

# DETALIŲ ORIENTAVIMO TYRIMAS PAGAL SKLEISTINES

Remigijus Juknevičius

Šiaulių kolegija

Aušros al. 40, LT-76241, Šiauliai

## Anotacija

Straipsnyje pristatomas automatizuoto surinkimo detalių orientavimo pagal trajektorijų skleistines, sudarytų iš dviejų žingsninių judesių, tyrimas. Ieškota optimalaus detalių pozicionavimo ar kontūrų sutapdinimo laiko. Naudojant kompiuterinę Matlab apskaičiuotos trajektorijų skleistinių paieškos laiko priklausomybės nuo greičio.

## Ivadas

Gaminių surinkimas svarbus gamybos procesas. Dažnai surinkimo darbai sudaro iki 70-80% viso gamybos laiko. Todėl, norint jį sumažinti, reikia automatizuoti surinkimą. Surinkimo darbams atlikti tenka ieškoti patikimų, pigių technologinių priemonių. Žinomi surinkimo metodai kuomet detalėms pozicijuoti ir sujungti panaudojami kryptingi virpesiai. Jie užtikrina kryptingą tampriai bazuojamo elemento persislinkimą ir kontūrų sutapdinimą, o surenkant be tarpo ar su įvarža žymiai sumažina sujungimo jėgas.

Pozicionavimas automatinė paieška yra pažangus metodas, nes leidžia didinti darbo patikimumą, surinkimo tikslumą. Panašių mechanizmų taikymo sritis neapsiriboja paprasčiausių velenų ir įvorių surinkimu. Surenkant sudėtingesnius sujungimus automatinės paieškos mechanizmai mažiau efektyvūs dėl vienu metu būtino daugelio parametru sutapdinimo. Darbe nagrinėjamas orientavimo automatinė paieška metodas.

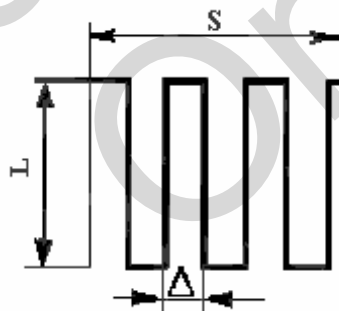
**Tyrimo tikslas** – nustatyti optimalius paieškos režimus esant paieškos trajektorijai, kurios skleistinė sudaryta iš dviejų žingsninių judesių.

**Tyrimo metodai** – skaitmeninė analizė, lygtys spręstos naudojant kompiuterinę Matlab programą, ieškota optimalaus orientavimo ar kontūrų sutapdinimo laiko.

## Surinkimo automatinės paieškos skleistinių analizė

### 1. Skleistinės, sudarytos iš dviejų žingsninių judesių

Čia paieška atliekama plote  $s$  ir  $L$ , dviem tarpusavyje statmenomis kryptimis, esant pastoviam greičiui, kai paieškos žingsnis  $\Delta$  (1 pav.).



1 pav. Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamųjų judesių [1]

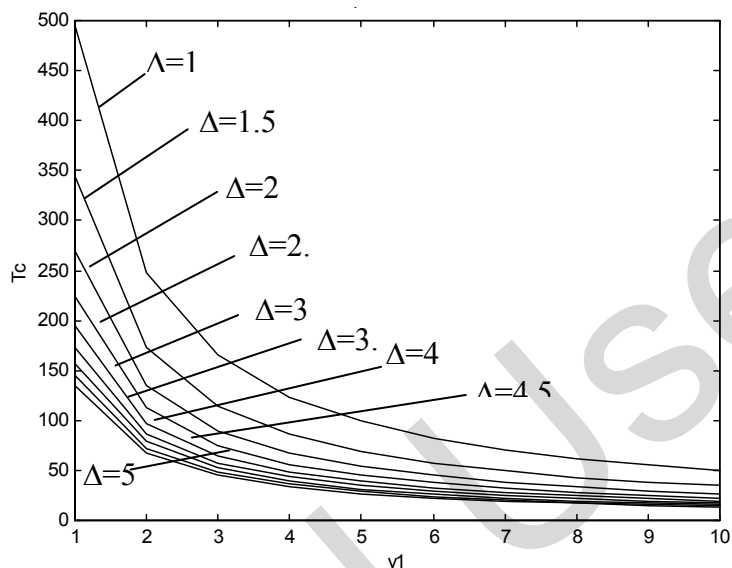
Judesio greitis horizontalia kryptimi  $v_1$ , vertikalia –  $v_2$ . Tada judesio laikas horizontalia kryptimi  $T_1 = \frac{\Delta}{v_1}$ , vertikalia kryptimi  $T_2 = \frac{L}{v_2}$ . Mechanizmo judesių skaičius

horizontalia kryptimi  $n_1 = \frac{s}{\Delta}$ , vertikalia  $n_2 = n_1 + 1 = \frac{s + \Delta}{\Delta}$ . Taigi visos paieškos laikas:

$$T_c = T_1 n_1 + T_2 n_2 = \frac{s}{v_1} + \frac{L}{v_2} \times \frac{s + \Delta}{\Delta} \quad (1)$$

Pateikta trajektorija apibūdinama taip: horizontalus ir vertikalus perėjimai keičiasi vienas po kito, o greičio santykis tomis kryptimis nepriklausomas. Šiuo atveju nereikia sinchronizuoti abiejų judesių, tačiau reikia sutapdinti vieno judesio pabaigą su kito judesio pradžia. Be to, šis nepatogumas sukelia dažną pavarų pervedimą: įjungimą ir išjungimą

horizontalia ir vertikalia kryptimis. Skleistinėms įgyvendinti naudojami kumšteliniai mechanizmai. Vienas iš poslinkių (vertikalus) yra grįžtamai slenkamasis, todėl jį galima priskirti svyruojamojo judesio tipui [1]. Išanalizavus gautą lygtį (1), Matlab paketu sudaryta programa ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2 pav.:

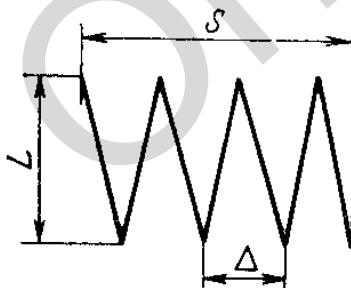


**2 pav.** Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su dviem slenkamaisiais judesiais:  $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis.

Iš priklausomybių, pateiktų 2 pav., matyti, kad, didinant paieškos greitį, paieškos laikas smarkiai mažėja. O didinant paieškos žingsnį, esant mažam greičiui, juntamas spartesnis laiko mažėjimas, negu esant dideliame.

**2. Skleistinės, sudarytos iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių (pjūklinio tipo)**

Sklestinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių (pav. 3). Poslinkis susideda iš dviejų tiesialinijinių judesių, bet atliekamų vienu metu. Paieškos ploto ir žingsnio dydžiai tokie pat, kaip ir išnagrinėtame pavyzdyje, greitis horizontalia kryptimi -  $v_1$ , vertikalia -  $v_2$ .



**3 pav.** Trajektorija su slenkamuuoju ir svyruojamuoju judesiu (pjūklinio tipo) [1]

Greičiai  $v_1$  ir  $v_2$  pastovūs. Laikas, panaudotas  $s$  poslinkiui:  $T_1 = \frac{s}{v_1}$ ; detalės

poslinkis dydžiu  $L$  atliekamas per laiką  $T_1 = \frac{L}{v_2}$ . Jei ėjimų skaičius vertikalia kryptimi  $n_2$ , tai

visas laikas, skirtas vertikaliam poslinkiui:  $T_{2p} = \frac{n_2 L}{v_2}$ . Kadangi abu judesiai baigiasi vienu

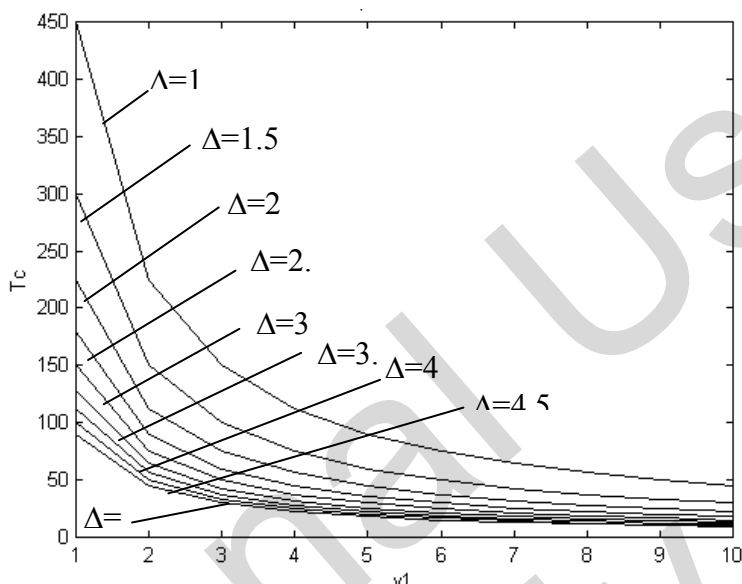
metu, tai laikai  $T_1$  ir  $T_{2p}$  lygūs:  $T_1 = T_{2p} = n_2 T_2$ . Iš čia:  $\frac{s}{v_1} = \frac{n_1 L}{v_2}$ .

Tada greičių santykis:  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{s}{n_2 L}$ . Jei  $n_2 = \frac{s}{\Delta}$ , tai  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\Delta}{L}$ .

Paieškos laikas:  $T_c = t_1$ .

Iš čia:  $T_c = \frac{s}{v_1}$  arba  $T_c = \frac{sL}{v_2 \Delta}$ . (2)

Šia skleistinę sukuria mechanizmas turintis dvi kumštelines pavaras [1]. Išanalizavus 2 lygtį, sudaryta programa ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuota paieškos trukmė  $T_c$ . Gauti rezultatai pateikti 4 pav.

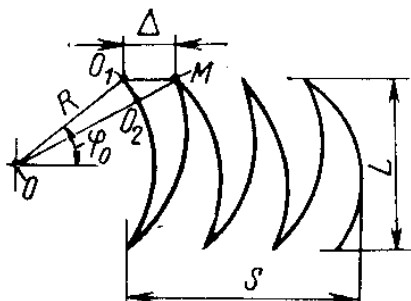


**4 pav.** Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu (pjūklinio tipo):  $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis.

Lyginant priklausomybes, pateiktas 2 ir 4 paveiksluose, matyti, kad, naudojant trajektoriją su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu, detalės surenkamos greičiau, nei naudojant trajektoriją su dviem slenkamaisiais judesiais. Tačiau laiko kitimo tendencijos išlieka tos pačios.

### 3. Skleistinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių

Analizuojant paiešką, kai skleistinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių (5 pav.), priimama, kad svyravimai atliekami apskritimo lanku, kurio spindulys  $R$ .



**5 pav.** Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamojo ir svyruojamojo judesių [1]

Judesiai atliekami pagal harmoninį judesį kampiniu greičiu  $\omega$ . Tada periodas:

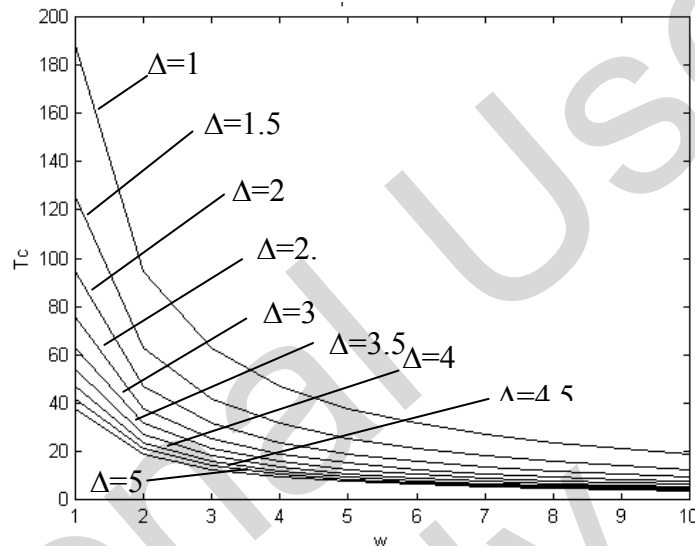
$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Horizontalus greitis  $v$ , o poslinkis duota kryptimi per periodą  $T$  lygus  $vT$ . Būtina sąlyga:  $\Delta \geq vT$ . Todėl greičių santykis:  $\frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\Delta}$ . Paieškos laikas:

$$T_c = \frac{s}{v} \text{ arba } T_c = \frac{2\pi s}{\Delta \omega} \quad (3)$$

Šiuo atveju paieškos žingsnis užrašomas dydžiu  $O_2M$ , kuris truputį mažesnis nei  $\Delta$ . Atkarpa  $O_2M$  randama iš  $OM-OO_2$ , kur  $OM$  randamas pagal kosinusų teoremą iš trikampio  $OO_1M$ . Tačiau naudojant kampo  $\varphi_0$  ir spindulio  $R$  reikšmes, atkarpos  $O_2M$  mažai skiriasi nuo atkarpos  $\Delta$ , nes  $R \gg \Delta$  ir  $R \gg L$  [1].

Pagal 3 lygtį, sudaroma programa ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojama paieškos trukmė  $T_c$ . Rezultatai pateikiami 2.6 pav.:

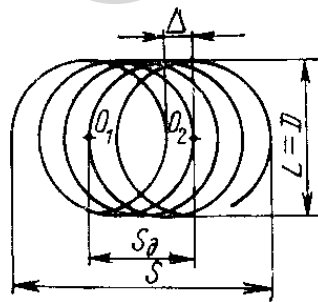


**6 pav.** Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu:  $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis.

Detalių rinkimui panaudojus skleistinę, pateiktą 6 paveiksle, paieškos laikas sumažėja kiek daugiau nei dvigubai, palyginus su skleistine, pateikta 4 paveiksle.

#### 4. Skleistinė su slenkamuoju ir sukamuoju judesiais

Atliekant automatinę paiešką pagal schema, pateiktą 7 pav., priimta, kad sukamasis judesys atliekamas su pastoviu kampiniu greičiu  $v$ .



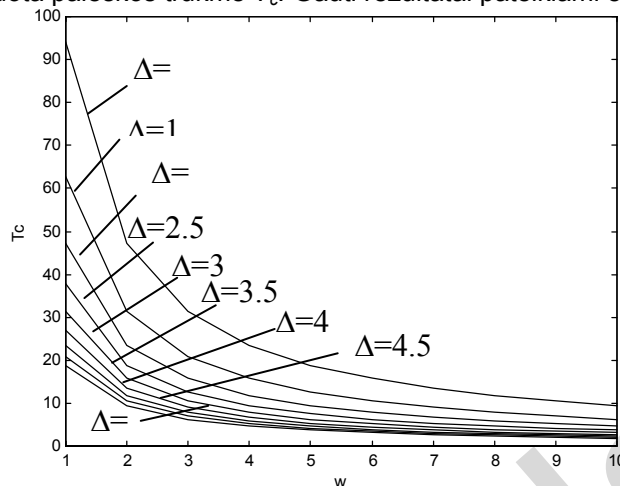
**7 pav.** Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamojo ir sukamojo judesių [1]

$D$  – apskritimo skersmuo, kurį aprašo velenėlio centras. Poslinkio dydis horizontalia kryptimi:  $s_d = s - D$ , paieškos laikas:  $T_c = \frac{s_d}{v} = \frac{s - D}{v}$ . Poslinkiui  $s_d$  taškas  $O_1$

atlieka  $n$  apsisukimų, jų skaičius randamas:  $n\Delta = s_d = s - D$ . Kadangi  $\Delta \geq vT$ , kur  $T = \frac{2\pi}{\omega}$

todėl  $\frac{\omega}{v} \geq \frac{2\pi}{\Delta}$  [2]. Iš to seka, kad:  $T_c \geq \frac{2\pi(s - D)}{\omega\Delta}$ . (4)

Pagal 4 lygtį sudaryta programa ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuota paieškos trukmė  $T_c$ . Gauti rezultatai pateikiami 8 pav.

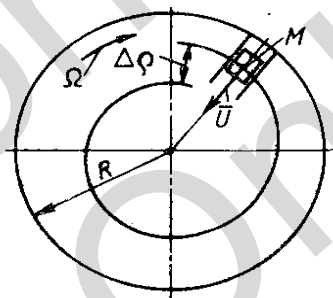


**8 pav.** Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamuoju ir sukamuoju judesiu:  $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  – paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis.

Išnagrinėję priklausomybes, pateiktas 8 paveiksle, matome, kad paieškos laikas sumažėja kiek daugiau nei dvigubai, palyginus su priklausomybėmis pateiktomis 6 paveiksle.

### 5. Skleistinė iš sukamojo ir svyruojamojo judesių (spiralinė), kai virpesiai yra harmoniniai

Spiralinei skleistinei priimta sąlyga, kad svyravimai atliekami esant pastoviam greičiui. Kai sukimosi greitis  $\Omega$  ir svyravimo greitis  $v = \text{const}$ , vieno apsisukimo aplink centrą  $O$  periodas  $T_1 = \frac{2\pi}{\Omega}$  (9 pav.).



**9 pav.** Spiralinė skleistinė [1]

Suderinus sukamąjį ir svyruojamąjį judesius, kai virpesiai yra harmoniniai ir jų greičiai lygūs  $v = a \cos\left(\frac{\omega}{t}\right)$ , kur  $a$  – amplitudė,  $\omega$  - svyravimų kampinis dažnis. Susidaro spiralinė skleistinė. Tokį judesį lengviau atlikti, be to mažiau apkraunamas orientavimo mechanizmas. Kaip ir anksčiau, svyravimai atliekami radialine kryptimi link centro (9 pav.), bet greitis  $v$  – nepastovus. Kad pereiti visą spindulio  $R$  paviršių, būtina amplitudė  $a$  užduoti ne mažiau svyravimų, nei pusė spindulio  $R$ ,  $a = \frac{R}{2}$ . Taško  $M$  vieno apsisukimo apie centrą

periodas  $T_1 = \frac{2\pi}{\Omega}$ , kur  $\Omega$  - sukimosi greitis. Svyravimų periodas:  $T_2 = \frac{2\pi}{\omega}$  [2].

Taškas  $M$  visą plokštumą “peržiūrės” per laiką  $T_c = \frac{T_2}{2}$ , per kurį jis nueis kelią  $R$ .

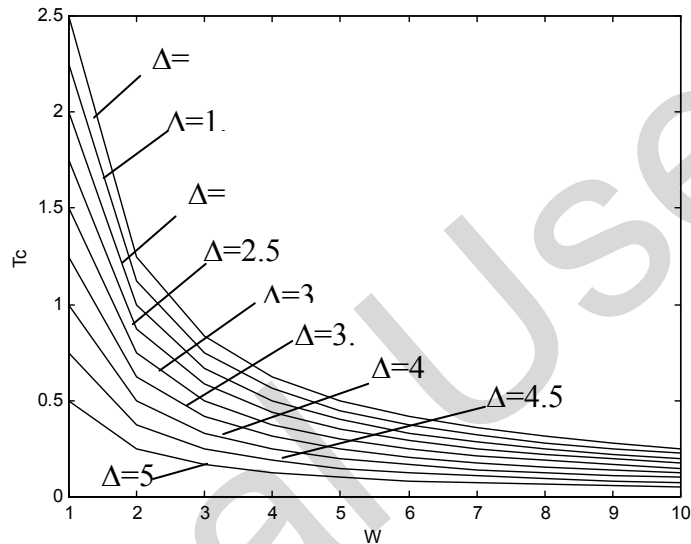
$$\text{Iš čia: } T_c = \frac{\pi}{\omega}$$

Didžiausias skleistinės žingsnis  $\delta\rho_{\max}$  gaunamas esant didžiausiam greičiui  $v$ . Todėl jo dydį  $\delta\rho_{\max} = v_{\max} T_1 = \frac{2\pi a \omega}{\Omega}$  [2].

Kadangi  $\Delta = \delta\rho_{\max}$ , dėl to:  $\frac{\omega}{\Omega} = \frac{2\pi a}{\Delta}$ , kitu atveju:  $\frac{\omega}{\Omega} = \frac{\pi R}{\Delta}$ . Apsisukimų skaičius  $n$  sukamajam judesiui randamas, žinant paieškos laiką ir vieno apsisukimo laiką:

$$n = \frac{T_c}{T_1} = \frac{\Omega}{2\omega} \quad (5)$$

Išanalizavus 5 lygtį ir išreiškus paieškos laiką, sudaroma programa ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojama paieškos trukmė  $T_c$ . Gauti rezultatai pateikti 10 pav.:



**10 pav.** Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio spiralinei skleistinei, kai judesiai yra harmoniniai:  $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Duomenys pateikti 10 paveiksle rodo, kad paieškos laikas sumažėja beveik 20 kartų, palyginus su priklausomybėmis pateiktomis 8 paveiksle.

Palyginus visas prieš tai išnagrinėtas skleistines, matyti, kad laiko atžvilgiu geriausia skleistinė yra spiralinė.

#### Išvados

Naudojantis tyrimo metu gautais grafikų duomenimis, galima parinkti optimalius projektuojamos surinkimo įrangos parametrus. Vienais iš geriausių yra mechanizmai, kuriuose yra realizuoti du svyruojamieji judesiai, kadangi jų pavaros yra nesudėtingos, užtikrinančios labai patogų mechanizmą sudarančių grandžių dažnių santykį. Taip pat nereikia įvesti sinchronizacijos įrenginių, turinčių didelius perdavimo santykius. Vienos ar kitos paieškos schemos išsirinkimas, o taip pat sudarančių judesių tipas priklauso nuo reikalaujamo darbo režimo, paieškos ploto charakteristikos ir mechanizmo greitaveikos.

#### Literatūra

1. Яхимович В. А., 1975, *Ориентирующие механизмы сборочных автоматов. Ориентирование методом поиска*. Москва.
2. Chang T. C., 1990, *Expert process planning for manufacturing*, Addison : Wesley.

### THE INVESTIGATION OF PARTS ORIENTATION BY SEARCH TECHNIQUE

The research of the orientation of parts is presented in the paper. The orientation of parts with the use of automatic search is an advanced method. It enables to improve reliability and accuracy of assembling. The identification of optimal searching mode was performed by the digital analysis method. This mode estimates searching trajectory composed of two steps. The drawn curves allow to choose optimal parameters of the assembling mechanism.

**Key word:** machine, automation, assemble, detail.