlio ir juostos sistemoje, ištirti galimybes valdyti rolamaito tipo mechanizmų trintį, pateikti išvadas.

## Mechanizmų trinties jėgos mažinimo virpesiais analizė

Jau 1959 m. H. D. Fridman ir P. Levesque tyrinėjo virpesių įtaką trinties sumažėjimui, panaudodami nuo 6 iki 41 kHz dažnių virpesius, ir 100 % sumažino statinės trinties koeficientą. Kūniui sąveikaujant su virpančiu paviršiumi, kontaktas tarp jų periodiškai trūkinėja.

Trinties jėgą galima sumažinti veikiant slydimo plokštumą kryptingais tangentiniais ar jai statmenais virpesiais. Tangentinių virpesių poveikis slydimo plokštumai turi tą trūkumą, kad trinties kūnai gali išsidėvėti ar net šaltai susivirinti (Lehfeld, 1968). Panaudojant tangentinis virpesius elektroniniuose mikroskopuose, staliuko su objektyvu virpesiai gali sumažinti vaizdo ryškumą. Norint to išvengti, reikia sužadinti virpesius, statmenus trinties plokštumai.

Kai virpesiams suteikiamas pagreitis, didesnis už laisvojo kritimo pagreitį, gerokai sumažėja trinties jėga (Godfrey, 1967). Tyrinėjant kontakto pasipriešinimą, nustatyta, kad trinties jėga sumažėja, kai iš dalies išnyksta kontaktas tarp abiejų plokštumų. Sužadinant dviejų lygiagrečių plokštumų – pagrindo ir judamo kūno arba virpesių žadintuvo ir masės –

virpesius, galima gauti virpesių plėvelę (VP) (Fehse, 1969).

W. Weishaupt (1971) disertaciniame darbe aprašomi trinties jėgos tyrinėjimai, sužadinant nerezonansinius žemojo dažnio virpesius nuo 10 Hz iki 10 kHz, kai maitinimo įtampos amplitudė yra nuo 0 iki 1200 V. Nustatyta, kad trinties jėgos sumažėjimas susijęs su realaus kontaktinio ploto sumažėjimu, nors tarp trinties kūnų ir nesusidaro VP. Todėl šį metodą galima pritaikyti darbui vakuume. Darbe aprašyta galimybė pritaikyti pjezokeraminius elementus trinties jėgai sumažinti.

Tikrasis dviejų virpančių kūnų kontakto plotas yra 2–4 eilėmis mažesnis nei geometrinis mikrokonto plotas (Bowden, Tabor, 1964). Didinant apkrovimo jėgą, padidėja mikrokonto skaičius, tuo tarpu vieno mikrokonto vidutinis plotas nepriklauso nuo apkrovimo jėgos.

Gana išsamūs šios srities tyrinėjimai aprašyti J. Jungclaus (1973) darbe, kur išanalizuoti kietų sljstančių kūnų trinties mechanizmai. Ypatingą reikšmę trinčiai turi kontakto plotas. Darbe pateiktas trinties jėgų sumažinimo aukštadažniais virpesiais modelis ir šio reiškinio matematinis aprašymas.

Kaip matyti iš įvade pateiktos trinties mažinimo virpesiais analizės, sumažėja realus virpančio elemento ir judamo kūno paviršiaus kontakto plotas. Didinant virpančio elemento virpesių amplitudę, tarp sąveikaujančių kūnų susidaro virpesių plėvelė. VP susidarymo mechanizmas išsamiai nagrinėtas R. M. Kanarėno (Канапенас, 1984) darbe.

Toks darbo režimas rolamaito tipo mechanizams yra labai naudingas, nes išplečiamos jų funkcinės galimybės, padidėja mechanizmų jautrumas, pagerėja jų dinaminės charakteristikos, pailgėja atskirų mazgų naudojimo trukmė (Рагулскис, Улозас и др., 1990; Улозас, 2007).

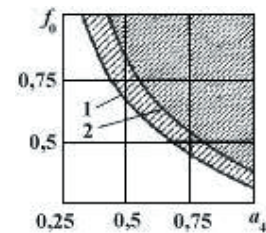
Negalima valdyti tokių klasikinių RTM parametrų kaip traukimo jėga arba pasipriešinimo judesiui jėgų momentas, išskyrus tik tampriųjų charakteristikų priklausomybę nuo RTM grandžių padėties. Įtaisius RTM virpančius elementus, t. y. panaudojus aukštadažnius virpesius, buvo praplėstos RTM funkcinės galimybės – tapo įmanoma valdyti juose trintį, padidinti darbo žingsninio režimo grei-taeigiškumą. Labiausiai paplitusi RTM virpančių elementų sudėtinė dalis yra pjezoelektriniai keitikliai – pjezokeraminiai elementai. Daugelyje RTM konstrukcijų jie yra ritinėlių, kurių ašys nejudamai tvirtinamos prie nejudamo pagrindo, sudėtinė dalis. RTM korpusas, veikiamas išorinių jėgų ar vidinių, kylančių kinematinėje ritinėlio ir juostos poroje, atlieka tiesiaeigį judesį. Tokių RTM ritinėliai atlieka vibracinių atramų funkcijas.

Kuriant precizinius rolamaito tipo mechanizmus su valdoma trintimi, skirtus objektams po-

zicionuoti ar lanksčios juostos įtempimui reguliuoti, reikia ne tik teoriškai, bet ir eksperimentiškai tirti dinaminis procesus, vykstančius RTM.

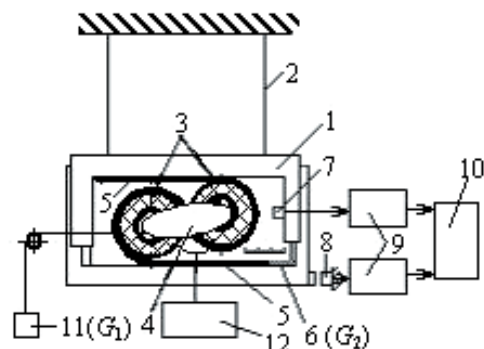
### RTM su virpančiais ritinėliais dinaminis charakteristikų tyrimai

Teoriškai tiriant supaprastintą RTM sistemos „ritinėlis-juosta“ dinaminį modelį, išsiaiškinta, kad, veikiant tiriamos sistemos elementus virpesiais, galima valdyti slydimo tarp jų procesą (2 pav.) (Рагулскис, Улозас и др., 1990).



**2 pav.** RTM sistemos „ritinėlis-juosta“ supaprastinto dinaminio modelio teorinis tyrimas. Sistema: 1 – virpesiais neveikiama; 2 – paveikta virpesiais. Užbrūkšniuota sistemos elementų tarpusavio neprasydimo zona

Eksperimentiškai RTM su virpančiais ritinėliais buvo tiriami specialiai sukurtu prietaisu (TSRS išradimas Nr. 609074), kurio darbo principas remiasi trinties tarp RTM elementų valdymu, t. y. VP, sudaromos tarp virpančių ritinėlių ir juos gaubiančios juostos, parametrų keitimu (3 pav.).

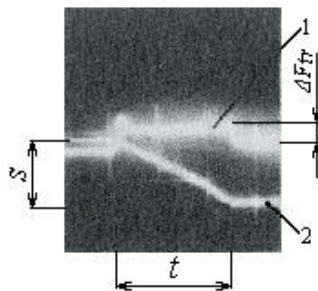


**3 pav.** RTM su virpančiais ritinėliais tyrimo prietaisas

Eksperimentinis prietaisas (3 pav.) susideda iš korpuso 1, kurio viršutinė dalis, įeinanti į apatinę, pritvirtinama prie dviejų plokščių spyruoklių 2, šios savo ruožtu pritvirtinamos prie nejudamo pagrindo. Į korpuso 1 vidų įstatomi tiriamo RTM virpantys ritinėliai 3, kurių ašys nejudamai sujungtos plokšte 4. Kiekvienas ritinėlis dideliu kampu (180°–265°) gaubiamas lanksčia juosta 5, kuri vienu galu įtvirtinama prie viršutinės korpuso 1 dalies, o kitą galą

tempia svoris  $6 (G_2)$ . Ant korpuso 1 ir nejudamo pagrindo pritvirtinti poslinkio jutikliai 7 ir 8, per signalų stiprintuvus 9 sujungti su registravimo prietaisu 10. Kad ritinėlius 3 veiktų tempimo jėga  $G_1$ , prie plokštelės 4 pritvirtinamas svarmuo 11. Virpančių ritinėlių 3 elektrodai sujungti su aukštadažnės įtampos šaltiniu 12. Korpuso 1 poslinkį, sukeltą deformuojantis plokščioms spyruoklėms 2, jas paveikus svarmeniu 11, fiksuoja poslinkio jutiklis 8. Ritinėlių 3 poslinkį korpuso 1 atžvilgiu fiksuoja poslinkio jutiklis 7. Korpuso 1 viršutinės ir apatinės dalių poslinkiu (padėties pakeitimu) galima pakeisti ritinėlių 3 apgaubimo juosta 5 kampa.

Veikiant ritinėlius 3 tempimo jėga  $G_1$ , trinties jėga  $F_r$  veikia spyruoklių 2 deformacijas, korpusas 1 paslenka, ir jo paslinkimą fiksuoja jutiklis 8, o registruoja prietaisas 10. Davus aukštadažnį elektrinį signalą ritinėlių 3 elektrodams, ritinėliai pradeda virpėti, trinties jėga sumažėja dydžiu  $\Delta F_r$ , atsiranda slydimas tarp juostos 5 ir ritinėlių 3. Sumažėjus trinties jėgai, spyruoklės 2 grįžta pradinės padėties pusėn ir poslinkio jutiklis 8 tai fiksuoja (4 pav.). Išjungus aukštadažnį elektrinį signalą ritinėlių 3 elektrodams, trinties jėga įgauna savo pradinį dydį. Matuojamas rimties trinties jėgos  $F_0$  dydis, kuri viršijus ritinėliai pradeda judėti neduodant jiems aukštadažnių elektrinių signalų, esant duotiems įtempimo jėgos  $G_2$  dydžiams.

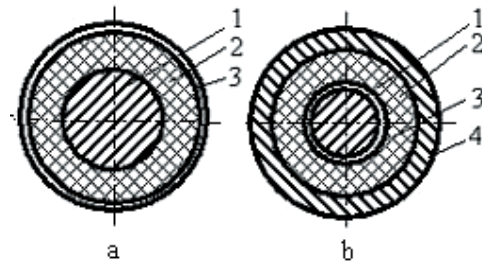


4 pav. Tiriamojo RTM virpančių ritinėlių ir korpuso poslinkių būdingosios oscilogramos

Iš oscilogramos 1, kuri atitinka tiriamojo RTM korpuso poslinkį, galima spręsti apie trinties jėgos  $F_r$  sumažėjimą –  $\Delta F_r$ , o iš oscilogramos 2, atitinkančios virpančių ritinėlių poslinkį, – apie jų nuėitą kelią  $s$  ir laiką  $t$ , per kurį šis kelias nueinamas. Kaip matyti, eksperimentiniai tyrimai (4 pav., 1-oji oscilograma patvirtina teorinių tyrimų (2 pav.) teisingumą.

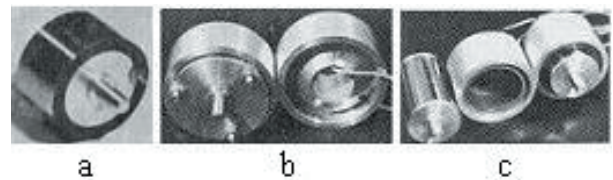
Buvo tiriami trys RTM virpančių ritinėlių tipai – nejudamas (5 pav., a), nejudamas su bangolaidžiu (6 pav., b) ir judamas – sukamas (5 pav., b).

Buvo tirti RTM ritinėlių, skirtingais kampais gaubiamų nevienoda jėga įtempta juosta, sužadinanamų poslinkių dydžiai.



5 pav. RTM virpantys ritinėliai: a – nejudamas (1); b – sukamas (2); 1 – ašis, nejudamai tvirtinama prie pagrindo; 2 – pjezokeraminis žiedas; 3 – elastinis frikcinis žiedas; 4 – standus žiedinis apdangalas, gaubiamas lanksčia juosta

Kai lanksčios juostos gaubiamo nejudamo RTM ritinėlio (5a, 6a pav.) pjezokeraminio žiedo elektrodams duodamas aukštadažnis elektrinis signalas, ritinėlis pradeda virpėti. Tarp ritinėlių (1) gaubiančios lanksčios juostos ir pjezokeraminio žiedo 2 apgaubusio elastinio frikcinio žiedo 3 sumažėja tikrasis kontakto zonos plotas ir susidaro VP. Ritinėlis (1) skirtas trinčiai sumažinti įtaisuose, į kuriuos įeina RTM. Ritinėlio ašis 1 tvirtinama prie pagrindo nejudamai, o tokio tipo RTM ritinėliai ne rieda lanksčia juosta, o slysta.



6 pav. RTM virpantys ritinėliai: a – nejudamas (1), (5 pav., a); b – nejudamas (1) su bangolaidžiu; c – sukamas (2), (žr. 5 pav., b)

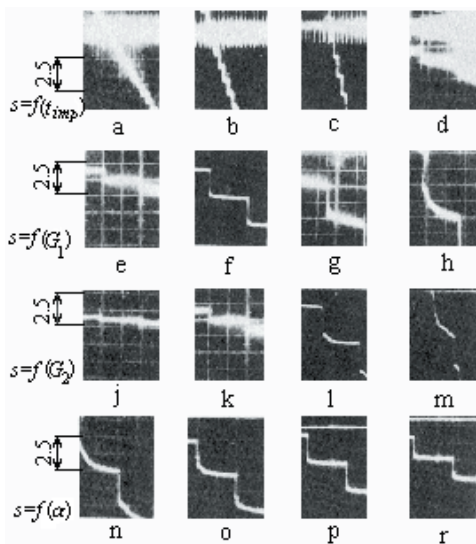
RTM nejudami virpantys ritinėliai su bangolaidžiu (6b pav.), esant tokioms pat maitinimo ir jų poveikio jėgomis sąlygoms, virpa didesne amplitude nei ritinėliai be bangolaidžių (5a, 6a pav.).

Tiriamasis sukamas ritinėlis (5b, 6c pav.) taip pat skirtas trinčiai sumažinti įtaisuose, į kuriuos įeina RTM. Tačiau tokių RTM ritinėliai (2) rieda lanksčia juosta. Ritinėlis (2) susideda iš ašies 1, nejudamai tvirtinamos prie pagrindo, ir ant jos užmaunamo surinkto žiedinio pjezokeraminio elemento. Šis susideda iš pjezokeraminio žiedo 2, kurio vidinėje pusėje pritvirtintas elastinis frikcinis žiedas 3, kuris kontaktuoja su ašimi 1, o išorėje žiedą 2 gaubia nejudamai prie jo pritvirtintas standus žiedinis apdangalas 4, kuris kontaktuoja su jį gaubiančia lanksčia juosta. Tokia me ritinėlyje (2) tarp užmaunamo surinkto žiedinio pjezokeraminio elemento elastinio frikcinio žiedo 3 ir nejudamos ašies 1 susidaro virpesių suspausta dujinė plėvelė (VSDP).

Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami maitinant ritinėlius aukštadažne įtampa nepertraukiamo ir žingsninio darbo režimais.

Nepertraukiamo reguliavimo signalo režimo bandymai atlikti norint nustatyti trinties jėgos priklausomybes nuo virpesių amplitudės ir ritinėlius maitinančių elektrinių impulsų periodo, nuo ritinėlių gaubimo juosta kampo, nuo jėgos, tempiančios ritinėlius, ir nuo juostos įtempimo jėgos.

Žingsninio reguliavimo signalo režimo bandymai atlikti siekiant išsiaiškinti ritinėlio poslinkio  $s$  ilgio (kelio, kurį persislinko ritinėlis per vieną reguliavimo impulso periodą) priklausomybes nuo impulso trukmės  $t_{imp} - s = f(t_{imp})$ , nuo ritinėlių tempimo jėgos  $G_1 - s = f(G_1)$ , nuo juostos įtempimo jėgos  $G_2 - s = f(G_2)$ , nuo ritinėlių gaubimo juosta kampo  $\alpha - s = f(\alpha)$  (7 pav.).



7 pav. RTM virpančių ritinėlių (1) poslinkių oscilogramos, esant žingsniniam darbo režimui (parodyta poslinkio atkarpa  $s = 2,5$  mm)

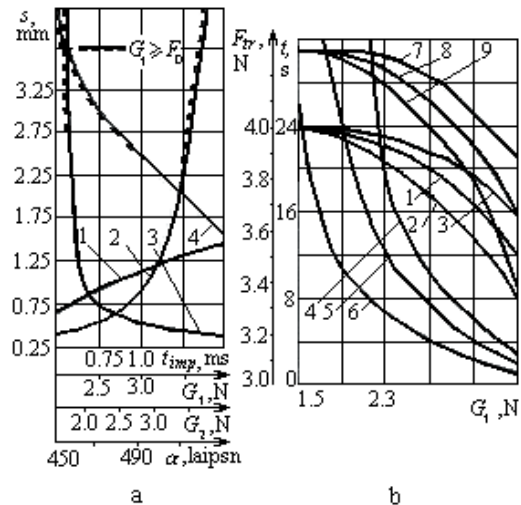
Buvo tirti RTM ritinėlio (1) poslinkiai, esant žingsniniam darbo režimui ir duotoms reguliavimo impulso trukmės ir sekos dažnių reikšmėms (7 pav., a, b, c, d) šiomis sąlygomis: juostos įtempimo jėga  $G_2 = 2,0$  N = const; ritinėlių tempimo jėga  $G_1 = 3,0$  N = const;  $f_r = 88,5$  kHz;  $U = 51$  V; suminis dviejų ritinėlių gaubimo juosta kampas  $\alpha = 530^\circ$ ; impulso sekos dažniai: a, b, c atitinka 50 Hz, d – 5 Hz; impulso trukmės: a – 0,5 ms; b – 1,0 ms; c – 1,5 ms; d – 1,0 ms.

Kaip matyti iš pateiktų (7 pav., a, b, c, d) oscilogramų ir grafiko (8 pav., a, kreivė 1), kuo didesnė impulso trukmė  $t_{imp}$ , tuo ilgesnis kelias  $s$ , kurį nueina ritinėliai per vieną reguliavimo impulso periodą.

Trinties jėga  $F_{tr}$  ir laikas  $t$ , per kurį ritinėliai nuslenka reikiamą kelią  $s$ , kai juostos įtempimo jėga  $G_2 = const$ , sumažėja, jei ritinėliams suteikiama didesnė maitinimo įtampos amplitudė ir jie tempiami

didese jėga  $G_1$  (8 pav., b). Eksperimentą atliekame su RTM virpančiais ritinėliais (1) nepertraukiamo maitinimo režime, kai  $\alpha = 530^\circ$ ,  $G_2 = 2,0$  N = const.

Per vieną reguliavimo impulso periodą ritinėlių nueitas kelias  $s$  pailgėja padidinus ritinėlių tempimo jėgą  $G_1$ . Tai matyti iš 7 pav., e, f, g, h, pateiktų oscilogramų ir grafiko (8 pav., a, kreivė 2). Jei  $G_1 > F_0$ , kur  $F_0$  – ribinis rimties trinties jėgos dydis, tai jį viršijus ritinėliai pradeda judėti neduodant jiems aukštadažnių elektrinių signalų (7 pav., g, h). Zona, kurioje  $G_1 \geq F_0$ , papildomai pažymėta punktyru (8 pav., a).



8 pav. Priklausomybių kreivės

a – RTM ritinėlio (1) poslinkiai per vieną reguliuojančio impulso periodą: 1 –  $s = f(t_{imp})$ ; 2 –  $s = f(G_1)$ ; 3 –  $s = f(G_2)$ ; 4 –  $s = f(\alpha)$ ; b – priklausomybės  $F_{tr} = f(G_1)$  – 1-3;  $t = f(G_1)$  – 4-6 (RTM su ritinėliais (1);  $F_{tr} = f(G_1)$  – 7-9 (RTM su nejudamais ritinėliais, turinčiais bangolaidžius (žr. 5b pav.). Maitinimo įtampa  $U$  lygi: 3, 4, 7 – 10 V; 1, 5, 8 – 20 V; 2, 6, 9 – 30 V

Eksperimento sąlygos šios: RTM darbo režimas – žingsninis;  $G_2 = 2,0$  N = const;  $\alpha = 530^\circ$ ;  $f_r = 88,5$  kHz;  $U = 51$  V;  $f_{imp.sek.} = 5$  Hz;  $t_{imp.} = 1,5$  ms; e –  $G_1 = 3,0$  N; f –  $G_1 = 3,5$  N; g –  $G_1 = 3,6$  N; h –  $G_1 = 3,7$  N;

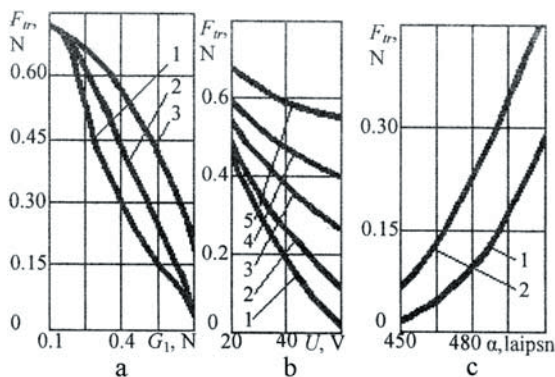
Ritinėlių per vieną reguliavimo impulso periodą nueitas kelias  $s$  padidėja mažinant juostos įtempimo jėgą (ritinėlių tempimo jėga  $G_1 = const$ ). Tai matyti iš 7 pav., j, k, l, m pateiktų oscilogramų ir grafiko (8 pav., a, kreivė 3). Kai juostos įtempimo jėga  $G_2$  labai maža, ritinėliai pradeda judėti neduodant jiems aukštadažnių elektrinių signalų (7 pav., l, m). Eksperimento sąlygos šios: RTM darbo režimas – žingsninis;  $\alpha = 530^\circ$ ;  $f_r = 88,5$  kHz;  $U = 51$  V;  $G_1 = 3,0$  N = const;  $f_{imp.sek.} = 5$  Hz;  $t_{imp.} = 1,5$  ms;  $G_2$ : j – 4,0 N; k – 2,0 N; l – 1,7 N; m – 1,5 N.

Ritinėlių per vieną reguliavimo impulso periodą nueitas kelias  $s$  sutrumpėja didinant ritinėlių gaubimo juosta kampą. Tai matyti iš 7 pav., n, o, p, r

pateiktų oscilogramų ir grafiko (8 pav., a, kreivė 4). Kai gaubimo kampas labai mažas,  $G_1 \geq F_0$ , ritinėliai pradeda judėti ir negaudami aukštadažnių elektrinių signalų (7 pav., n, o). Eksperimento sąlygos šios: RTM darbo režimas – žingsninis;  $\alpha$  lygūs:  $n = 450^\circ$ ;  $o = 5480^\circ$ ;  $p = 500^\circ$ ;  $r = 530^\circ$ ;  $G_1 = 3,0$  N;  $G_2 = 2,0$  N;  $U = 51$  V;  $f_{imp,sek.} = 5$  Hz;  $t_{imp.} = 1,5$  ms.

Priklausomybės, būdingos RTM ritinėliams su bangolaidžiais (6 pav., b), pagal savo pobūdį analogiškos ritinėlių (1) (5a, 6a pav.) priklausomybėms, pavyzdžiui,  $F_{tr} = f(G_1, U)$  (žr. 8 pav., b, kreivės 7–9). Trinties jėgos sumažėjimo dydis  $\Delta F_{tr}$  tomis pačiomis darbo sąlygomis RTM su ritinėliais (1) be bangolaidžių (5a, 6a pav.) yra mažesnis nei RTM su ritinėliais, turinčiais bangolaidžius (6 pav., b).

Didelį susidomėjimą kelia sukamų ritinėlių (2) panaudojimas RTM (žr. 5b, 6c pav.).



9 pav. RTM su ritinėliais (2) priklausomybių kreivės

a –  $F_{tr} = f(G_1)$ , kai  $\alpha = 500^\circ$ ;  $G_2 = 5,0$  N;  $U$  lygūs: 1 – 50 V; 2 – 35 V; 3 – 20 V; b –  $F_{tr} = f(U)$ , kai  $G_1 = 0,5$  N;  $\alpha = 500^\circ$ ;  $G_2$  lygūs: 1 – 4,0 N; 2 – 5,0 N; 3 – 7,0 N; 4 – 8,0 N; 5 – 9,0 N; c –  $F_{tr} = f(\alpha)$ ; kai  $G_1 = 0,5$  N;  $G_2 = 5,0$  N;  $U$  lygūs: 1 – 50 V; 2 – 30 V

Iš eksperimentinių tyrimų rezultatų, pateiktų 9 pav., matyti, kad trinties jėga  $F_{tr}$  sumažėja, jeigu: a) ritinėliams prijungiama didesnės amplitudės maitinanti įtampa  $U$ ; b) ritinėliai veikiami didesne tempimo jėga  $G_1$  (9 pav., a); c) sumažinama juostos įtempimo jėga  $G_2$  (9 pav., b); d) sumažinamas ritinėlių gaubimo juosta kampas  $\alpha$  (9 pav., c).

RTM su sukamais virpančiais ritinėliais (2), palyginti su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni. Juos tikslinga naudoti ypač jautriose sistemose. Ritinėliuose (2) labai greitai susidaro VSDP, nes išnaudojamas visas pjezokeraminio žiedo darbinis paviršius, o tai neįmanoma RTM su kitokio tipo virpančiais ritinėliais, būtent, dėl RTM konstrukcijos. Be to, RTM su virpančiais nejudamais ritinėliais (6 pav., a, b), gaubiamais lanksčios juostos, VP susidaryti tarp virpančio ritinėlio ir juostos kliudo tai, kad lanksti juosta yra palyginti plona ir deformuojasi.

## Išvados

1. Atlikus mechanizmų trinties jėgos mažinimo virpesiais analizę, nustatyta, kad trinties jėga sumažėja dėl sumažėjusio paviršiaus tarp virpančio ir su juo kontaktuojančio elementų realaus kontakto ploto.
2. Atlikti trijų RTM virpančių ritinėlių tipų – nejudamo, nejudamo su bangolaidžiu ir judamo-sukamo – eksperimentiniai tyrimai, leido nustatyti:
  - 2.1. Didinant virpančio elemento virpesių amplitudę, tarp sąveikaujančių kūnų susidaro virpesių plėvelė.
  - 2.2. Sukami RTM virpantys ritinėliai, lyginant juos su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni.

## Literatūra

1. Bowden E. P., Tabor D., 1964, The Friction and Lubrication of Solids. Clarendon Press. Part II. P. 131–137. Oxford.
2. Fehse W., 1969, Anwendung von Gaslagern in Kreisgeräten. *Feinwerktechnik*. Vol. 73, H. 4. S. 80–87.
3. Fridman H. D., Levesque P., 1959, Reduction of Static Friction by Sonic Vibration. *J. Appl. Phys.* Vol. 30. No 10. P. 46–52.
4. Godfrey D., 1967, Vibration Reduces Metal to Metal Contact and Causes an Apparent Reduction in Friction. *ASLE Transactions*. Vol. 10. P. 89–96.
5. Jungclaus J., 1973, Über den Einfluss hochfrequenter Ultraschallschwingungen auf die Reib- und Tangentialkräfte sonie auf die Mikroverschiebung fester gleitender Körper. *Dissertation RW TH. Aachen*.
6. Lehfeld S., 1968, Beeinflussung metallischer Reibungsvorgänge durch Schall im 20 kHz-Bereich. *Dissertation TH. Aachen*. S. 97.
7. Percival C. M., Norwood F. R., 1969, A Theoretical and Experimental Investigation of the Dynamic Response of Rolamite. *Trans. ASME. Ser. B. V. 91. No 1. P. 235–239*.
8. Ulozas R. V., 2007, Teoretinė ir eksperimentinė analiza dinamike mehanizmov Rolamite. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*. Nr. 53 (1). P. 26–47.
9. Weishaupt W., 1971, Piezokeramische Positionierinrichtungen für den Mikrobereich mit gesteuerter Reibkraftverminderung. *Dissertation TU. Berlin*.
10. Wilkes D.F., 1967, Rolamite: A New Mechanical Design Concept. *Research Report SC-RR-67-656A*. Sandia Laboratories. December.
11. Wilkes D. F., 1968, Rolamite: A New Mechanism. *Mechanical Engineering*. April. Vol. 90. No 4. P. 11–29.
12. Канапенас Р. М., 1984, *Виброопоры*. Вильнюс: Мокслас.
13. Рагульскис К., Улозас Р. В., Бакай Н., Палявичюс, А., 1990, *Механизмы типа роламайт*. Вильнюс: Мокслас.

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ROLAMITE TYPE MECHANISMS***Antanas Andrijauskas, Ričardas Viktoras Ulozas***Summary**

An analysis of friction force decreasing by vibrations in mechanisms is presented. The decrease of a real contact area between the surfaces of contacting elements is the cause of friction force decrease. Magnifying the amplitude of oscillations of a vibrating element may cause the formation of a vibration film between contacting elements. A research of dynamical characteristics of three-types vibrating rollers in Rolamite type mechanisms (RTM) was conducted in continuous and start – stop regimes on a specially designed device. It is established that RTM with spinning vibrating rollers as opposed to the other type rollers have the greater lifting capacity and are much more sensitive.

**Key words:** rolamite type mechanisms, vibrations, friction.

**ROLAMAITO TIPO MECHANIZMŲ EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI***Antanas Andrijauskas, Ričardas Viktoras Ulozas***Santrauka**

Straipsnyje pateikta mechanizmų trinties jėgos mažinimo virpesiais analizė. Nustatyta, kad trinties jėga sumažėja dėl sumažėjusio paviršiaus tarp virpančio ir su juo kontaktuojančio elementų realaus kontakto ploto. Didinant virpančio elemento virpesių amplitudę, tarp sąveikaujančių kūnų susidaro virpesių plėvelė. Su specialiai sukurtu prietaisu atlikti trijų RTM virpančių ritinėlių tipų – nejudamo, nejudamo su bangolaidžiu ir judamo-sukamo – eksperimentiniai tyrimai. Nustatyta, kad sukami RTM virpantys ritinėliai, lyginant juos su kitais, pasižymi didesne laikomąja geba ir yra žymiai jautresni.

**Prasminiai žodžiai:** rolamaito tipo mechanizmai, virpesiai, trintis.

Įteikta 2012-10-04