

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS**  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

R. Juknevičius

**DETALIŲ POZICIONAVIMO PAIEŠKOS METODU  
TYRIMAS**

Magistro darbas

**Vadovas**

doc. dr. A. B. Povilionis

ŠIAULIAI, 2005

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS**  
**TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**TVIRTINU**  
Katedros vedėjas  
lekt. Z. Ramonas

2005 06

**DETALIŲ POZICIONAVIMO PAIEŠKOS METODU**  
**TYRIMAS**

Mechanikos inžinerijos magistro darbas

Povilonis

**Vadovas**

( ) doc. dr. A. B.

2005 06

**Recenzentas**

ŠU Technologijos fakulteto  
Mechanikos inžinerijos katedros

( ) dr. S. Rimovskis

2005 06

**Atliko**

( )  
2005 06 08

MM-3 gr. stud.  
R. Juknevičius

ŠIAULIAI, 2005

## **SANTRAUKA**

Juknevičius R. Detalių pozicionavimas paieškos būdu: Mechanikos magistro darbas /vadovas doc. A.B.Povilionis; Šiaulių universitetas. Technologijos fakultetas, Mechanikos inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2005. – p.

Šio darbo tikslas – išnagrinėti detalių pozicionavimo paieškos metodo skleistines laiko atžvilgiu. Skaičiavimams pasirinktas Matlab programos paketu.

## **SUMMARY**

The name of this subject is ‘The investigation of parts orientation efficiency using search technique’.

Problems in parts interdependent orientation when using different movement trajectories in perpendicular to assembly plane are investigated. An influence of search trajectories on joining accuracy is analyzed

## TURINYS

### SANTRAUKA

### SUMMARY

### IŽANGA

1. Pozicionavimas paieškos būdu
2. Automatinės paieškos skleistinės
  - 2.1. Automatinės paieškos skleistinių charakteristikos
    - 2.1.1. Skleistinės, sudarytos iš dviejų žingsninių judesių
    - 2.1.2. Skleistinės, sudarytos iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių (pjūklinio tipo)
    - 2.1.3. Skleistinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių
    - 2.1.4. Skleistinė su slenkamuoju ir sukamuoju judesiais
    - 2.1.5. Skleistinė sudaryta iš dviejų sukamųjų judesių (spiralinio tipo)
    - 2.1.5. Skleistinė sudaryta iš dviejų sukamųjų judesių (spiralinio tipo)
    - 2.1.6. Skleistinė kai du sukamieji judesiai yra priešingų kryptių
    - 2.1.7. Spiralinė skleistinė
    - 2.1.8. Skleistinė sudaryta iš sukamojo ir svyruojamojo judesių, kai virpesiai yra harmoniniai
    - 2.1.9. Skleistinė iš dviejų svyruojamųjų judesių, kai abi amplitudės moduliuojasi
    - 2.1.10. Skleistinė iš dviejų svyruojamųjų judesių, kai moduliuojasi tik viena amplitudė
3. Paieškos metodo efektyvumo nustatymas
4. Pozicionavimo mechanizmų pavyzdžiai
  - 4.1. Sriegiamų detalių pozicionavimas ir rinkimas automatinės paieškos būdu
    - 4.1.1. Varžto padėčių schemos kreipimo vamzdžiuose
    - 4.1.2. Sujungiamų detalių ašių pasislinkimo ir posvyrio įtaka
    - 4.1.3. Veržliasukiai

### IŠVADOS

### LITERATŪRA

### PRIEDAI

## Įvadas

Rinkimas atliekamas gaminant bet kokią gaminį. Gaminant kai kuriuos įrenginius, rinkimo darbai sudaro nuo 70 iki 80 % viso gamybos laiko. Todėl, norint jį sumažinti, reikia automatizuoti rinkimą. Konkurencijos sąlygomis tenka ieškoti patikimų, pigių technologinių priemonių rinkimo darbams atlikti. Žinomi rinkimo metodai, kai detalės pozicionuoti ir sujungti panaudojami kryptingi virpesiai. Jie užtikrina kryptingą tarpiai bazuojamo elemento persislinkimą ir kontūrų sutapdinimą. Be to, rinkimas be tarpo ar su įvarža žymiai sumažina sujungimo jėgas.

Pozicionavimo metodo pasirinkimas priklauso nuo surenkamo mazgo tikslumo ir matmenų grandinių. Projektavimo praktika ir rinkimo automatų eksploatavimas, taip pat ir teoriniai tyrimai, parodė, kad patikimiausi tie automatai, kurie gaminami tiksliai pasirinkus reguliavimo mechanizmą. Tuo atveju reikalaujamas tikslumas užtikrinamas keičiant kompensuojamojo elemento dydį. Iš dviejų kompensatorių (nejudamų ir judamų) patikimesnis yra judamas kompensatorius, kuris dažniau naudojamas.

Pats racionaliausias variantas yra tas, kai kompensatoriumi pasirenkama viena iš surenkamų detalių, pvz., velenėlis. Bet velenėlis kompensatoriaus vaidmenį atlieka tik paties rinkimo metu, be to, tada rinkimas yra su judama baze.

Įvedus reguliavimo mechanizmą, automatas tampa universalus ir juo galima rinkti kelių tipų detales, o tai labai naudinga.

Pozicionavimas automatine paieška yra pažangus metodas, nes leidžia didinti darbo patikimumą ir rinkimo tikslumą. Panašių mechanizmų taikymo sritis neapribojama paprasčiausių velenų ir įvorių rinkimu. Renkant sudėtingesnius junginius, automatinės paieškos mechanizmai mažiau efektyvūs dėl vienu metu būtino daugelio parametru sutapdinimo. Darbe nagrinėjamas orientavimo automatine paieška metodas.

## 1. Pozicionavimas paieškos būdu

Norint užtikrinti automatinį detalių sujungimą, reikia, kad sujungiamų paviršių tarpusavio padėties paklaida  $\delta_{\Sigma}$  neviršytų leistinos  $\delta_0$  (4, p.):

$$\delta_{\Sigma} \leq \delta_0; \quad (1.1)$$

Sujungiant detales, kurių maža leistina tarpusavio padėties paklaida, išlaikyti šią sąlygą yra labai sunku, nes reikia padidinti rinkimo mechanizmų tikslumą, sumažinti sujungiamų detalių matmenų tolerancijas. Šiuo atveju turi būti numatyti tam tikri kompensatoriai, o sąlyga turėtų atrodyti taip (4, p.):

$$\delta_{\Sigma} \leq \delta_0 + K; \quad (1.2)$$

$K$ - dydis, kompensuojantis suminę surenkamų detalių tarpusavio padėties paklaidą;

Kad ši sąlyga būtų įvykdyta, detales reikia atnešti į zoną, apribotą nelygybe (1.1). Detalės prinešimo metu, kai  $\delta_{\Sigma} \leq \delta_0$  detalės fiksuojasi jungiamaisiais paviršiais.

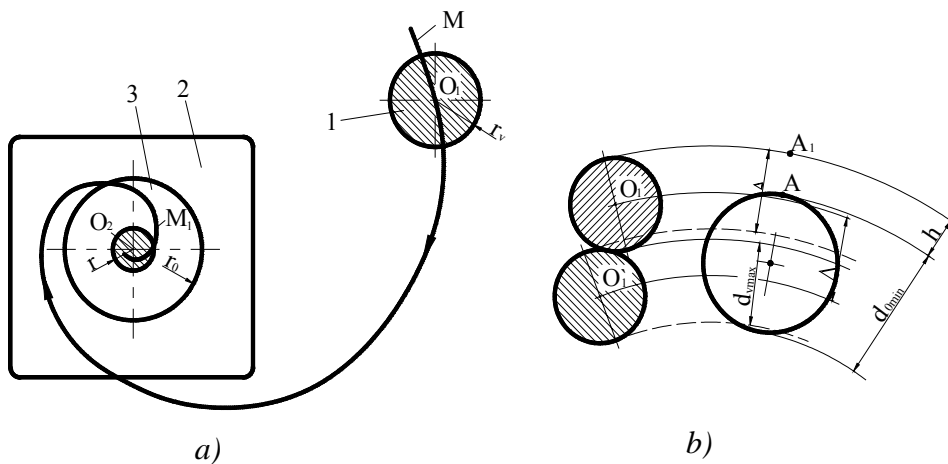
Anksčiau buvo paplitę mechanizmai, kai reikėjo žinoti jungiamų paviršių išsidėstymą, be to yra paieškos mechanizmų, kuriuose yra jutiklių, t.y jie pagrįsti rankiniu sujungimu. Tačiau tokie mechanizmai nebuvo itin modernūs, nes darbininkai ne tik atlikdavo paieškos judesius, bet ir savo pojūčių dėka koreguodavo atitinkamą renkamų detalių išsidėstymą.

Rinkimo proceso paieškos judesiui būdingas bruožas - nėra elementų, kurie koreguotų ir įvertintų atitinkamą surenkamų detalių padėtį. Todėl paieškos mechanizmų naudojimas apsimoka tik dėl priėjimo mechanizmų. Jų pagrindinis trūkumas yra tas, kad nėra kontrolės aparatų. Dėl šios priežasties jie yra mažiau universalesni.

Atliekant automatinę paiešką, viena iš jungiamų detalių bazuojama nejudamai, o kita pernešama plokštuma įvairiomis kryptimis ir įvairiomis trajektorijomis: tiese, apskritimu, sinusoide ir t.t. Detalės prispaudžiamos viena prie kitos tam tikra jėga. Kai jungiami paviršiai sutampa, velenėlis įeina į skylę, ar atvirkščiai, skylė maunama ant velenėlio. Egzistuoja tokios schemas, pagal kurias paieškos judesius atlieka abi detalės.

Pasirinktos zonos ribose detalės padėtis prieš sujungimą yra visiškai atsitiktinė, todėl orientavimo procesas yra tikimybinio pobūdžio. Detalės sujungimas paieškos judesiu taip pat yra atsitiktinis procesas, kurio metu viena detalė zonduoja kitos detalės paviršiumi.

Paieškos mechanizmas perneša daviklį iš eilės virš visų kontroliuojamos detalės paviršiaus taškų (pvz., ultragarso įrenginys kokybės kontrolės gaminiams, optiniai davikliai matuojant temperatūrinius laukus, t.p. televizorių gamyboje, chemijos pramonėje, radijo gamyklose ir t.t). Kadangi šis įrenginys pereina visus tiriamojo paviršiaus taškus, jis dar yra vadinamas skaitliu, o visas procesas – skaitymu. Norint sujungti jungiamas detales, pvz., velenėlį ir plokštę, skanuojamas tas plokštės plotas, kuriame yra skylės ašis. Velenėlis turi eiti tokiu būdu, kad velenėlio ašies  $O_1$  projekcija, pereidama tam tikrą trajektoriją  $MM_1$ , horizontale plokštuma priartėtų prie skylės ašies  $O_2$  ir velenėlis galėtų įeiti į skylę (1.1 a pav.). Aišku, tam, kad būtų išlaikytos šios sąlygos, velenėlis trajektorija  $MM_1$  turi priartėti prie ašies  $O_2$  spinduliu  $r = r_0 - r_v$ , kur  $r_0$  – skylės spindulys,  $r_v$  – velenėlio spindulys. Tai reiškia, kad rinkimas įvyks tik tada, kai atstumas  $O_1O_2$  taps mažesnis nei dydis  $r$  (tarpas tarp velenėlio ir skylės) arba kai velenėlio kontūras įeis į skylės nuožulą.



**1.1. pav. Judamos detalės paieškos judesio schema**  
a- judesio trajektorija, b – paieškos žingsnio skaičiavimas

Rasime dydį, nustatantį susisukimo tankį. Tam reikia nustatyti atstumą tarp dviejų gretimų susisukimo linijų (paieškos žingsnis), surenkant blogiausiomis sąlygomis, tai yra,

kai velenėlio skersmuo  $d_{v \max}$  didžiausias, o skylės skersmuo  $d_{0 \min}$  mažiausias. 1.1.b paveiksle pateiktos dvi dalys: velenėlio centro pernešimo pėdsakai pagal detalės paviršių, kur yra skylė, kai paieškos žingsnis lygus  $\Delta$ . Norint užtikrinti sujungimą, būtina įvykdyti sąlygą:

$$h = d_{0 \min} \geq d_{v \max} + \Delta, \quad (1.3)$$

kur  $h$  – atstumas tarp skylės taško A ir velenėlio pėdsako taško  $A_1$ .

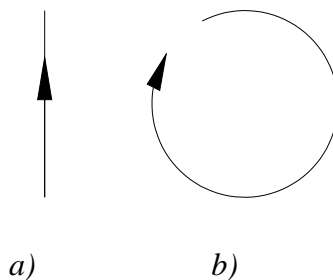
Atstumo  $h$  dydį yra sunku nustatyti ir, kad panaikintume jo įtaką, turime priimti jį mažiausią, t.y. priimti  $h=0$ , tuo pačiu gausime užtikrintą žingsnio  $\Delta$  dydį. Tada iš nelygybės (1.3) turėsime:

$$\Delta \leq d_{0 \min} - d_{v \max}. \quad (1.4)$$

Tokiu būdu sutapdinimas įvyks, jei skylės centras atsiras juostoje, kurios plotis  $\Delta$ , o vidurinės linijos pėdsakas – velenėlio centre  $O_1$ .

Kartais automatinės paieškos metu detalės sujungiamos tiesialinijiniu grįžtamai slenkamu judesiu. Tada paieška atliekama tik viena koordinate, o sujungimas - vibruojant ieškančią detalę, pvz., velenėlį (1.1 pav.).

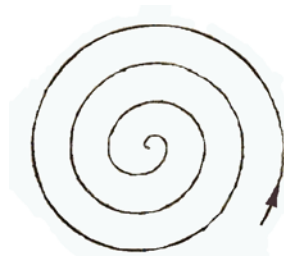
Visas šias schemas sieja viena ir ta pati ypatybė, kuri ypatinga tuo, kad judanti detalė atlieka vieną paprastą judesį – slenkamąjį (1.2 a pav.) arba sukamąjį (1.2 b pav.). Velenėlis nepateks į įvorę, jei jo ašis nesutaps su skylės ašimi, tačiau šios schemas nepatikimos ir nekonkrečios. Kad detalių ašys sutaptų, paieškos judesį būtina atlikti ne pagal liniją, o pagal tam tikrą zoną. Ši sąlyga reikalauja užtikrinti detalės judesį, kuris, kaip žinoma, gaunamas sudėjus du paprastus judesius.



**1.2 Judesių tipai:**  
a) slenkamasis, b) sukamasis



Jei sujungiamai įvorei turi įtakos sukamasis judesys, tai reikia prijungti radialinį sukamąjį velenėlio judesį su sąlyga, kad jei šie judesiai yra sinchronizuoti, galutinis rezultatas gautųsi plokšti spiralė, t.y. paieška atliekama plokštuma (1.3 pav.). Žinoma, tada anksčiau išvardinti apribojimai dėl velenėlio ašies pradinio sutapdinimo su skylės ašimi atkrinta. Iš pateikto pavyzdžio matyti, kad kiekvienas detalės judesys gali būti paprasčiausias (sukamasis ar slenkamasis), bet tinkamesnis judesys būtinai yra sudėtingas ir atstoja du judesius. Tas pats pavyzdys rodo, kad paieškos judesius gali atlikti viena iš jungiamųjų detalių.



**1.3 pav. Suderinti slenkamieji ir sukamieji judesiai**

Egzistuoja galimybė automatinės paieškos būdu rinkti daugiau nei dvi detales. Panašiu būdu galima į įvorę įstatyti du velenėlius: vieną iš viršaus, kitą iš apačios.

Automatinė paieška būdinga tuo, kad orientuojamų renkamų detalių judėjimo būdas nepriklauso nuo surenkamų detalių padėties sutapdinimo vektoriaus.

## **2. Automatinės paieškos skleistinės**

Automatinės paieškos skleistinės labai įvairios, todėl išrinkti racionaliausią variantą pakankamai sunki ir sudėtinga užduotis. Šis pasirinkimas priklauso nuo detalės bazavimo, paieškos mechanizmo konstrukcijos ir daugelio kitų veiksnių.

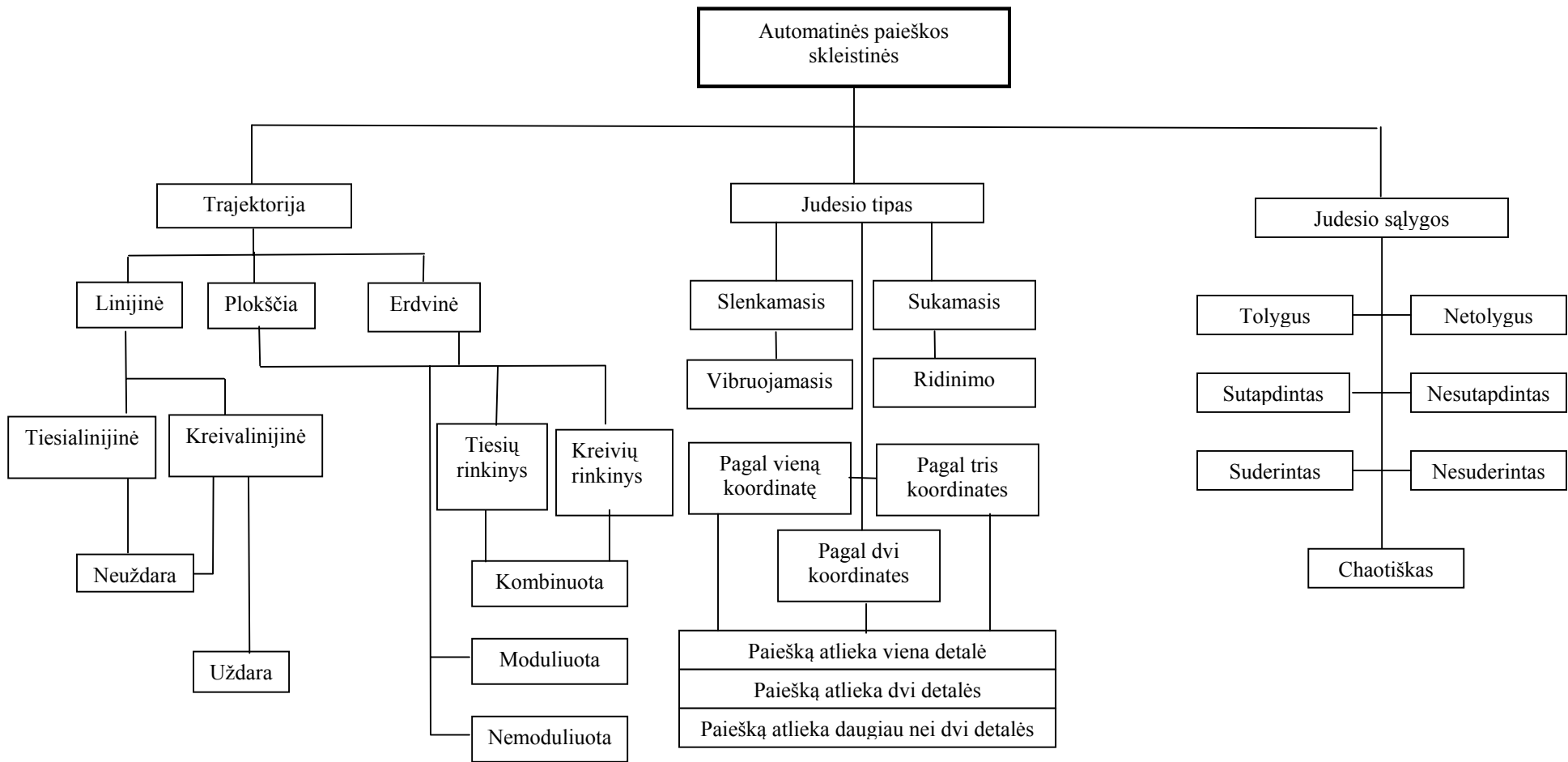
Visas skleistines galima išskirti į 3 grupes: pagal paieškos trajektorijos būdą, pagal paieškos judesių charakteristikas ir pagal jų sąlygas. Klasifikacija pavaizduota 2.1 pav.

Atsižvelgiant į trajektorijos būdą ir formą visos skleistinės skirstomos į linijines, plokštumines ir erdvines (2.1 pav.). Savo ruožtu linijinės skleistinės skiriasi linijos tipu – tiesialinijinės arba kreivalinijinės (uždaros ir atviros); tiesialinijinių skleistinių trajektorija gali būti tik atvira. Plokščiose skleistinėse yra sujungtos tiesios linijos, pereinančios iš

vienos į kitą, kartu su kreivom linijom arba vienu ir kitu derinys. Toks pasiskirstymas tinka ir erdvinei automatinei paieškai.

Dabar labiausiai paplitusios plokštuminės paieškos skleistinės, kadangi jų realizavimas yra kur kas paprastesnis nei erdvinių.

Skleistinės sudaromieji judesiai gali būti slenkamieji ir sukamieji. Taip pat galima paminėti ir virpesius. Praktikoje ypač dažnai naudojami paieškos mechanizmai ir įrenginiai su svyruojamaisiais judesiais (virpesiai).

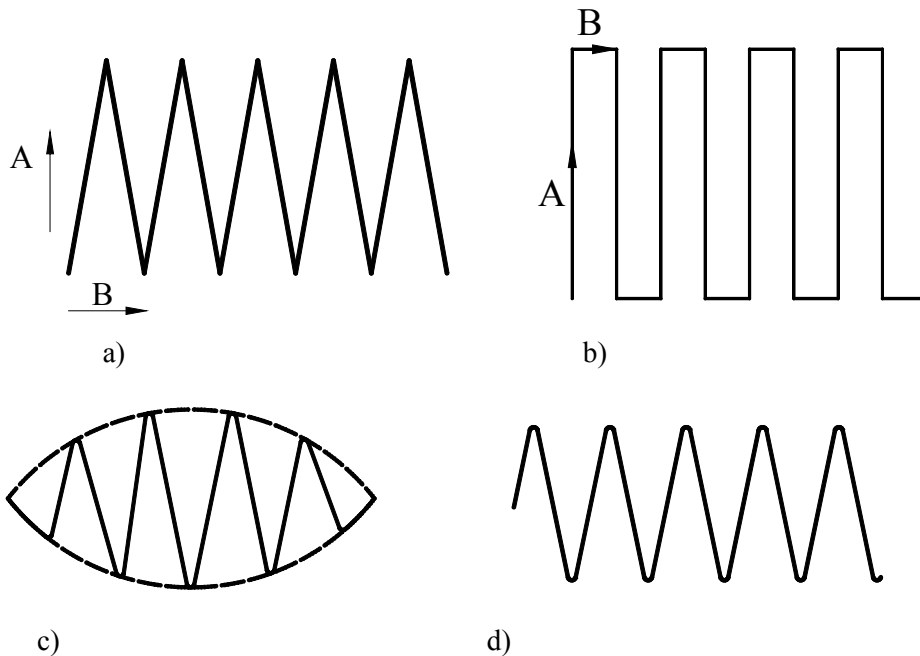


2.1 pav. Automatinės paieškos skleistinių klasifikacija

Paieška atliekama pagal vieną, dvi ar tris koordinates ir pagal kiekvieną iš jų galimas kaip ir slenkamasis, taip ir sukamasis judesiai. Jie atliekami vienai, dviem ar trim surenkamom detalėm. Dabar naudojami mechanizmai, užtikrinantys judesius ne daugiau kaip pagal dvi koordinačių ašis.

Tarpusavio ryšys tarp anksčiau paminėtų linijinių ir plokštuminių skleistinių pakankamai aiškus; linijinės skleistinės naudojamos, kai detalė juda pagal vieną koordinatę ( tiesialinijinis judesys) arba pagal dvi koordinates (kreivalinijinis judesys). Plokščios skleistinės naudojamos, kai atliekami 2 judesiai pagal dvi koordinačių ašis. Linijinės skleistinės sudaro grįžtamai slenkamąjį arba svyruojamąjį judesį ir t.t.

Trečios grupės skleistinių visi judesiai pasiskirsto į tolygius ir netolygius, todėl sudaromieji judesiai tarp savęs derinasi laike. Jie skirstomi į sutapdintuosius (paralelinius) ir nesutapdintuosius (nuoseklius). Sutapdinti judesiai atliekami vienu metu, kai nesutapdinti atliekami vieni po kitų. 2.2 paveiksle a pateikti paraleliniai judesiai: čia poslinkiai pagal rodyklės A ir B atliekami vienu metu.



**2.2 pav. Paieškos trajektorija**

a – sutapdinta, b – nesutapdinta, c – moduliuota, d – nedomuliuota

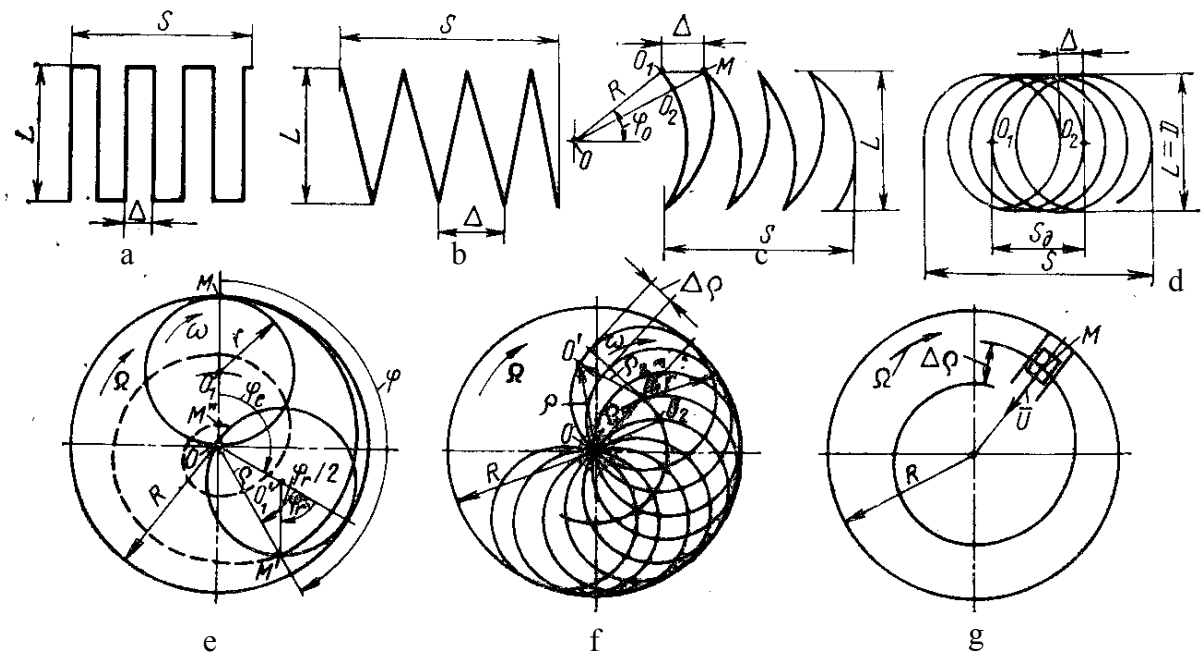
2.2 b pav. pateikti lygiagretūs judesiai – nesutapdinti. Trajektorija eina pagal rodykles ir B judesys prasideda tik tada, kai pasibaigia A, ir atvirkščiai. Judesiai gali būti suderinti, nesuderinti ir chaotiški. Esant suderintiems judesiams, yra priklausomybė tarp susidedančių judesių, taip pat judesiai yra sinchronizuoti.

Esant nesuderintai automatinei paieškai, skirtingai nuo prieš tai buvusių, sudaromųjų judesių sinchronizacijos nėra, nors pastarieji atliekami pagal pasirinktas sąlygas, kurios yra visiškai nustatytos. Šiuo atveju fizinio atitikimo tarp dviejų judesių nėra, o tai ir skiria šį paieškos būdą. Tokią nesuderintą automatinę paiešką galime gauti, jei sujungtumėme abiejų detalių (velenėlio ir įvorės) du nepriklausomus vienas nuo kito sukamuosius judesius. Aišku, čia paieškos trajektorija ir jos charakteristikos (žingsnis ir t.t) kiekvieną kartą skirsis nuo prieš tai buvusių. Jei ieškančios detalės judesys nepasirinktas ir nustatomas atsižvelgiant į atsitiktinius veiksnius, tai suminis judesys yra chaotiškas.

Paieškos trajektorijos gali būti moduluotos ir nedomuluotos (4 c ir d pav.). Pirmu atveju vienas iš sudaromųjų judesių (ar abu) keičiasi pagal amplitudę, antru atveju – amplitudė nesikeičia. Norint sudaryti modeliuotą trajektoriją, reikia taikyti sudėtingesnius mechanizmus.

## 2.1 Automatinės paieškos skleistinių charakteristikos

Peržiūrėsime labiausiai naudojamų skleistinių charakteristikas. Tuo atveju, kai paieškos trajektorija yra plokščia, paieška atliekama pagal dvi koordinates, sudaromieji judesiai gali būti tolygūs ir netolygūs, slenkamieji, sukamieji, skleistinės gali būti sutapdintos ir nesutapdintos, moduluotos ir nmoduluotos.



2.3 pav. Paieškos skleistinių schemas:

a) skleistinė su dviem linijiniais judesiais, b) skleistinė su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu (spiralinio tipo), c) skleistinė su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu, d) skleistinė su sukamuoju ir slenkamuoju judesiu, e) skleistinė su dviem sukamaisiais judesiais (spiralinio tipo), f) skleistinė kai du sukamieji judesiai yra priešingu kryptių, g) spiralinė skleistinė

Tokios skleistinės pateiktos 2.3 pav. Tarp jų galima išskirti tokius tipus: skleistinė, turinti dviejų slenkamųjų judesių derinį, kuri pažymėsime P-P (2.3, a pav.); skleistinė, atliekanti slenkamojo ir svyruojamojo judesių derinį P-K (2.3, b ir c); skleistinė, kuri sudaryta iš slenkamojo ir sukamojo judesių derinio P-V (2.3, d pav.); dviejų sukamųjų

judiesių derinys - skleistinė V-V (2.3, e ir f pav.); skleistinė, kai yra suderinti sukamasis ir svyruojamasis judesiai - V-K (2.3, g pav.) ir skleistinė, turinti du svyruojamuosius judesius K-K (2.3, a ir b pav.).

Iš jų pirmoji skleistinė yra nesutapdinta, likusios – sutapdintos. Visos skleistinės yra nemoduliuotos, išskyrus paskutiniąją K-K, kuri yra moduluota.

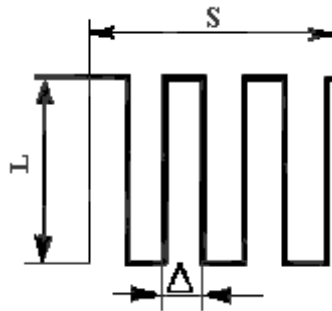
2.3 paveiksle pateiktas skleistines galima suskirstyti pagal formą į:

- tiesias (tiesi eilutė, 2.3 pav. a) ;
- pjūkliškas (įstriža eilutė, 2.3 pav. b ir c);
- apskritimines (plokščias, 2.3 pav. d);
- dviejų sukamųjų judesių (2.3, f);
- spiralines (apskritimines , elipsinės, 2.3 pav. e ir g);

Nustatysime santykį tarp pagrindinių skleistinės parametrų.

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

Čia paieška atliekama plote  $s$  ir  $L$ , dviem tarpusavyje statmenomis kryptimis, esant pastoviam greičiui, kai paieškos žingsnis  $\Delta$  (2.4 pav.).



2.4 pav. Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamųjų judesių

Judiesio 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:

$$n_1 = \frac{s}{\Delta_1};$$

Vertikalia:

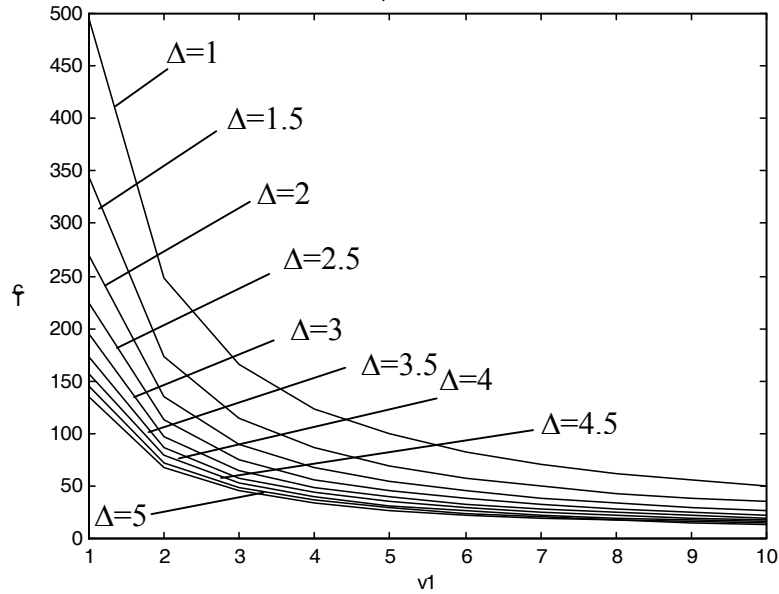
$$n_2 = n_1 + 1 = \frac{s + \Delta}{\Delta v};$$

Visos paieškos laikas:

$$T_c = T_1 n_1 + T_2 n_2 = \frac{s}{v_1} + \frac{L}{v_2} \frac{s + \Delta}{\Delta}; \quad (2.1)$$

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. Būtina pasakyti, kad vienas iš poslinkių (vertikalus) yra grįžtamai slenkamasis, todėl jį galima priskirti svyruojamojo judesio tipui. Išanalizavus gautą lygtį (2.1), Matlab paketu sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.5 pav.:





**2.5 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 2.5 pav., matyti, kad, didinant paieškos greitį, paieškos laikas smarkiai mažėja. O didinant paieškos žingsnį, esant mažam greičiui, juntamas spartesnis laiko mažėjimas, negu esant dideliui.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 1 PRIEDE.

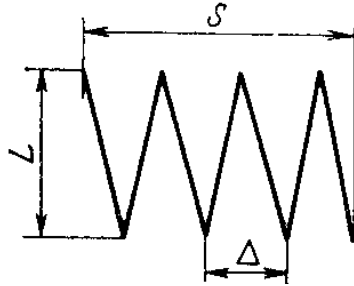
### 2.1.2. Skleistinės, sudarytos iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių (pjūklinio tipo)

Skleistinė P-K, sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių, kurią apibudinsime kaip P-K<sub>1</sub> (pav. 2.6). Poslinkis t.p . 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 –  $v_2$ . Santykį  $v_1$  ir  $v_2$  laikysime pastoviais.

Tada 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:  $T_{2p} = \frac{n_2 L}{v_2}$ .



**2.6 pav. Trajektorija su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu (pjūklinio tipo)**

Kadangi abu judesiai baigiasi vienu metu, tai laikai  $T_1$  ir  $T_{2p}$  lygūs:  $T_1 = T_{2p} = n_2 T_2$ . Iš čia :

$$\frac{s}{v_1} = \frac{n_2 L}{v_2};$$

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:

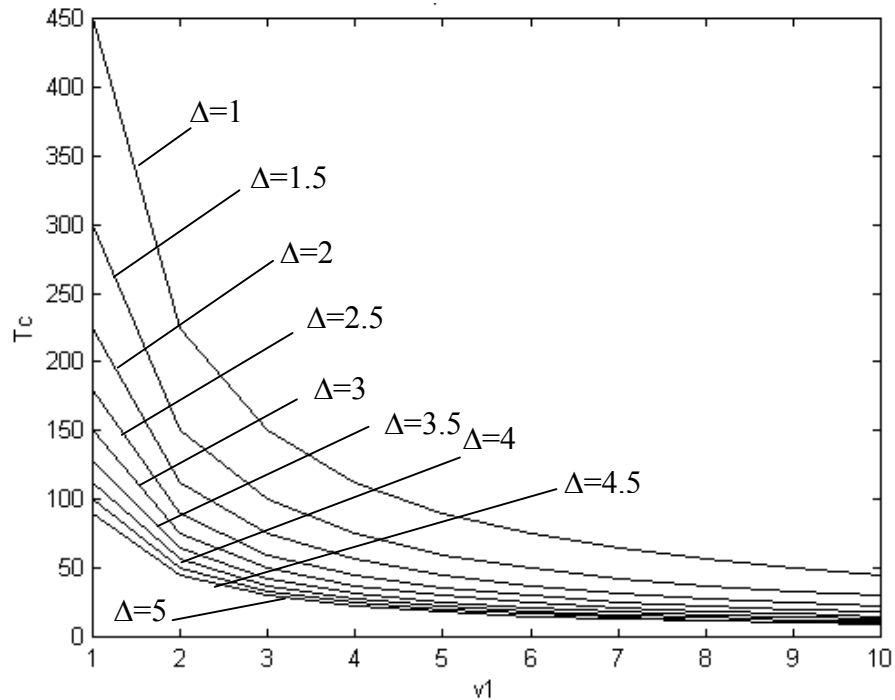
$$T_c = \frac{s}{v_1}$$

arba

$$T_c = \frac{sL}{v_2 \Delta}. \tag{2.2}$$

Šia skleistinę sukuria mechanizmas turintis dvi kumštelines pavaras.

Išanalizavus 2.2 lygtį, sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.7 pav.



2.7 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu (pjūklinio tipo):

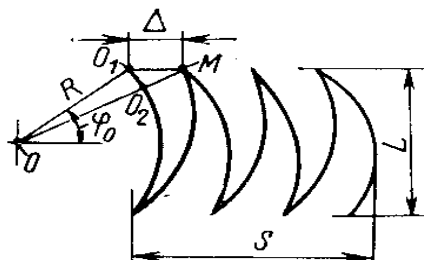
$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  – paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Lyginant priklausomybes, pateiktas 2.5 ir 2.7 paveiksluose, matyti, kad, naudojant trajektoriją su slenkamuoju ir svyruojamuoju judesiu, detalės susirenka greičiau nei naudojant trajektoriją su dviem slenkamaisiais judesiais. Tačiau laiko kitimo tendencijos išlieka tos pačios.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 2 PRIEDE.

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

Paanalizuosime paiešką, kai skleistinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių, ir pažymėsime P-K<sub>2</sub> (2.8 pav.). Priimame, kad svyravimai atliekami apskritimo lanku, kurio spindulys  $R$ . Judesiai atliekami pagal harmoninį judesį kampiniu greičiu  $\omega$ .



Tada periodas:  $T = \frac{2 * \pi}{\omega}$ .

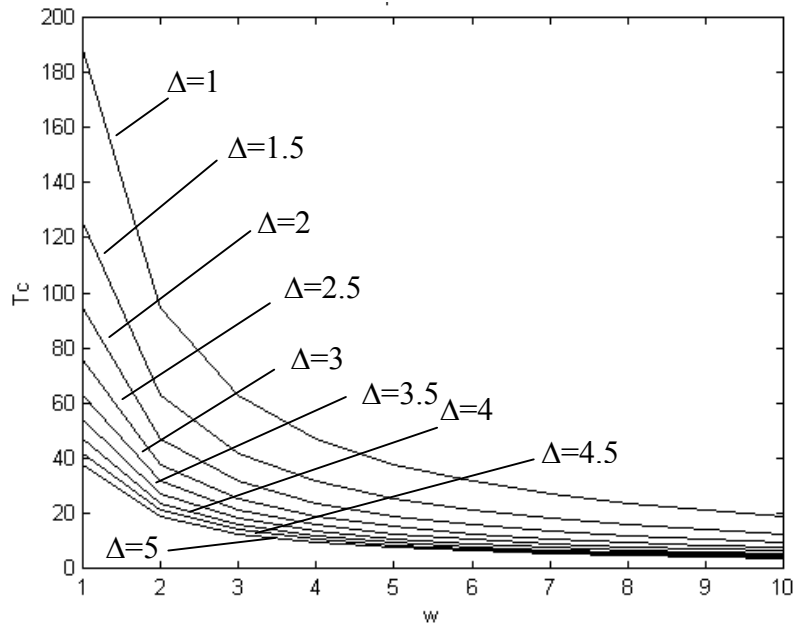
**2.8 pav. Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamojo ir svyruojamojo judesių**

Horizontalų greitį pavadinsime  $v$ , tada poslinkis duota kryptimi per periodą  $T$  lygus  $v * T$ . Turime išpildyti sąlygą:  $\Delta \geq vT$ . Todėl greičių santykis:  $\frac{\omega}{v} = \frac{2\pi}{\Delta}$ . Paieškos laikas:

$$T_c = \frac{s}{v} \text{ arba } T_c = \frac{2\pi s}{\Delta \omega}. \quad (2.3)$$

Šiuo atveju paieškos žingsnis užrašomas dydžiu  $O_2M$ , kuris truputį mažesnis nei  $\Delta$ . Atkarpą  $O_2M$  randame kaip skirtumą  $OM - OO_2$ , 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  $R \gg L$ .

Išanalizavus 2.3 lygtį, sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.9 pav:



**2.9 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamoju ir svyruojamoju judesiu:**

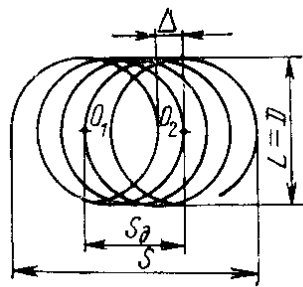
$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Detalių rinkimui panaudojus skleistinę, pateiktą 2.8 paveiksle, paieškos laikas sumažėja kiek daugiau nei dvigubai, palyginus su skleistine pateikta 2.6 paveiksle.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 3 PRIEDE.

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

Atliekant automatinę paiešką pagal schema P-V (2.10 pav.), priimam, kad sukamasis judesys atliekamas su pastoviu kampiniu greičiu  $v$ .



2.10 pav. Skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamojo ir sukamojo judesių

Aišku, kad  $L=D$ , kur  $D$  – apskritimo skersmuo, kurį aprašo velenėlio centras.

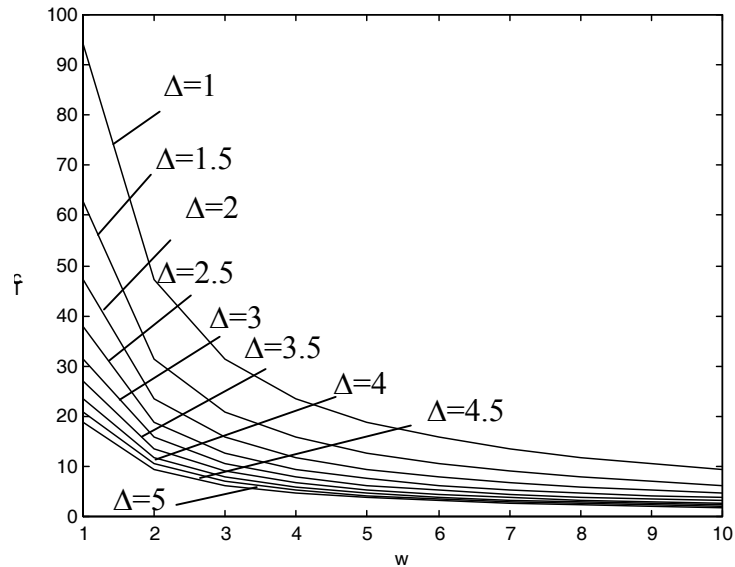
Poslinkio dydis horizontalia kryptimi:  $s_d = s - D$ , paieškos laikas:  $T_c = \frac{s_d}{v} = \frac{s - D}{v}$ .

Poslinkiui  $s_d$  taškas  $O_1$  atlieka  $n$  apsisukimų, jų skaičių randame:  $n * \Delta = s_d = s - D$ .

Kadangi  $\Delta \geq vT$ , kur  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  todėl  $\frac{\omega}{v} \geq \frac{2\pi}{\Delta}$ . Iš to seka, kad:

$$T_c \geq \frac{2\pi(s - D)}{\omega \Delta}. \quad (2.4)$$

Išanalizavus 2.4 lygtį ir galutinį paieškos laiką prilyginę šiai lygybei, sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir greičio  $v$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.11 pav:



**2.11 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su slenkamuoju ir sukamuoju judesiu:**

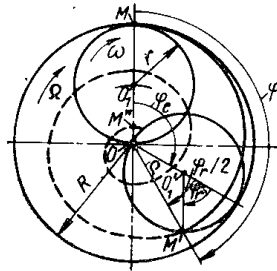
$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Išnagrinėję priklausomybes, pateiktas 2.11 paveiksle, matome, kad paieškos laikas sumažėja kiek daugiau nei dvigubai, palyginus su priklausomybėmis pateiktomis 2.9 paveiksle.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 4 PRIEDE.

### 2.1.5. Skleistinė sudaryta iš dviejų sukamųjų judesių (spiralinio tipo)

Pažiūrėsime automatinę paiešką, kai skleistinė V-V (2.12 pav.):



2.12 pav. Skleistinė sudaryta iš dviejų sukamųjų judesių (Archimedo spiralinės tipo)

Esant vienodam kampinių greičių  $\Omega$  ir  $\omega$  santykiui. Skleistinė sudaro spiralę, kur  $\Omega$  - pernešamo sukimosi kampinis greitis,  $\omega$  - sukimosi kampinis greitis. Peržiūrėsime atvejį, kai skleistinės judesiai sudaro spiralę V-V<sub>1</sub>. Abu judesiai gali turėti arba vienodą vektorių  $\Omega$  ir  $\omega$  orientaciją, arba skirtingą (priešingą). Išnagrinėsime paiešką esant vienodai kampinių greičių vektorių orientacijai. Priimsime, kad apskritimo spindulys, kuriame atliekama paieška, lygus  $R$ , o ieškančio taško pernešamo sukimosi spindulys lygus  $r$ . Aišku, kad tik esant sąlygai  $R \leq 2r$  šis taškas atliks visos zonos peržiūrą. Laikome, kad  $R = 2r$ . Ieškomoji apskritimo centro padėtis apibrėžta tašku  $M_1$ , sukima iš atskaitome iš tiesiosios  $OO_1$ .

Jei priimsime, kad visas paieškos laikas lygus  $T_c$ , o vieno apskritimo periodas pernešamam judesiui  $T_l$ , t.y. laikas spindulio  $OO_1$  pasisukimui kampu  $2\pi$ , tai  $T_c = nT_l$ , kur  $n$  – ieškančio taško sukimosi dažnis. Šiuo atveju paieška eina su kintamu žingsniu, kur skleistinė peržiūri didžiausią plotą periferijoje, o mažiausią – centre  $O$ . Rasime paieškos žingsnio reikšmę toje dalyje, kur jo dydis didžiausias.

Pagal pav. 4 e seka, kad posūkio kampas  $\rho$  yra lygus:  $\rho = \varphi_c + \frac{\varphi_r}{2}$ , kur  $\varphi_c$  – taško  $M'$  judesį pernešančio posūkio kampas.  $\varphi_r$  – sukamojo judesio posūkio kampas. Skaitysime, kad kampinis greitis  $\Omega$  pernešančiame judesyje lygus  $\Omega = k * \omega$ , kur  $\omega$  - sukamojo judesio kampinis greitis. Tada  $\varphi = \omega \left( k + \frac{1}{2} \right) t$  (2.5), spindulio vektoriaus dydis:

$$\rho = 2r \cos\left(\frac{\varphi_r}{2}\right) = R \cos\left(\frac{\varphi_r}{2}\right) \quad (2.6).$$

Laikas, kurio reikės vienam pilnam spindulio vektoriaus

apsisukimui, randame iš (2.5) išraiškos, priėmę  $\varphi = 2\pi$ . Šiuo atveju:  $t = \frac{2\pi}{(k+0.5)\omega}$  (2.7).

Visas laikas nustatomas iš taško M' posūkio kampo  $\varphi_r = \pi$  (taškas M' patenka į centrą O):

$$T_c = \frac{\pi}{\omega}.$$

Laiko momentas, kai taškas M' sukasi paskutinį apsisukimą (padėtyje M''),  $t_{p-1} = T_c - t_1 - \frac{\pi}{\omega} \frac{k-1.5}{k+1.5}$ . Šią reikšmę įstatę į (2.7) lygybę, randame atitinkamą spindulio vektoriaus reikšmę:

$$\rho_{p-1} = R \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{k-1.5}{k+1.5}.$$

Aišku, kad  $\rho_{p-1} \geq \Delta$ , todėl:

$$\Delta \geq R \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{k-1.5}{k+1.5}$$

$$k = \frac{\Omega}{\omega} \geq \frac{k\pi + ar \cos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}{\pi - 2ar \cos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}.$$

Jei priimsime, kad  $k \gg 0.5$ , tai pasinaudoję 0.5 nariu, galima užrašyti:

$$k = \frac{2\pi}{\pi - 2ar \cos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}.$$

Visas posūkio kampas per laiką  $T_c$ :  $\varphi_p = \pi * (k + 0.5)$ . Iš čia apsisukimų skaičius:

$$n = \frac{\varphi_p}{2\pi} = \frac{k+0.5}{2}.$$

Paieškos judesį, esant šiai skleistinei, galima atlikti taikant planetinį mechanizmą. Ši skleistinė naudojama t.p. ir sukantis kiekvienai detalei.

Jei judesį sudarantys vektoriai orientuoti priešpriešais, t.y. sukimasis atliekamas į

skirtingas puses, tai atlikus tuos pačius skaičiavimus, rasime, kad:  $k \cong \frac{2.5\pi - ar \cos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}{\pi - 2ar \cos\left(\frac{\Delta}{R}\right)}$ . Iš

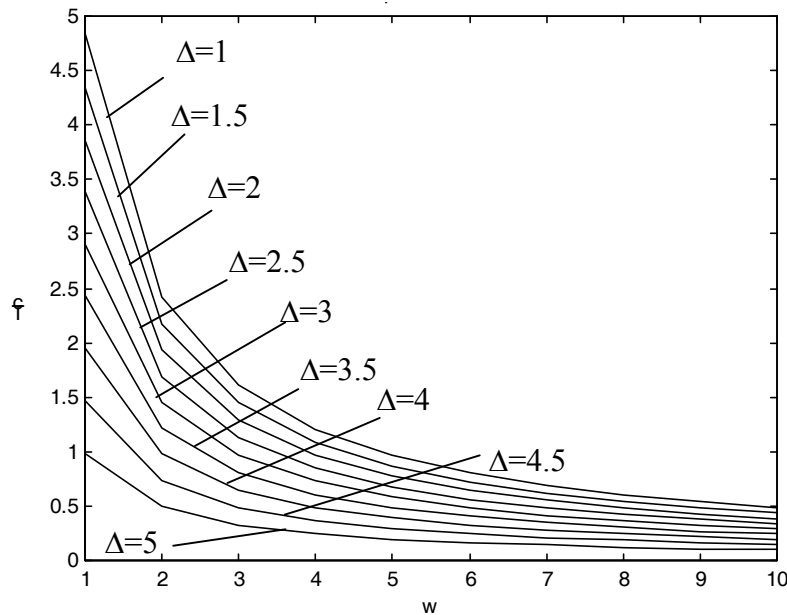


čia seka, kad abi schemas beveik panašios, tačiau perdavimo santykis pirmu atveju mažesnis nei antru.

Išanalizavus šias priklausomybes paieškos laikas nustatomas pagal formulę:

$$T_c = \frac{2\pi n}{(k + 0.5)\omega}; \quad (2.8)$$

pagal 2.8 lygybę sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.13 pav:



**2.13 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su dviem sukamaisiais judesiais:**

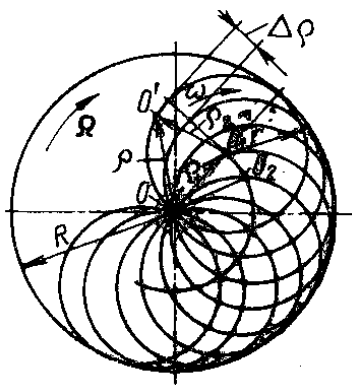
$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $\omega$  – paieškos greitis;

Pagal priklausomybes, pateiktas 2.13 paveiksle, matome, kad paieškos laikas sumažėja dvidešimt kartų, palyginus su priklausomybėmis pateiktomis 2.11 paveiksle. Tai reiškia, kad orientavimas pagal šia trajektoriją laiko atžvilgiu yra daug ekonomiškė nei prieš tai buvusių trajektorijų.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 5 PRIEDE.

### 2.1.6. Skleistinė, kai du sukamieji judesiai yra priešingų kryptių

Sudėjus du sukamuosius judesius vieną priešais kitą yra atliekamas ne tik spiralinė, bet ir dviejų sukamųjų judesių skleistinė (2.14 pav.).



2.14 Skleistinė, kai du sukamieji judesiai yra priešingų kryptių

Peržiūrėsime automatinės paieškos sąlygas taikant šį būdą, kurį išreikšime per  $V-V_2$ . Skaitysime, kad kai  $R=2r$  kampinių greičių  $\Omega$  ir  $\omega$  orientacija yra vienoda. Ieškomojo taško  $O'$  padėtis nustatoma spindulio vektoriumi  $\rho'$ , lygiu spindulių vektorių  $\rho_1'$  (pernešančio) ir  $\rho_2'$  (sukamojo) judesių geometrinei sumai.

Iš 4 pav. seka, kad maksimalus atstumas  $\Delta\rho$  tarp gretimų eilių, aprašomų  $O'$  tašku, nustatomas statmenai per spindulį  $\rho_1$ . todėl  $\delta\rho \approx O_1O_2$ . Tada  $\delta\rho = r\delta\varphi$ , kai  $\delta\varphi = \frac{2\pi}{n}$ , kur  $n$  – pilnų taško  $O'$  apsisukimų skaičius. Jei apsisukus spinduliui  $\rho_1'$  vieną kartą, spindulys  $\rho_2'$  atlieka  $n$  apsisukimų aplink centrą  $O_1$ , tai  $\omega = n\Omega$ . Iš čia:  $\delta\rho = \frac{2\pi r\Omega}{\omega}$ .

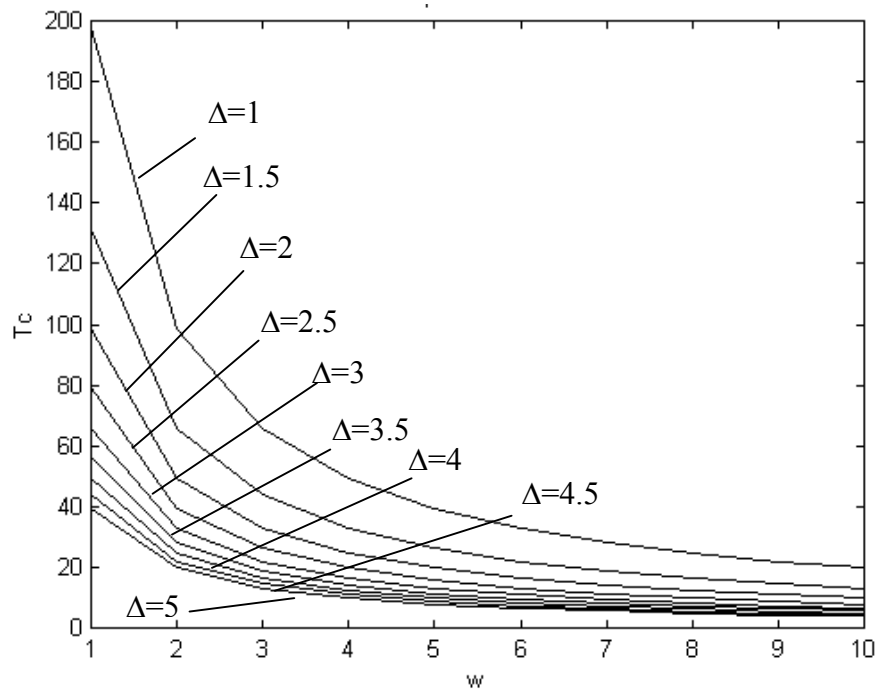
Kad užtikrinti jungiamų detalių sutapdinimą, reikia, kad  $\Delta = \frac{2\pi r\Omega}{\omega}$ . Iš čia:  $\frac{\omega}{\Omega} = \frac{2\pi r}{\Delta}$ .

Paieškos laikas:

$$T_c = \frac{2\pi}{\Omega}. \quad (2.9)$$

Panaši skleistinė dažnai naudojama pritaikant vieną sukamąjį judesį velenėliui, o kitą įvorei. Dauguma spiralinių skleistinų naudojamos sutapdinus sukamuosius judesius su svyruojamaisiais (vibruojančiais) (skleistinė V-K), svyruojamuosius judesius su svyruojamaisiais (skleistinė K-K) ir esant kitam judesių deriniui. Spiralės judesys atliekamas, jei judama detalė besisukdama juda link centro (sosisukanti spiralė) arba besisukdama juda nuo centro (išsisukanti spiralė).

Išanalizavus 2.9 lygtį, sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.15 pav:



**2.15 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio trajektorijai su dviem sukamaisiais judesiais (priešingų kryptių):**

$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

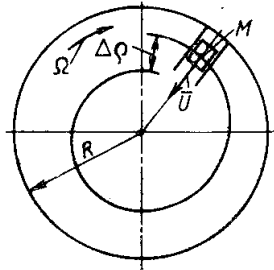
Iš 2.15 paveiksle pateiktos priklausomybės matome, kad rinkimo laikas labai panašus kaip ir 2.9 paveiksle pateiktose priklausomybėse. Tai reiškia, kad 2.8 ir 2.14 paveiksluose parodytos skleistinės yra tapačios laiko atžvilgiu.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 6 PRIEDE.

### 2.1.7. Spiralinė skeistinė

Peržiūrėsime V-K tipo spiralinę skeistinę su sąlyga, kad svyravimai atliekami esant pastoviam greičiui, skeistinę apibūdinsime kaip B-K<sub>1</sub> tipą. Kai sukimosi greitis  $\Omega$  ir svyravimo greitis  $v=const$ , vieno apsisukimo aplink centrą O periodas (2.16 pav.)

$$T_1 = \frac{2\pi}{\Omega}.$$

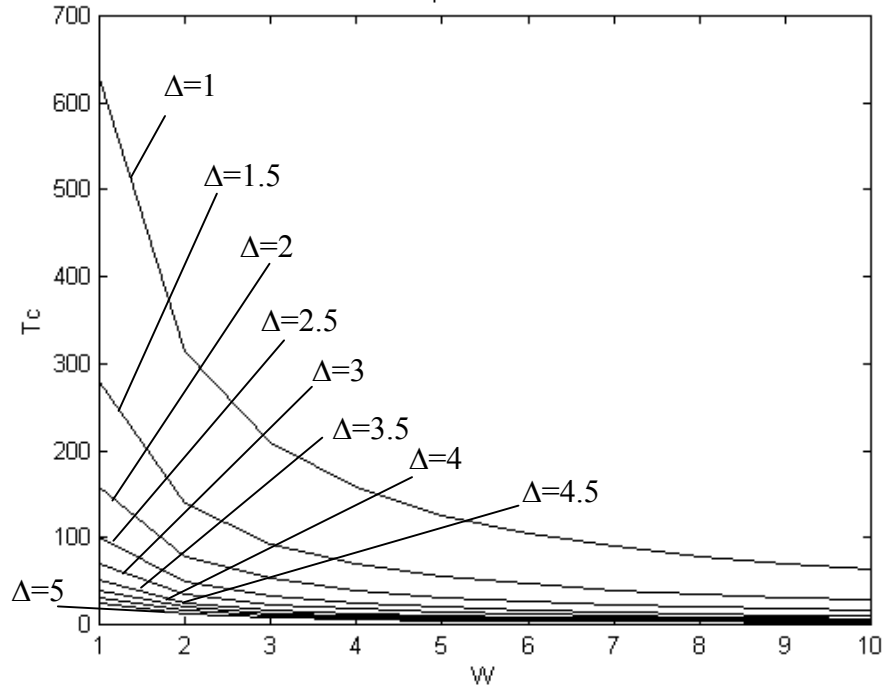


2.16 pav. Spiralinė skeistinė

Paieškos žingsnis  $\Delta = vT_1$ . Apsisukimų skaičius, kurį būtina praeiti spindulio  $R$  plokštumą,  $n = \frac{R}{\Delta}$ . Iš čia:  $\Delta = \frac{R}{n}$ . Tada

$$\frac{R}{n} = vT_1 = \frac{2\pi}{\Omega} \frac{R}{n}. \quad (2.10)$$

Iš formulės (2.10) išreiškiame laiką  $T$  ir paskaičiuojame. Skaičiuojant keičiami tik kampinis greitis  $\omega$  ir žingsnis  $\Delta$ , kiti parametrai laikomi pastovūs. Gauti rezultatai pateikti 1.17 pav.:



**2.17 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio spiralinei skeistinei:**  
 $T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Pagal 2.17 paveiksle pateiktą priklausomybę matyti, kad atliekant paiešką pagal spiralinę trajektoriją paieškos laikas yra pats didžiausias, tačiau didinant žingsnį ir paieškos greitį jis sparčiai mažėja, ir kai paieškos žingsnis yra 3.5 ir daugiau, laikas yra pakankamai mažas.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 7 PRIEDE.

### **2.1.8. Skleistinė sudaryta iš sukamojo ir svyruojamojo judesių, kai virpesiai yra harmoniniai**

Suderinsime 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. Čia taip pat susidaro spiralinė skeistinė, kurią pažymėsime V-K<sub>2</sub>. Tokį judesį lengviau atlikti, be to mažiau apkraunamas orientavimo mechanizmas. Kaip ir anksčiau, svyravimai atliekami radialine kryptimi link centro (2.16 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:  $T_2 = \frac{2\pi}{\omega}$ .

Aišku, kad taškas M visą plokštumą “peržiūrės” per laiką  $T_c = \frac{T_2}{2}$ , tai yra, per laiką,

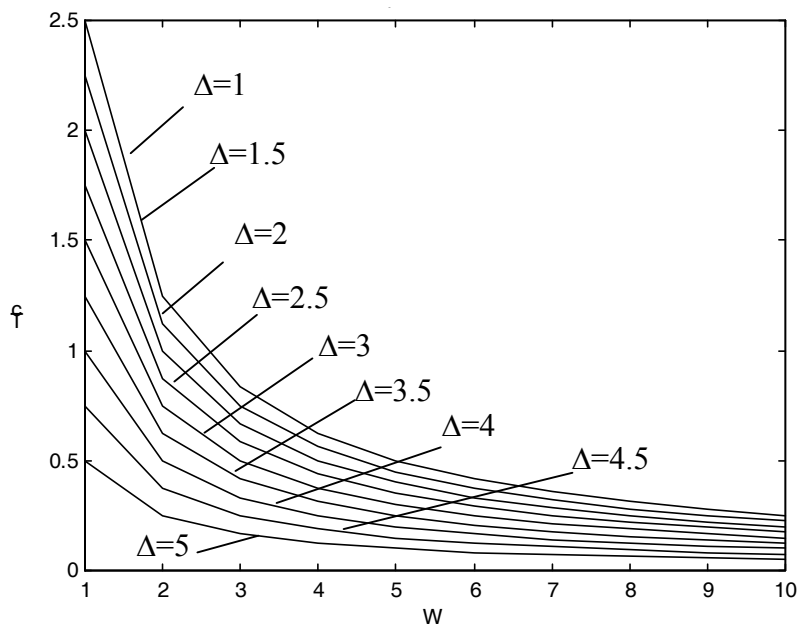
kuriį jis (taškas) pereis kelią  $R$ . Iš čia:  $T_c = \frac{\pi}{\omega}$ .

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

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

$$n = \frac{T_c}{T_1} = \frac{\Omega}{2\omega}. \quad (2.11)$$

Išanalizavus 2.11 lygtį ir išreiškus paieškos laiką, sudarome programą ir, esant skirtingoms žingsnio  $\Delta$  ir kampinio greičio  $\omega$  reikšmėms, apskaičiuojame paieškos trukmę  $T_c$ . Gautus rezultatus pateikiame 2.18 pav.:



**2.18 pav. Apskaičiuoto paieškos laiko priklausomybė nuo greičio spiralinei skleistinei, kai judesiai yra harmoniniai:**

$T_c$  – paieškos laikas;  $\Delta$  - paieškos žingsnis;  $w$  – paieškos greitis;

Išnagrinėję priklausomybes, pateiktas 2.18 paveiksle, matome, kad paieškos laikas sumažėja kiek daugiau nei dvigubai, palyginus su priklausomybėmis pateiktomis 2.13 paveiksle.

Palyginus visas prieš tai išnagrinėtas skleistines, matome, kad laiko atžvilgiu geriausia skleistinė yra pateikta 2.16 paveiksle, tačiau tik tada, kai judesiai yra harmoniniai.

Skaitiniai duomenys ir programos tekstas parašytas Matlab programiniu paketu pateikti 8 PRIEDE.

### **2.1.9. Skleistinė iš dviejų svyruojamųjų judesių, kai abi amplitudės moduluojasi**

Priimsime, kad sudarantys svyravimai atliekami vienu ir tuo pačiu dažniu  $\omega$ , o pradinės svyravimų amplitudės vertikalioje ir horizontalioje koordinatėse ašyse

atitinkamai lygios  $a_v$  ir  $a_h$  (2.19 pav.). Laikome, kad fazių poslinkio kampas tarp svyravimų lygus  $\beta = \frac{\pi}{2}$ , ir abu svyravimai moduliuojasi. Tada:

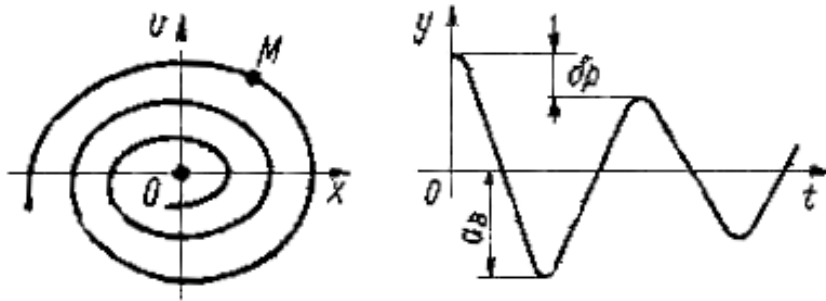
$$x = \left( a_h - \frac{\delta\rho}{T} t \right) \sin(\omega t)$$

$$y = \left( a_v - \frac{\delta\rho}{T} t \right) \cos(\omega t)$$

kur  $\delta\rho$  - vieno periodo svyravimų amplitudės pokytis. Kadangi svyravimų periodas  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , tai:

$$x = \left( a_h - \frac{\delta\rho}{2\pi} t\omega \right) \sin(\omega t)$$

$$y = \left( a_v - \frac{\delta\rho}{2\pi} t\omega \right) \cos(\omega t)$$



2.19 pav. Svyravimo skeistinė moduluota pagal dvi koordinates

Taškas M pereina paieškos plotą per laiką, kurio bėgyje koordinatės  $x$  ir  $y$  tampa lygios 0. Šis laikas nustatomas lygybėmis:

$$a_h - \frac{\delta\rho}{2\pi} \omega t = 0$$

$$a_v - \frac{\delta\rho}{2\pi} \omega t = 0$$

Iš čia:

$$T_{1c} = \frac{2\pi a_h}{\omega \delta\rho}$$

$$T_{2c} = \frac{2\pi a_v}{\omega \delta\rho}$$



Didžiausią iš šių laikų priimame kaip paieškos laiką. Kadangi  $\delta\rho = \Delta$ , tai:

$$T_{1c} = \frac{2\pi a_h}{\omega\Delta}$$

$$T_{2c} = \frac{2\pi a_v}{\omega\Delta}$$

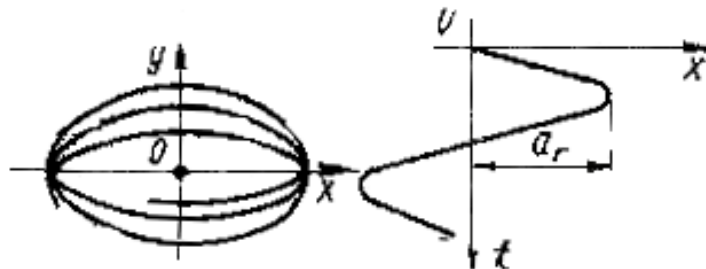
Vertikalių ir horizontalių svyravimų dažnių santykis čia lygus vienetui.

### 2.1.10. Skleistinė iš dviejų svyruojamųjų judesių, kai moduluojasi tik viena amplitudė

Jei moduluojasi tik viena amplitudė, pvz.  $a_v$ , tai tada skleistinės paieškos trajektorija bus kaip parodyta 2.20 paveiksle. Tuo atveju

$$T_c = \frac{2\pi a_v}{\omega\Delta}. \quad (2.12)$$

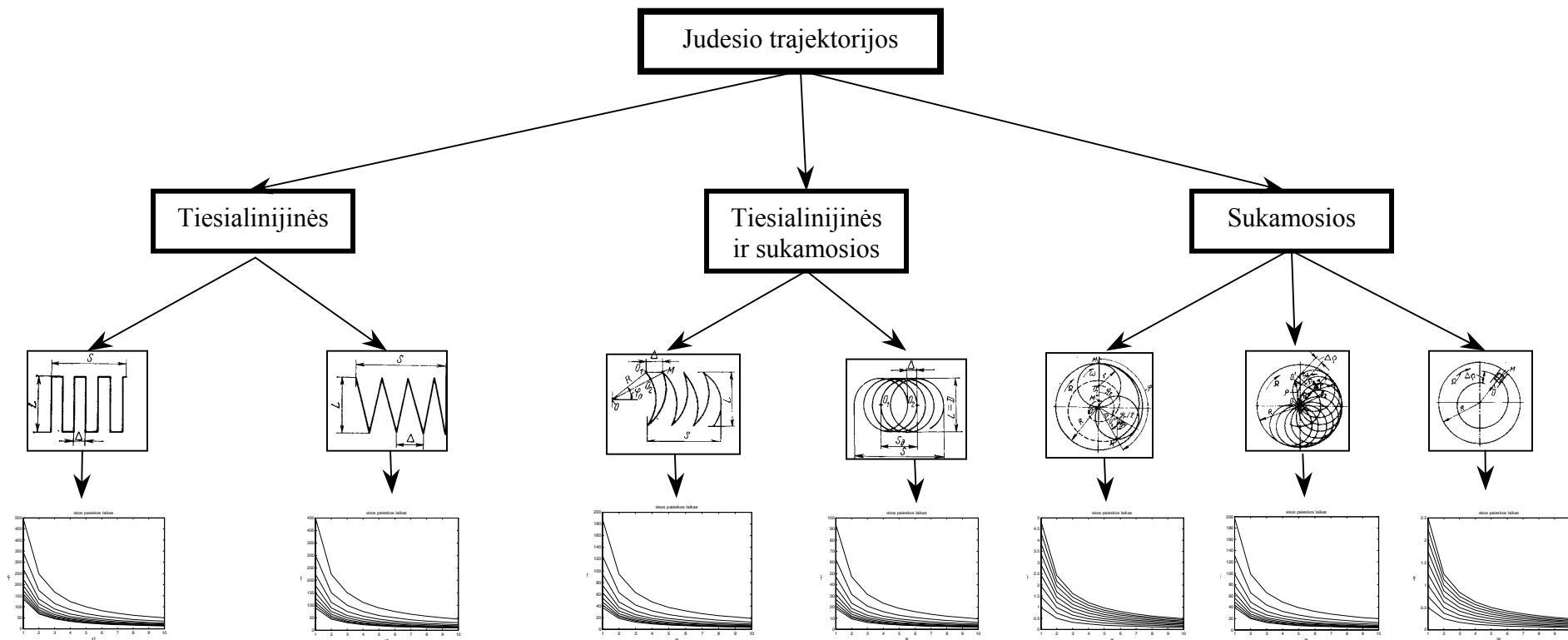
Visi likę parametrai analogiški prieš tai buvusiems.



2.20 pav. Svyravimo skleistinė moduluota pagal vieną koordinatę

Svyruojamieji judesiai  $x$  ir  $y$  ašimis užtikrinami vibroįrenginiais, įvairaus veikimo būdo mechanizmais. Patys patogiausi nustatymo ir reguliavimo procese yra pneumatiniai vibroįrenginiai.

Abu sudarančius judesius galima sujungti bet kuriai iš surenkamų detalių, nors egzistuoja pavaros, kuriose sukamąjį judesį atlieka viena detalė, o svyruojamąjį – kita. Skleistinės forma priklauso nuo svyravimų dažnių, o t.p. nuo to, ar moduluojasi viena iš šių svyravimų amplitudžių, ar moduluojasi abi.



2.21 pav.

Vienais iš geriausių yra laikomi mechanizmai, kuriuose yra realizuoti du svyruojamieji judesiai, kadangi jų pavaros yra nesudėtingos: čia galima užtikrinti labai patogų mechanizmą sudarančių grandžių dažnių santykį. Taip pat nereikia įvesti sinchronizacijos įrenginių, turinčių didelius perdavimo santykius.

Vienos ar kitos paieškos schemos pasirinkimas, taip pat sudaromųjų judesių tipas priklauso nuo reikalaujamo darbo režimo, paieškos ploto charakteristikos ir mechanizmo greitaveikos.

Paieškos greitaveika, esant skleistinėms  $V-K_1$  ir  $V-V_2$ , yra vienoda. Todėl paieškos mechanizmo pasirinkimas šiuo atveju priklauso nuo jo sudėtingumo ir patikimumo, o tai visų pirma priklauso nuo leistino žingsnio pagal pasirinktą schemą.

Lyginant paieškas pagal P-P ir P- $K_1$  schemas, aiški antrosios pirmenybė, nes ji yra paprastesnė ir su mažesniu (esant tiems patiems parametrų) paieškos laiku. Automatinė paieška, turint skleistines P- $K_2$  ir P-V, ypatingų skirtumų neturi. Paieška, esant skleistinei P-V, gali būti atlikta net du kartus greičiau, nei esant skleistinei P- $K_2$ , o pagal sudėtingumą sudarantys juos mechanizmai nelabai kuo skiriasi. Atliekant paiešką pagal skleistinę P-V, dydis  $L$  nustatomas pagal  $D$ . Pagal skleistinės plotą ir mechanizmo konstrukcinį sudėtingumą paieška, naudojant skleistinę K-K, lygiareikšmė su P-V arba V- $B_2$ . Labiausiai tinkami yra tokie mechanizmai, kuriuose tam, kad būtų gautas tam tikras rezultatas, naudojama tik viena pavara.

Bendruoju atveju automatinio rinkimo pozicijoje sujungiamųjų detalių tarpusavio padėties tikslumas dėl detalių formos nuokrypų, programuojamųjų judesių trajektorijos ir kitų paklaidų dažniausiai būna nepakankamas. Detalių ašys būna persislinkusios ir persikreipusios. Norint detales nekliudomai rinkti, vieną iš jų reikia taip perslinkinti ir pasukti kitos atžvilgiu, kad jos užimtų reikiamą tarpusavio padėtį.

Orientavimas automatinė paieška yra pažangus metodas, nes leidžia didinti darbo patikimumą, rinkimo tikslumą. Naudojant panašius mechanizmus, apsiribojama paprasčiausių velenų ir įvorių rinkimu, o surenkant sudėtingesnius sujungimus, pvz., presinis suspaudimas, automatinės paieškos mechanizmai mažiau efektyvūs dėl vienu metu būtino daugelio parametrų sutapdinimo.

### 3. Paieškos metodo efektyvumo nustatymas

Automatizuoto rinkimo metu būtina užtikrinti atitinkamą surenkamų detalių tarpusavio padėtį prieš rinkimą.

Jei tarpas tarp sujungiamų paviršių mažas, tai, norint užtikrinti gerą sujungimą, būtinas didelis atitinkamų detalių orientavimo tikslumas, kas, savo ruožtu, reikalauja tikslių sujungimo automatų. Tokiu atveju galima naudoti įvairius metodus, leidžiančius ekonomiškai padidinti užlaidas. Vienu iš labiausiai naudojamų būdų yra vienos iš surankamų detalių priartinimas pagal orientuojamąją trajektoriją plokštumoje, statmenoje sujungimo ašiai. Toks būdas užtikrina surenkamų detalių atitinkamų ašių tarpusavio padėties klaidų tikimybę.

Bendru atveju surenkamų detalių ašių tarpusavio padėties paklaidų išsibarstymą galima sumažinti laisvomis trajektorijomis. Čia būtina išsiaiškinti sąlygas, kurioms esant vyksta rinkimas, nustatyti labiausiai tinkamas trajektorijas, pagal kurias detalės surenkamos greičiausiai ir sunaudojama mažiau energijos. Tokia užduotį galima įvykdyti įvedant orientavimo efektyvumo kriterijų. Šiuo atveju efektyvumo kriterijus suprantamas kaip orientavimo būdų efektyvumas naudojant vienas ar kitas trajektorijas pernešant vieną iš detalių į rinkimo poziciją.

Kad teisingai įvertinti trajektorijų tipus pagal efektyvumą būtina nustatyti sąlygas, kurios turi būti tikrinamos lyginant orientavimo trajektorijas. Jomis gali būti:

- a) surenkamų detalių formos vienodumas ir atitinkamų ašių paklaidų išsibarstymo zonos išsidėstymas;
- b) vienos iš pernešamų detalių pernešimo maksimalaus greičio vienodumas.

Nuo užduoties suformulavimo priklauso optimalaus vienos ar kitos orientavimo trajektorijos kriterijaus išrinkimas. Tokiu kriterijumi gali būti:

1. vienos detalės ašies būvimas matomumo lauke minimalus laikas;
2. atitinkamas išteklių koeficientas;
3. vidutinis atitinkamų išlaidų koeficientas.

Optimali trajektorija pagal minimalų ašies buvimo matomumo lauke laiką nustatoma pagal formulę:

$$t_{i_{\min}}^{(x,y)} = \int_{l_i} \frac{dl}{V(l)} ; \quad (3.1)$$

čia:  $l_i$  – trajektorijos dalis, kurios ribose pernešamos detalės ašis yra matomoje vietoje centre kuris yra  $(x,y)$  taške;

$V(l)$  – pernešamos detalės ašies greitis plote kurio centras taške  $(x,y)$ .

Minimalus laikas  $t_{i_{\min}}$  nustato sujungimo sąlygas ir garantuoto sujungimo dydį. Jei trajektorijos pasirinkimas nustatomas tik pagal ašies radimąsi matomumo lauke, tai šią sąlygą gali atitikti kelios trajektorijos, turinčios skirtingą efektyvumą. Todėl jas reikia įvertinti pagal atitinkamą išlaidų koeficientą ir vidutinį atitinkamų išlaidų koeficientą.

Nustatant atitinkamą išlaidų koeficientą, priimta laikyti kad išlaidų dydis yra lygus trajektorijos ilgiui, kuris yra paieškos lauke, nes jis gali charakterizuoti laiką ( $t$ ) ir energijos išlaidas ( $Q$ ), esant atitinkamam detalių orientavimui, jei žinoma, kad:

$$t = f(L) \quad (3.2)$$

ir

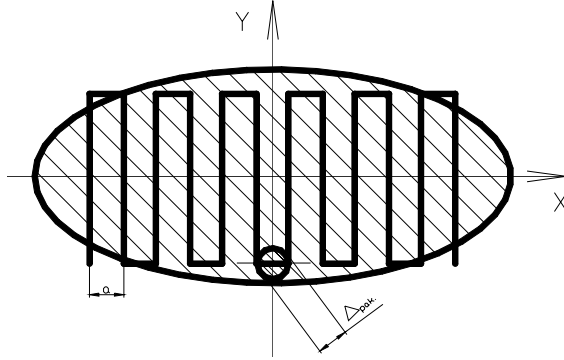
$$Q = \Psi(L). \quad (3.3)$$

Atitinkamų išlaidų koeficientas:

$$k = \frac{L_i}{L_j}, \quad (3.4)$$

čia:  $L_i$  – trajektorijos ilgis ieškojimo lauke i-ojoje trajektorijoje;

$L_j$  – trajektorijos ilgis ieškojimo lauke j-ojoje trajektorijoje.



3.1.pav. Žingsnio dydis, kai skleistinė sudaryta iš dviejų slenkamųjų judesių

Pagal 3.1 pav., jei

$$\frac{6\sigma_x}{a} = n \text{ ir } \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \varepsilon, \text{ tai:}$$

$$L_p = a(n^2\varepsilon + n - 1), \quad (3.5)$$

čia:  $\sigma_x$  – surankamų detalių ašių padėčių atitinkamos paklaidos kvadratinė nuokrypa ašies X kryptimi;

$\sigma_y$  – surankamų detalių ašių padėčių atitinkamos paklaidos kvadratinė nuokrypa ašies Y kryptimi;

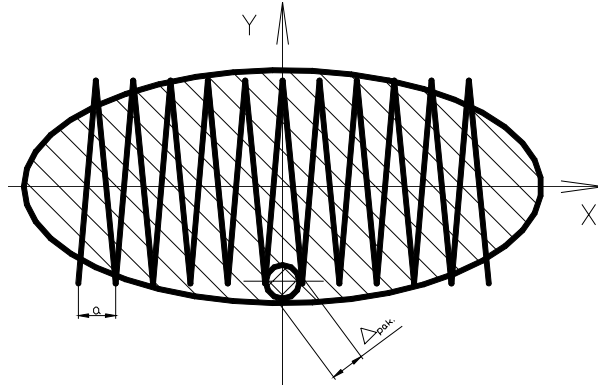
$a$  – žingsnis.

Žingsnio  $a$  dydis neturi viršyti leistino dydžio  $\Delta_{pak}$ , nusakančio rinkimo proceso įvykdymą:

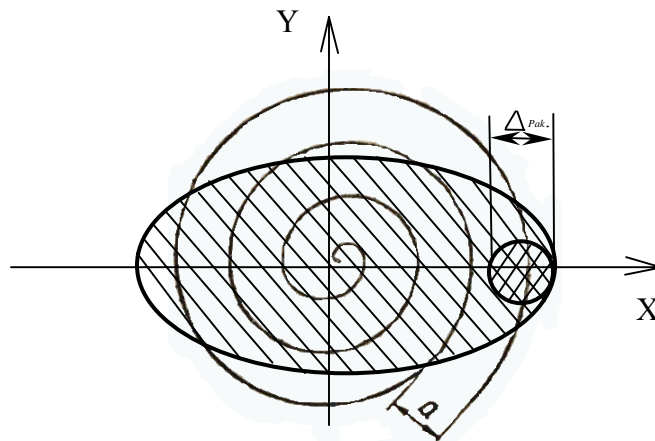
$$a \leq \Delta_{pak}. \quad (3.6)$$

Pernešant vieną iš surenkamų detalių pagal trajektoriją parodytą 3.2 pav.,

$$L_T = an\sqrt{4n^2\varepsilon^2 + 1}. \quad (3.7)$$



3.2. pav. Žingsnio dydis, kai skeleistinė sudaryta iš slenkamojo ir svyruojamojo judesių



3.3. pav. Žingsnio dydis, kai detalė juda spiraliniu judesiu judesiu

Kai viena detalė juda spiraline trajektorija (3.3. pav.):

$$r = c\varphi, \quad (3.8)$$

kur  $c = \frac{a}{2\pi}; \quad (3.9)$

čia:  $r, \varphi$  - polinės koordinatės.

Kreivės ilgis:

$$L_c = \int_0^m \sqrt{\frac{a^2 \varphi^2}{4\pi^2} + \frac{a}{4\pi^2}} * dx = \frac{a}{4\pi} \left[ \pi m \sqrt{1 + \pi^2 n^2} + \ln(\pi m + \sqrt{1 + \pi^2 n^2}) \right] \quad (3.10)$$

Priklausomai nuo trajektorijos, kurios atžvilgiu nustatomas išteklių koeficientas, naudojama išsiplečianti spirale

$$r = \frac{a}{2\pi} \varphi. \quad (3.11)$$

Išteklių koeficientas pagal 1. pav.:

$$K_p = \frac{L_s}{L_p} = \frac{\pi n \sqrt{1 + \pi^2 n^2} + \ln(\pi n + \sqrt{1 + \pi^2 n^2})}{4\pi(n^2 \varepsilon + n - 1)}. \quad (3.12)$$

Pernešant detale pagal 3.2. pav.:

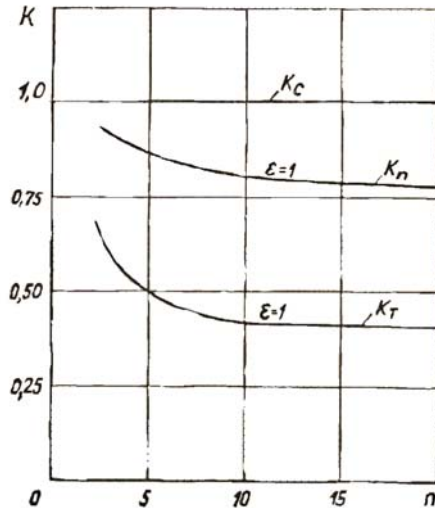
$$K_p = \frac{\pi n \sqrt{1 + \pi^2 n^2} + \ln(\pi n + \sqrt{1 + \pi^2 n^2})}{4\pi n(4n^2 \varepsilon + 1)}. \quad (3.12)$$

Išteklių koeficiento priklausomybė nuo žingsnių skaičiaus parodyta 3.4. pav. Kitokių trajektorijų tipui išteklių koeficientą apskaičiuoti galima analogiškai, tačiau iš 3.1 ir 3.2 pav. matyti, kad šie koeficientai bus mažesni už anksčiau nustatytus.

Jei detalių ašių paklaidų sklaidos laukas lygiavertis, tai geriausiai tiks spiralinė detalės judėjimo trajektorija, užtikrinanti:

- a) ekvadistancinį pernešimą;
- b) išvengti orientavimo trajektorijos linijų persidengimo;
- c) detalės pernešimo vienodą greitį per visą paklaidų pasiskirstymo laiką.





3.4 pav. Išteklių priklausomybė nuo žingsnių skaičiaus

Nagrinėjant kitus detalių ašių nukrypimo paklaidų laukų tipu, pagal išteklių koeficientą negalima nustatyti optimalią detalės judėjimo trajektoriją. Tuomet optimalios trajektorijos išrinkimą būtina atlikti pagal laika, kurio reikia norint rinkti mazgą. Tam kiekvienai trajektorijai yra nustatytos formulės, pagal kurias galima apskaičiuoti (promežutok) laiką ir energijos išteklių nuo orientavimo pradžios iki detalių sujungimo. Galima priimti, kad ašies padėties suminė paklaida apskaičiuojama naudojant normalinį Gauso dėsnį. Vidutinis išteklių koeficientas:

$$K^v = \frac{L_i^v}{L_j^v}, \quad (3.13)$$

čia:  $L_i^v$  – vidutinė galima i-osios trajektorijos ilgio nuokrypa;

$L_j^v$  – vidutinė galima j-osios trajektorijos ilgio nuokrypa.

Jei surenkamų detalių ašies pokrypio paklaidų pasiskirstymo laikas priklauso normaliniam dėsniai, tai vienos iš detalių pernešimas trajektorija, parodyta 3.1, 3.2 pav., vidutine galima nuokrypa

$$E_x = 3\sigma_x. \quad (3.14)$$

Tada vidutinė galima trajektorijos ilgio nuokrypa pagal 3.1 pav.:

$$L_p^v = \frac{a}{2}(n^2\varepsilon + n - 1) \quad (3.15)$$

Antrai trajektorijai (3.2 pav.):

$$L_t^v = \frac{an}{2}\sqrt{4n^2\varepsilon^2 + 1}. \quad (3.16)$$

Pernešant detales pagal spiralinę išsisukančia trajektoriją su pradžia, kuri sutampa su paklaidų sklaidos lauko centru

$$E_x = 0.67\sigma_x. \quad (3.17)$$

Tada vidutinė galima trajektorijos ilgio nuokrypa:

$$L_s^v = \frac{a}{4\pi} \left[ 0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} + \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2}) \right] \quad (3.18)$$

Detalei judant susisukančia spirale, vidutinė galima trajektorijos ilgio reikšmė bus:

$$L_{s.s}^v = L_s - L_s^v, \quad (3.19)$$

arba

$$L_{s.s}^v = \frac{a}{4\pi} \left[ \pi n \sqrt{1 + \pi^2 n^2} + \ln(\pi n + \sqrt{1 + \pi^2 n^2}) - 0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} - \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2}) \right]$$

Vidutinis galimas išteklių koeficientas trajektorijoms, parodytoms 3.1, 3.2 pav. atitinkamai:

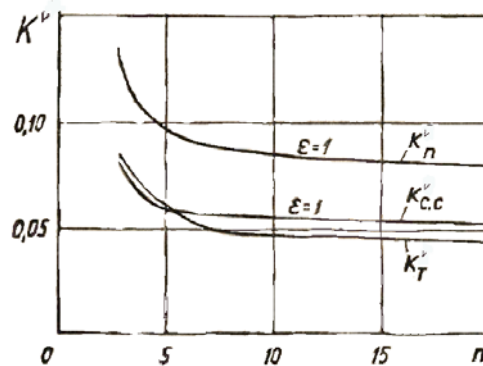
$$K_p^v = \frac{0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} + \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2})}{2\pi(n^2\varepsilon + n - 1)}. \quad (3.20)$$

$$K_t^v = \frac{0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} + \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2})}{2\pi n(4n^2\varepsilon^2 + 1)}. \quad (3.21)$$

Detalei judant susisukančia spirale vidutinis galimas išteklių koeficientas:

$$K_{s,s}^v = \frac{0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} + \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2})}{\pi n \sqrt{1 + (\pi n)^2} + \ln(n + \sqrt{1 + (\pi n)^2}) - 0.2\pi n \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2} + \ln(0.2\pi n + \sqrt{1 + (0.2\pi n)^2})}$$

Vidutinio galimo išteklių koeficiento priklausomybė nuo žingsnių  $n$  skaičiaus įvairioms trajektorijoms parodyta 3.5 pav. Pernešant detale viena ir ta pačia trajektorija (spiraline) pagal vidutinį galimą išlaidų koeficiento dydį, pagrindinę įtaką turi vienos iš surenkamų detalių kryptis paklaidų sklaidos lauko atžvilgiu.



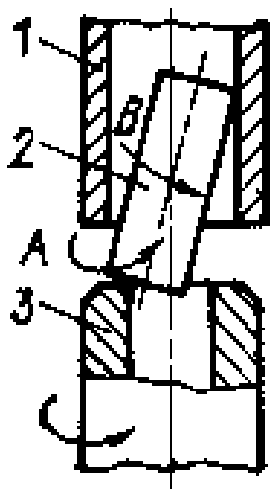
3.5 pav. Vidutinio galimo išteklių koeficiento priklausomybė nuo žingsnių skaičiaus

Prieš kuriant mechaninius orientuojančius mechanizmus išrinkti optimalų trajektorijos tipą taip pat turės įtakos inercijos jėga mechanizmo elementuose, pereinant per taškus, kur judesys keičia kryptį. Todėl tokiems mechanizmam būtina išrinkti orientavimo trajektorijas, neturinčias staigių greičio pokyčių ir susidedančių iš harmoninių dedamųjų.

Pakankamai komplikotas klausimas įvertinti šio metodo galimybes, nes daigeliu atveju nauda, gauta mažinant išlaidas orientuojant detales netenka prasmės dėl rinkimo automato nepatikimumo.

#### 4. Pozicionavimo mechanizmų pavyzdžiai

Išnagrinėsime vamzdelio ir įmovos nustatymo procesą, kai yra taikomas V-K<sub>1</sub> automatinės paieškos būdas (4.1 pav.). Vamzdelis yra viena iš daugiapolio diodo sudedamųjų dalių. Jis patenka per padavimo kanalą 1, atsiremia į įmovos galą 3 ir taip pat pradeda sukstis, nors jo sukimasis atsilieka nuo įvorės sukimosi. Sąlyčio vietose įvyksta praslydimas, kuris sumažina pasisukimo B kryptimi pasipriešinimą. Vamzdelis, besisukdamas A kryptimi, papildomai pasisuka B kryptimi. Taip užtikrinamas vamzdelio įdėjimas į bazavimo vietą. Vamzdelis yra veikiamas kitų vamzdelių, kurie yra virš jo, sunkio jėgos. Praktiškai vamzdelis įeina į skylę per 1.5 - 2 įvorės apsisukimus.

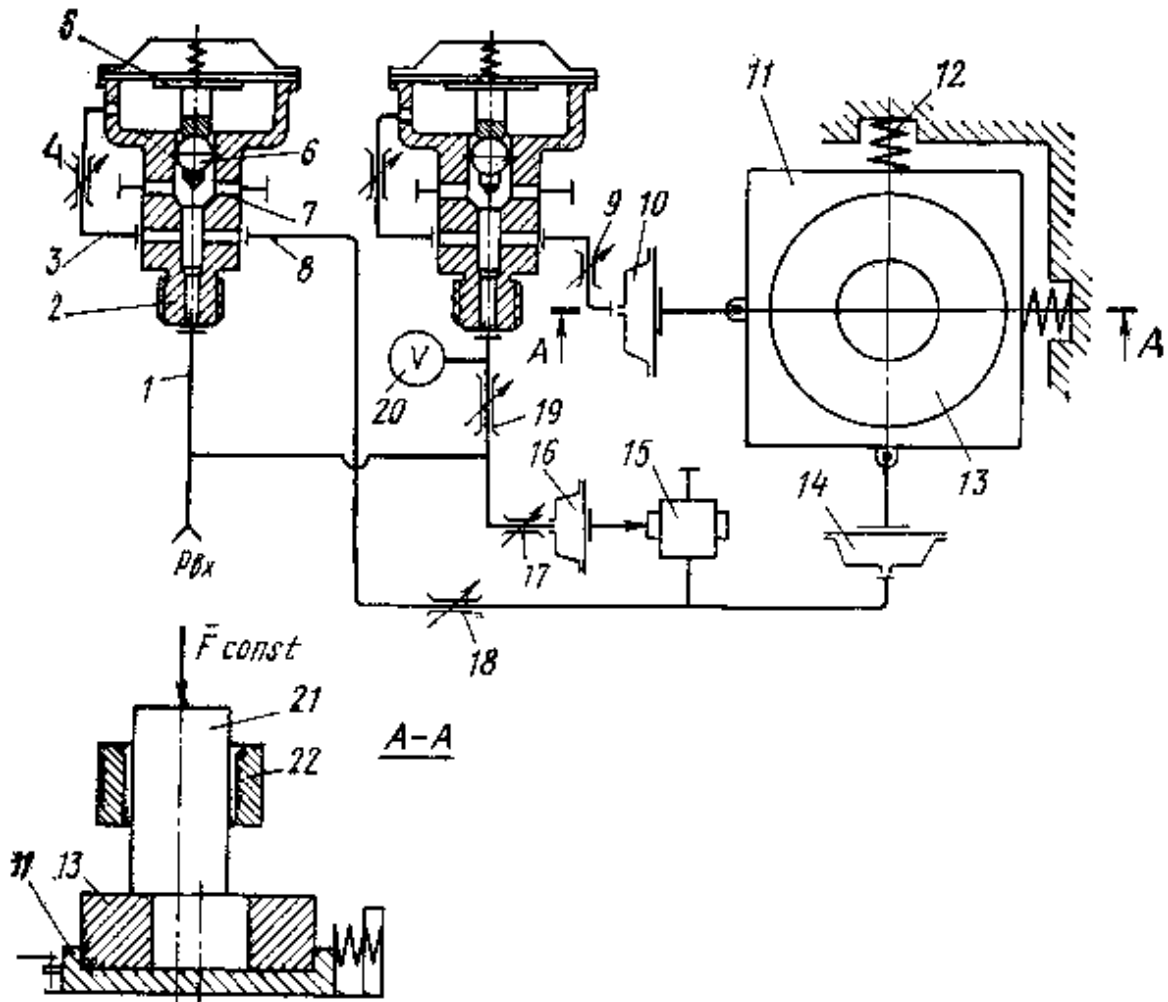


4.1 pav. Vamzdelio įstatymo į įmovą schema

Orientavimo mechanizmas, skirtas velenui įvesti į skylę, padarytas K-K schemos pagrindu (2.3 pav. b), jis pateiktas 4.2 pav.: čia dvimembranės kameros 10 ir 14 veikia plokštumą 12. Atbulinė eiga vyksta iš kamerų ištraukiant orą.

Oras iš maitinimo tinklo, esant pastoviam spaudimui  $p_i$ , praeina pro vamzdelį 1 ir patenka į pirmojo pulsatoriaus korpusą 2 (spaudimo generatorių). Iš čia per vamzdelį 8 oras įeina į kamerą 14 ir tiesiai eina į viršų; per vamzdelį 3, pro droselį 4 oras patenka į membranine kamerą 5, kur spaudimas taip pat pakyla. Dėl to kameros 5 kotas pradeda kilti į viršų ir korpuse 2 pakyla atidaromasis rutuliukas, kuris atidaro angą. Oras per spindulines skylės 7 išeina į atmosferą, korpuse slėgis krinta. Taip pat slėgis krinta ir

kameroje 14 kaip ir membraninėje kameroje 5. Dėl to spyruoklė 12 gražina platformą į apačią, o rutuliukas 6 uždaro išeinamąjį angą. Korpuse vėl kyla spaudimas, svyravimų ciklas vėl kartojasi.



4.2 pav. Membraninis paieškos mechanizmas

Visiškai analogiškai dirba antrasis pulsatorius, aprūpinantis kamerą 10 darbu. Čia magistralėje, jungiančioje kamerą su pulsatoriaus korpusu, papildomai įstatytas droselis 9. Jis reguliuoja svyravimų amplitudę pagal horizontalinę ašį; svyravimų amplitudė pagal vertikalę ašį užtikrina toks pat droselis 18.

Žinoma, kad droselis 19 ir pneumatinis matuoklis 20 atlieka laikino užlaikymo funkciją, kuri užtikrina būtiną svyravimų fazinį poslinkį abiem ašimis. Jei fazinio kampo

dydis lygus nuliui, tai platformos svyravimai tampa sinfaziniai, o trajektorija - linija, dažniausiai tiesia. Atitinkamai krinta automatinės paieškos efektyvumas.

Abiejų pulsatorių atgalinio veikimo droseliai 4 yra į membranines kameras 5 patenkančio oro greičio reguliatoriai, tai yra kamerų 10 ir 14 svyravimo dažnių reguliatoriai.

Norint atlikti paiešką tam tikroje zonoje, reikia sumažinti mažiausiai vieną iš svyravimo judesių amplitudžių. Tam į magistralę, kuri aprūpina vertikale kamerą 14, įjungiamas adatinis vožtuvas 15, valdomas membraninės kameros 16. Kameroje didėjant spaudimui, vožtuvas 15 vis labiau atsidaro ir dalis oro magistralėje, aprūpinančioje kamerą 14, išeina į atmosferą. Todėl spaudimas joje, laikui bėgant, mažėja, o svyravimai vertikale kryptimi nyksta. Dėl to kamera 14 tampa pratekančia. Čia spaudimą mažina droselis 17, kuris keičia oro patekimą į membraninę kamerą 16. Platformos 11 su įvore 13 galutinis judesys eis pagal trajektoriją, kuri pateikta 2.3 pav. b.

Be jau peržiūrėtų, gali būti panaudoti ir kiti laikini užlaikymai, dažniausiai tam naudojami įvairūs droselių deriniai.

Kaip matome, šis mechanizmas leidžia gauti labai plačią skleistinių gamą su paprasčiausiu droselių reguliavimu. Be to, keičiasi svyravimų amplitudės, dažniai, svyravimų dažnių ir fazinis poslinkio santykis. Dėl to platforma su įvore gali judėti pagal bet kokią kontūrą ir plačioje zonoje. Lengvai ir paprastai reguliuojasi reguliuojamas žingsnis.

Palyginti su elektromagnetiniu automatinės paieškos mechanizmu, čia velenėlio prispaudimo prie įvorės jėga yra pastovi, o tai leidžia padidinti mechanizmo jautrumą. Kadangi kamerų valdymo mechanizmas yra atskira konstrukcija, tai jis lengvai ir paprastai, be jokiu pertvarkymų, prijungiamas prie kito rinkimo mechanizmo.

#### **4.1. Sriegiamų detalių orientavimas ir rinkimas automatinės paieškos būdu**

Srieginiai sujungimai šiuolaikinių mašinų konstrukcijose sudaro nuo 15 iki 20% visų sujungimų, o jų rinkimo darbo imlumas- nuo 25 iki 35 % visų rinkimo darbų.

Norint automatizuoti srieginių sujungimų rinkimą, turi būti įvykdytos tokios sąlygos: tvirtinimo detalių išdėstymas turi būti tinkamas rinkimo automatizavimui, be to, atstumai

tarp detalių neturi būti per maži, nes tai apsunkina standartinių užveržimo galvučių panaudojimą. Tvirtinimo detalių ašys kiekvienoje gaminio pusėje turėtų būti išdėstytos lygiagrečiai. Taip pat detalių dydžiai pagal galimybes turi būti unifikuoti.

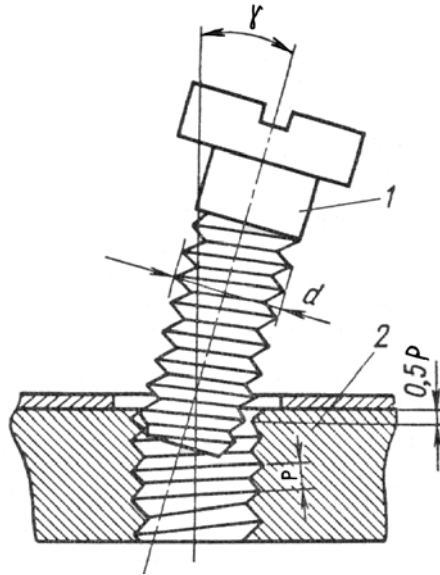
Didelę įtaką rinkimo automatizavimo galimybei daro srieginio sujungimo tipas. Dabartiniu metu mašinų gamyboje naudojami trys srieginio sujungimo tipai: varžtiniai, sraigtiniai ir smeiginiai.

Varžtiniai sujungimai mažiausiai tinkami automatizuojant rinkimą, nes jų rinkimo technologija susideda iš didelio skaičiaus paeiliui einančių operacijų. Iš anksto orientuotas varžtas su uždėta poveržle paduodamas ir įstatomas į sujungiamų detalių skylę. Iki rinkimo pabaigos varžtą reikia laikyti, kad jis neiškristų ir neprasisuktų. Varžtai, įstatomi į skylę su įvarža, nereikalauja prilaikymo, tačiau jiems reikia presavimo įrenginio. Toliau seka poveržlių sudėjimas bei veržlės užveržimas, pasiekiant reikiamą momentą. Varžtinių sujungimų rinkimo perėjimų skaičius kartais siekia 20.

Smeiginiai sujungimai technologiškesni todėl, kad jų automatizuotas rinkimas susideda iš mažesnio kiekio perėjimų. Iš pradžių į bazinę detalę įsukama smeigė (turi būti kontroliuojamas įveržimo momentas), po to ant smeigės užmaunama tvirtinama detalė ir poveržlė. Tada užsukama veržlė ir įveržiama pagal tam tikrą momentą. Bendras perėjimų skaičius siekia 15.

Technologiškiausi yra sraigtiniai sujungimai. Po detalių pastatymo į reikiamą padėtį, paduodami sraigčiai, jie privedami, užsukami ir įveržiami. Kai sraigčių galvutės įleidžiamos, nenaudojamos poveržlės. Kai naudojami sraigčiai su cilindrine, pusapvale, arba šešiakampe galvute, rinkimas šiek tiek sudėtingesnis, nes paprastai būna dedamos poveržlės.

Norint užsukti varžtą ant veržlės, reikia papildomo sukamojo judesio, be to, surenkant paprastai varžtas bazuojamas kojele. Todėl daugumoje konstrukcijų naudojami įvairūs varžtą užsukančių mechanizmų kreipiamųjų elementų tipai: judamos žiaunos, tamprūs elementai ir t.t. Tokiu būdu varžto padavimas ir prisukimas, lyginant su cilindrinio velenėlio padavimu ir įstatymu, žymiai pasunkėja.



4.3 pav. Srieginio sujungimo schema

Sriegiant paieškos metodo pritaikymas daugumai atvejų suprastina veržlių užsukimo mechanizmo konstrukciją. Tam naudojami kreipiamieji vamzdeliai, kurie iš anksto orientuoja varžtą. Galutinis jo centravimas užtikrinamas atsuktuvu.

Surenkant sriegį turinčias detales, jų tarpusavio padėtis yra nustatoma tais pačiais dydžiais, kaip ir surenkant cilindrinio paviršiaus detales, tačiau dar prisideda vienos iš surenkamų detalių sukimo judesys, reikalingas sriegiu įveržti. Įveržimo momentas turi būti parinktas taip, kad nebūtų sugadinamas sriegis ar nutraukiama detalė.

Automatizuojant srieginio sujungimo rinkimą būtina žinoti didžiausią leidžiamą kampą  $\gamma$  (1.1 pav.), susidarantį tarp varžto ir veržlės ašių. Jis randamas pagal formulę:

$$\gamma = \arctg \frac{0.5P}{d}; \quad (4.1)$$

čia  $P$  - atitinkamai sriegio žingsnis;

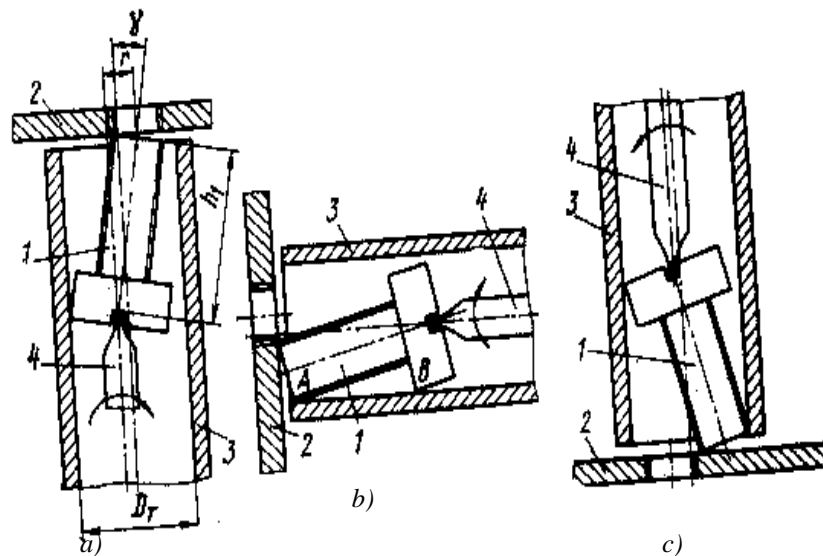
$d$  - atitinkamai varžto nominalus skersmenys.

Sriegiams, kurių skersmuo nuo 6 iki 27 mm, kampas  $\gamma$  yra 4,5-1 laipsnis. Pateikta formulė tinka visiems srieginiams sujungimams, tarp jų ir pleištiniais. Didėjant varžto skersmeniui, leidžiamas posvyrio kampas  $\gamma$  mažėja. Be to, didelio žingsnio sriegis reikalauja mažesnio tikslumopalyginti su smulkaus žingsnio sriegiu.



#### 4.1.1. Varžto padėčių schemas kreipimo vamzdžiuose

Galimi 3 varžlės užsukimo ant varžto būdai. 4.4 paveiksle pateiktas varžtas 1, esantis nukreipiamajame vamzdyje 3 ir atsuktuvu 4 įsukamas į plokštelės 2 skylę. 4.4 a paveiksle pateikta schema, kai varžtas iš apačios į viršų paduodamas galvute į apačią; 4.4 b pav. pateikta varžto padavimo schema, kai vamzdelio padėtis yra horizontali; 4.4 c pav. pavaizduotas varžto padavimas iš viršaus į apačią; čia varžtas yra paduodamas galvute į viršų (5, p.).

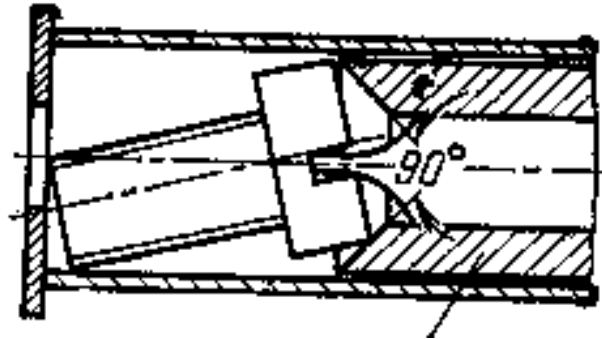


4.4 pav. Varžtų padėčių schemas

Kreipiamajame vamzdyje varžtas pakrypęs, o pakrypimo kampas yra  $\gamma$  (4.4 a pav.); jis priklauso nuo kreipiamojo vamzdelio skersmens  $D_T$  ir varžto ilgio  $h_1$ . Varžto ašis sukasi plokštelės paviršiumi pagal trajektoriją, artimą smarkiai suspaustai spyruoklei. Šiuo būdu kampas  $\gamma$  palaipsniui mažėja ir varžtas pastatomas į vertikalią padėtį. Tada varžtas “randa” skylę ir įsisuka į ją. Pastarasis veiksmas įvyksta su sąlyga, kad skylės ir varžto ašys sutaps.

4.4 b paveiksle patektoje schemoje varžtas į vidinį vamzdelio paviršių atsiremia dviejuose taškuose A ir B. Čia reikia pažymėti, kad kartais atsuktuvai nepasiekia galvutėje esančios ildubos. Norint, kad padidinti proceso patikimumą, reikia į vamzdelį įdėti “gaudiklį” (4.5 pav.). Jis sudarytas iš ašine kryptimi judamos įvorės. Prispaudus

varžto galvutę, ji pakeičia padėtį taip, kad atsuktuvus patenka į duobutę. “Gaudikli” tikslinga naudoti ir kitais atvejais.



4.5 pav. Varžto nukreipimas gaudiklio pagalba

Kiekviena iš peržiūrėtų schemų turi savo panaudojimo sritis. Tada, kai gaminių rinkimas vyksta ant konvejerio arba kai surenkamu detalių skaičius visada vienodas - tai geriau naudoti įrenginį, kurio ašis bus iš anksto užduota. Pvz., renkant elektros variklį, išvadų varžtai prisukami pagal b schemą. Schemos pasirinkimą lemia transportavimo būdas. Jei nagrinėsime schemas pagal įrenginių veikimą, tai jos niekuo nesiskiria. Be anksčiau paminėtų schemų, dar žinomos schemas, kuriuose vamzdelio ašys yra pasvirusios tam tikru kampu.

Norint pagerinti tokių mechanizmų veikimą, reikia atlikti šiuos veiksmus:

1. Vamzdeliui duoti sukamąjį judesį aplink ašį, o tai sumažina trinties jėgas ir varžto prasisukimų įtaką.
2. Gerai sutapdinti plokštelės, į kurią įsukamas varžtas, svyravimus, kad sumažinti skylės ir varžto ašių kampiniai posvyriai.
3. Atsuktuvus turi pasisukti įvairiomis kryptimis, kad lengviau rastų varžto galvutės įdubą.
4. Atsuktuvus turi judėti ašine kryptimi, kad besisukdamas palengvintų išdrožų paiešką.

Vidinis vamzdelio skersmuo  $D_T$  turi atitikti du prieštarigus reikalavimus:

1. Jis turi būti mažiausias, kad būtų pagerintas varžto pastatymas;
2. Jo dydis turi būti toks, kad varžto galvutė laisvai tilptų.

Be to, pagal standartus nustatyta, kad varžtų M4 ir M5 galvutės ašis gali persikelti nuo 0 iki 0.25 mm, o varžtų M6 – nuo 0 iki 0.3mm; tų pačių varžtų įdubos gali persikelti nuo 0 iki 0.3mm. Apskaičiuojant vamzdelio skersmenį, reikėtų į tai atsižvelgti.

Vamzdelio skersmuo apskaičiuojamas pagal formulę:  $D_T = 2 * d_0$ , kur  $d_0$  – sriegio skersmuo. Pagal tam tikrą formulę taip pat apskaičiuojamas varžtų su cilindrine galvute vamzdelis.

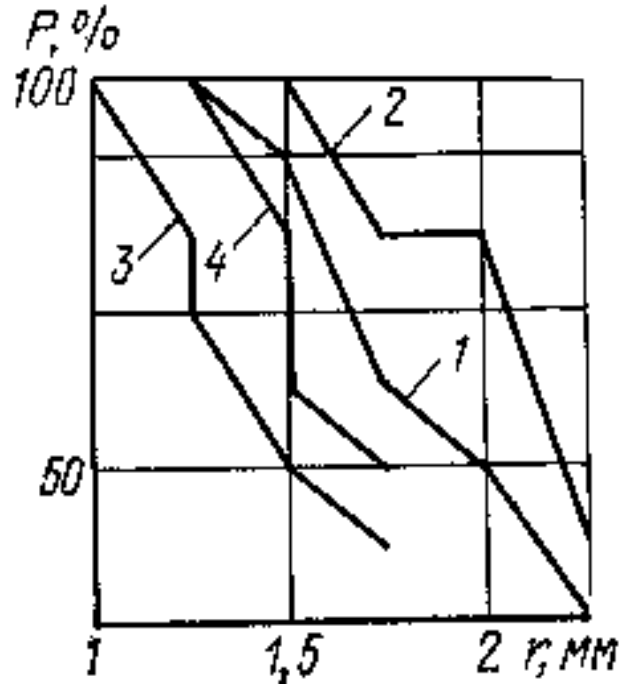
#### 4.1.2. Jungiamųjų detalių ašių pasislinkimo ir posvyrio įtaka

Peržiūrėsime kampinių posvyrio nustatymo ir varžtų bei skylių ašių linijinius poslinkius, kai sujungiamos detalės bazuojamos judamai. Užimdamas vertikalią padėtį, varžtas įeina į prijungiamos detalės skylę, po to jis užsukamas. Nors užsukimas gali ir neįvykti. Tai priklauso nuo kampo  $\gamma$  ir skylės dydžio. Savo ruožtu pasirinktas kampas priklauso nuo maksimalaus atsuktuvo ašies poslinkio  $r$  ir varžto ilgio  $h_1$ .

Atlikti eksperimentai parodė, kad M5 ir M6 varžtų su veržlėmis ašių kampų posvyrio dydžiai, kuriems esant sujungimas įvyksta visu veržlės gyliu, yra nuo  $0^{\circ}20'$  iki  $1^{\circ}33'$  (6, p.). Reikia įsidėmėti, kad šiuose bandymuose buvo nustatinėjamos įsukamų detalių ašių paklaidos, esant šiuurkščiam veržlės fiksavimui ir su sąlyga, kad varžtas užsuktas visu veržlės gyliu. Jei detalės bazuojamos plaukiojančiuose bazėse, tai nurodytos ribos padidėja. Galima papildomai duoti nedidelius posūkius atraminei plokštumai. Tam atraminę plokštumą reikia bazuoti ant spyruoklių.

Esant judamam bazavimui, varžtų prispaudimas įvyksta esant paraleliniam ašių perkėlimui, kuris lygus 1.0-1.6mm. Nurodytas perkėlimas automatiškai sumažėja dėl netvirto plokštės pritvirtinimo.

Eksperimentiškai perkėlimų dydžiu  $r$  maksimalios reikšmės, kurioms esant dar įvyksta sujungimas, apibūdinamos kreivėmis, patektomis 4.6 pav. Čia ordinatėje atidėta varžto ir plokštelės sujungimo tikimybės  $P$  reikšmė, kuri priklauso nuo poslinkio  $r$ .



4.6 pav. Varžtų rinkimo su plokšte priklausomybės nuo poslinkio  $r$  grafikas

Pateikti duomenys tinka varžtams  $M4 \times 8$  ir  $M5 \times 10$  su sriegiu be briaunos. Plokštelių skylės buvo ir su briaunomis, ir be jų. Bandant ir plokštelių, ir varžtai buvo keičiami. Prisukimas vyko atsuktuvui sukantis greičiu  $n=1500 \text{ aps/min}$ . 1 kreivė apibūdina tikimybės  $P$  priklausomybę nuo poslinkio  $r$ , tiriant varžtų  $M5$  rinkimą su plokštėmis, kurių skylės be briaunų, 2-a kreivė - plokštelių, kurios yra su briaunomis; 3 ir 4 - tą pačią priklausomybę, tik  $M4$  varžtų, pirmoji - plokštelių be briaunų, antroji – su briaunomis. Vamzdelio vidinis skersmuo, priveržiant  $M5$  skersmens varžtus, buvo  $D_T=10 \text{ mm}$ ,  $M4 - D_T=8 \text{ mm}$ .

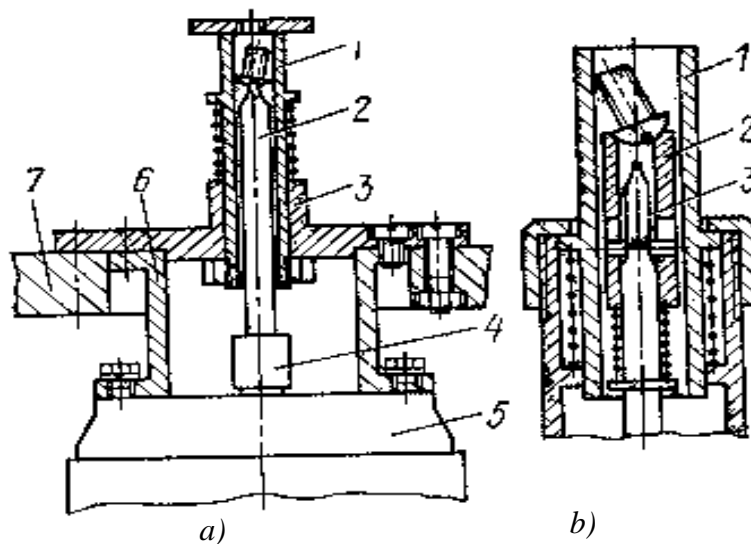
Pagal grafikus, didžiausias leistinas poslinkio dydis  $r$  didesnis, jei sujungiamos detalės ar viena iš jų turi briaunas arba varžtai ilgesni. Tokių varžtų ribinės  $r$  reikšmės yra 1 ir 1.5 mm.

Jau anksčiau minėta, kad varžtų padavimas ir prisukimas galvute į viršų ar į apačią niekuo nesiskiria. Šiuo atveju viskas vyksta taip pat. Paduodant varžtus iš viršaus, jiems laikyti naudojami arba pastovus magnetas, pritvirtintas prie vamzdžio galo, arba elektromagnetinė ritė; norint laikyti nemagnetines medžiagas, tikslinga naudoti vakuuminį siurbli.

Nustatyta, kad dirbant, pagal schemą, pateiktą 2.4 b paveiksle, sujungtų junginių skaičius naudojant standartinius varžtus, yra nuo 78 % iki 92 %, be to, geriausiai surenkami varžtai su pusapvalėmis galvutėmis. Tai paaiškinama tuo, kad tada yra mažiausias kampas tarp varžto ir atsuktuvo ašių. Prisukant varžtus su cilindrinėmis ir pusapvalėmis galvutėmis panaudojus “gaudiklį”, surenkamų junginių skaičius sudaro 100%.

#### 4.1.3. Veržliasukiai

Peržiūrėsime veržliasukį su kreipiamuoju vamzdžiu (4.7 pav.). Veržliasukis, pateiktas 4.7 a pav., sudarytas iš spyruoklinio kreipiančiojo vamzdžio 1, kurio viduje yra atsuktuvai 2, sujungta su elektros variklio velenu 5 per movą 4. Elektros variklis įvare prijungtas prie flanšo 3, kuriuo visas mechanizmas pritvirtintas prie korpuso 7.



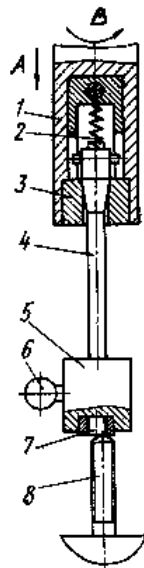
Atsuktuvai sukasi be perstojo. Varžtas galvute į apačią patenka į vamzdį 1, o iš viršaus ant vamzdžio surenkama plokštelė uždedama taip, kad jos skylės ašis sutaptų su atsuktuvo ašimi. Po to, veikiant jėgoms, vamzdis nusileidžia ir varžtas prisisuka prie plokštelės .

Atsuktuvui prasisukant, jo ašmenys gali nepatekti į varžto įdubą. Tada geriau naudoti kitą konstrukciją, kuri parodyta b pav. Čia varžtas atsiremia galvute ne į briaunas, o į vidinės įvorės galinį paviršių 2, kuris sukasi kartu su atsuktuvu 3 ir turi galimybę pasislinkti ašine kryptimi. Atsirėmęs į sujungiamos detalės plokštumą vamzdis nusileidžia, varžtas, prispaustas įvore 2, veikiamas trinties jėgų, pradeda sukis. Besisukdami atsuktuvo ašmenys randa varžto įdubą ir varžtas užsisuka.

Įvorės panaudojimas ypač naudingas prisukant trumpus varžtus su sferine galvute, kurią sunkiau nustatyti ant atsuktuvo.

Išnagrinėsime mechanizmą, kuriame paieškos judesys - suklio sukimosi rezultatas.

Į laikiklį 5 (4.8 pav.) įstatoma viena iš surenkamų detalių 7, pvz., veržlė. Besisukant laikikliui, atsiranda išcentrinė jėga, kuri stengiasi išmesti ją, bet tam trukdo velenas 4 su įvore 3, prie kurios velenas spaudžiamas sukliu 1, atliekančiu grįžtamai slenkamąjį judesį A kryptimi ir sukamąjį judesį B kryptimi.



4.8 pav. Išcentrinis veržliasukis

Laikiklis su veržle priartinimas prie sujungiamos smeigės galo 8. Kai ašys sutampa, įvyksta susijungimas ir rinkimas. Jei ašys nesutampa, smeigės galas ir veržlė atsiremia viena į kitą, o tai, esant tolesniam suklio slenkamajam poslinkiui, gali sukelti veleno ir įvorės išsibarstymą.

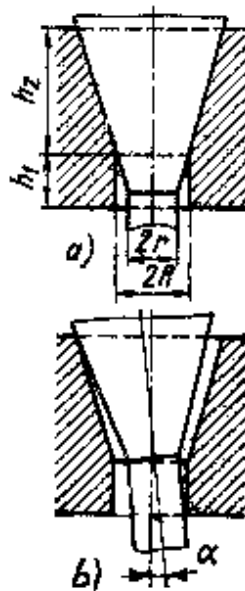
Veikiant išcentrinėms jėgoms laikiklio ašis nukrypsta nuo suklio ašies (4.9 pav.). Čia veleno ašis ir įvorės skylės ašis pasisukusios viena kitos atžvilgiu kampu  $\alpha$ . Kadangi kampinis laikiklio ašies pasisukimas  $\alpha$  įvyksta tuo pat metu kaip ir jo kampinis pasisukimas aplink suklio ašį, įvyksta sujungiamų paviršių paieška. Taško judėjimo trajektorija sudaro išsisukančią spiralę:

$$\rho(\varphi) = \frac{L * (2 * k * c * \varphi)}{h_2(1 + k^2)} \quad (4.2)$$

arba

$$\rho(\varphi) = \frac{L * ((k_0 * c * \varphi) + R - r)}{h_2(1 + k^2) + h_1 + k * R}, \quad (4.3)$$

kur  $L$  – veleno su laikikliu ir detale ilgis;  $h_1, h_2, R, r$  – veleno ir įvorės konstrukciniai parametrai (4.9 pav.);  $k$  – kampinis koeficientas, nusakantis veleno konusą;  $c$  – suklio padavimas apsisukimui;  $\varphi$  – veleno ašies projekcijos posūkio kampas horizontalioje plokštumoje.



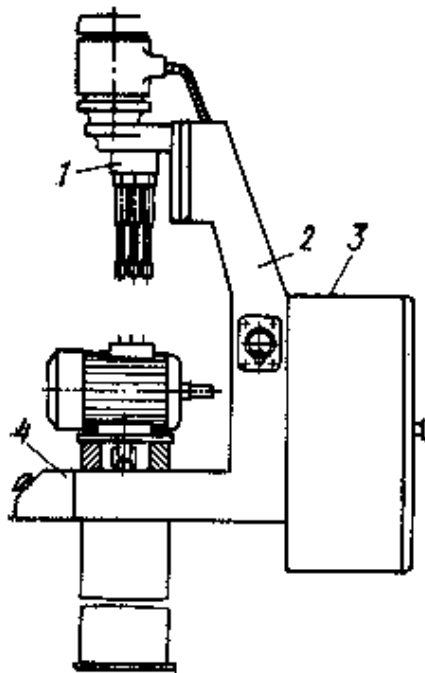
4.9 pav. Veržliasukio suklio padėtis

Ieškančiojo taško trajektorija aprašomas pirmąja lygybe, jei liečiantis su įvore 3 yra galinės detalės sudaromoji; jei liečiantis yra kūgio ir veleno cilindrinio paviršiaus

dedamoji (4.9 pav.b), tai trajektorija aprašoma antrąja lygtimi. Jei liečiasi abu cilindrinė dedamųjų taškai, tai trajektorija tampa apskritimu, kuriuo ribojamas paieškos plotas.

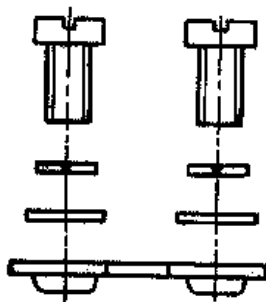
Pagal lygybes, paieškos trajektorija ir jos parametrai priklauso nuo mechanizmo konstrukcinių elementų ir nuo jo kinematikos.

Aprašytas suklys su automatinės paieškos sistema panaudotas 6-ių suklių veržliasukyje, surenkant elektros variklį 4A, veržlėms pritvirtinti prie kontaktinių varžtų. Veržliasukis (4.10 pav.) susideda iš galvutės 1, stovo 2, ant kurio sumontuota spinta su elektros aparatūra 3 ir kontrolės skydas. Stovas tvirtinamas prie rinkimo linijos. Galvutės grįžtamai slenkamasis judesys atliekamas hidrauliniu mechanizmu. Veržliasukio su automatinė paieška naudojimas leidžia kompensuoti bazavimo paklaidas ir automatizuoti šį procesą. Darbo našumas padidėja 50%.

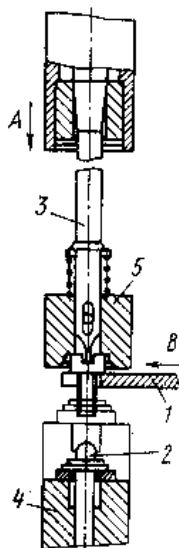


4.10 pav. Šešių suklių veržliasukis





4.11 pav. Kontaktinių kaladėlių mazgas



4.12 pav. Varžtų rinkimo mechanizmas

Išnagrinėsime montažinių plokštelių kontaktinių kaladėlių sujungimą. Mazgas pateiktas 4.11 pav., kur jungiami du varžtai, du komplektai tarpiklių ir plokštelė. Varžtam bazės funkciją atlieka sklendė 1 (4.12 pav.), į rinkimą pernešantį juos pagal rodyklę B. Su varžtu jungiamos detalės, surinktos ir suorientuotos dviem “gaudikliais” 2, paduodamos sklendės judesiu į viršų ant įvorės.

Dviejų suklių velenai 3 nusileidžia kryptimi A. Todėl po laikiklio su ant varžto uždėtu svorio centru 5 tarp velenų ir suklio įvorės nebesijungia, o tas sukelia spiralinį varžto paieškos judesį. Kad būtų užtikrinti būtini automatinės paieškos judesiai, vožtuvas 5, spausdamas spyruoklę, juda veleno ašies kryptimi. Varžtai, veikdami “gaudiklius” 2, spaudžia juos žemyn ir ieško tarpikliuose ir plokštelėse skylių. Tol, kol varžtai nepateks į

skyles, “gaudikliai” laiko varžtais spaudžiamas detales, neleisdami joms pasislinkti nuo koto 4.

Po sujungimo sklendė 1 grįžta į savo padėtį, o varžtai užsisuka iki galo. Kad mechanizmas geriau funkcionuotų, sklendė gali atlikti nedidelį judesį vertikalia kryptimi.

Po prisukimo sukliai pasikelia, o kotas nusileidžia. “Gaudikliai” veikia sujungtą mazgą ir numeta jį į priimtuvą. Rinkimui paduodamos naujos detalės.

Tai užtikrina sujungimą, tačiau tokia įranga pakankamai brangi ir ne visada ekonomiškai pasiteisina. Konkurencijos sąlygomis reikia ieškoti patikimų, pigių technologinių priemonių rinkimo darbams atlikti. Žinomi rinkimo metodai kuomet detalėms pozicionuoti ir sujungti panaudojami kryptingi virpesiai. Jie užtikrina kryptingą tampriai bazuojamo elemento persislinkimą ir kontūrų sutapdinimą. Be to, surenkant be tarpo ar su įvarža, žymiai sumažina sujungimo jėgas. Automatiškai surenkant komponentus, tame tarpe ir panaudojant virpesius, dėl gamybinių defektų, pozicionavimo vienas kito atžvilgiu netikslumo, paviršių trinties, tenka sujungimui užtikrinti panaudoti jėgas. Netgi tuo atveju, kai sujungimas su tarpeliu, vien svorio jėgų rinkimo procesui užtikrinti nepakanka. Todėl patikimam sujungimui užtikrinti reikia pridėti atitinkamo dydžio jėgas. Sujungimo jėgos dydis priklauso nuo komponentų prieš sujungimą tarpusavio erdvinės paklaidos, nuožulnų formos ir jų būklės, paviršių šiurkštumo, bazavimo įtaisų tampriųjų elementų standumo ir sujungimo įvaržos dydžio. Atsižvelgiant į šiuos faktorius galima įvertinti detalių sujungimui reikalingą maksimalią jėgą. Ji reikalinga projektuojant rinkimo įrangą. Žinant šias jėgas, nustatomos projektuojamos įrangos galingumas ir atliekamas jos grandžių stipruminis skaičiavimas.

## Išvados

1. Jei detalių ašių paklaidų sklaidos laukas pastovus, tai geriausiai tiks spiralinė detalės judėjimo trajektorija, kuri užtikrina:

- ekvadistancinį pernešimą;
- orientavimo trajektorijos linijų nepersidengimą;
- detalės pernešimo vienodą greitį per visą paklaidų pasiskirstymo laiką.

2. Kuriant mechaninius orientuojančius mechanizmus išrinkti optimalų trajektorijos tipą turi įtakos inercijos jėga mechanizmo elementuose, pereinant per taškus, kur judesys keičia kryptį todėl būtina parinkti orientavimo trajektorijas, neturinčias staigių greičio pokyčių ir susidedančių iš harmoninių dedamųjų.

## Literatūros sąrašas

1. Яхимович В. А. Ориентирующие механизмы сборочных автоматов. Ориентирование методом поиска . Москва, 1985,. No.-5, с. 19 – 53.
2. Chang T. C. Expert process planning for manufacturing. Addison – Wesley, 1999. 283 p.
3. Baartman J.P. Automation of assembly operations on parts. Delf : Delft university of Technology (Netherlands), 1995. 230p.
4. Малов А. Н. Механизация и автоматизация сборочных работ в приборостроении. Москва, 1984, с. 362 .
5. Яхимович В. А. Сканирование как один из методов автоматической сборки. Москва, 1971,. No.-7, с. 53 – 54.
6. Сборка резбовых соединений автопоиском / Яхимович В. А., Якубовский Ю. И., Могилевский Л. Ю., Николов А. И. Киевб 1983. No. -8, с. 33-35.

## 1 PRIEDAS

```
% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Pirmas tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR TIESIALINIJINIO JUDESIU'
% pradiniai duomenys
s=30;      % Paieskos ilgis mm
L=15;      % paieskos plotis mm
deltap=1;  % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5;  % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;    %
vlp=1;     % Pradinis paieskos greitis horizontalia kryptimi m/min
vlg=10;    % Galinis paieskos greitis horizontalia kryptimi m/min
dv=1;
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I    v1    I    T2    I    T2    I    Tc    I\n');
    fprintf('----- \n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
v1=[]; T2=[]; T1=[]; Tc=[];
vv=vlp;
while vv<=vlg;
    v1(i)=vv;
    % judesio laikas horizontale kryptimi
    T1(i)=delta(j)/v1(i);
    % judesio laikas vertikale kryptimi
    T2(i)=L/v1(i);
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(s/v1(i))+((L/v1(i))*(s+delta(j))/delta(j)));

    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(v1,Tc,'k');      % spausdina grafika
xlabel ('v1')         % ant x asies uzrasomas komentaras
ylabel ('Tc')        % ant y asies uzrasomas komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on

    for k=1:i-1
        fprintf('I %6.3f I %6.3f I %6.3f I%6.3f I\n',...
            v1(k),T1(k),T2(k),Tc(k) );
    end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;
end
fprintf('----- \n');
```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR TIESIALINIJINIO JUDESIU

I	v1	I	T2	I	T2	I	Tc	I
paieskos laikas, kai delta = 1.000								
I	1.000	I	1.000	I	15.000	I	495.000	I
I	2.000	I	0.500	I	7.500	I	247.500	I
I	3.000	I	0.333	I	5.000	I	165.000	I
I	4.000	I	0.250	I	3.750	I	123.750	I
I	5.000	I	0.200	I	3.000	I	99.000	I
I	6.000	I	0.167	I	2.500	I	82.500	I
I	7.000	I	0.143	I	2.143	I	70.714	I
I	8.000	I	0.125	I	1.875	I	61.875	I
I	9.000	I	0.111	I	1.667	I	55.000	I
I	10.000	I	0.100	I	1.500	I	49.500	I
paieskos laikas, kai delta = 1.500								
I	1.000	I	1.500	I	15.000	I	345.000	I
I	2.000	I	0.750	I	7.500	I	172.500	I
I	3.000	I	0.500	I	5.000	I	115.000	I
I	4.000	I	0.375	I	3.750	I	86.250	I
I	5.000	I	0.300	I	3.000	I	69.000	I
I	6.000	I	0.250	I	2.500	I	57.500	I
I	7.000	I	0.214	I	2.143	I	49.286	I
I	8.000	I	0.188	I	1.875	I	43.125	I
I	9.000	I	0.167	I	1.667	I	38.333	I
I	10.000	I	0.150	I	1.500	I	34.500	I
paieskos laikas, kai delta = 2.000								
I	1.000	I	2.000	I	15.000	I	270.000	I
I	2.000	I	1.000	I	7.500	I	135.000	I
I	3.000	I	0.667	I	5.000	I	90.000	I
I	4.000	I	0.500	I	3.750	I	67.500	I
I	5.000	I	0.400	I	3.000	I	54.000	I
I	6.000	I	0.333	I	2.500	I	45.000	I
I	7.000	I	0.286	I	2.143	I	38.571	I
I	8.000	I	0.250	I	1.875	I	33.750	I
I	9.000	I	0.222	I	1.667	I	30.000	I
I	10.000	I	0.200	I	1.500	I	27.000	I
paieskos laikas, kai delta = 2.500								
I	1.000	I	2.500	I	15.000	I	225.000	I
I	2.000	I	1.250	I	7.500	I	112.500	I
I	3.000	I	0.833	I	5.000	I	75.000	I
I	4.000	I	0.625	I	3.750	I	56.250	I
I	5.000	I	0.500	I	3.000	I	45.000	I

I	6.000	I	0.417	I	2.500	I	37.500	I
I	7.000	I	0.357	I	2.143	I	32.143	I
I	8.000	I	0.313	I	1.875	I	28.125	I
I	9.000	I	0.278	I	1.667	I	25.000	I
I	10.000	I	0.250	I	1.500	I	22.500	I
paieskos laikas, kai delta = 3.000								
I	1.000	I	3.000	I	15.000	I	195.000	I
I	2.000	I	1.500	I	7.500	I	97.500	I
I	3.000	I	1.000	I	5.000	I	65.000	I
I	4.000	I	0.750	I	3.750	I	48.750	I
I	5.000	I	0.600	I	3.000	I	39.000	I
I	6.000	I	0.500	I	2.500	I	32.500	I
I	7.000	I	0.429	I	2.143	I	27.857	I
I	8.000	I	0.375	I	1.875	I	24.375	I
I	9.000	I	0.333	I	1.667	I	21.667	I
I	10.000	I	0.300	I	1.500	I	19.500	I
paieskos laikas, kai delta = 3.500								
I	1.000	I	3.500	I	15.000	I	173.571	I
I	2.000	I	1.750	I	7.500	I	86.786	I
I	3.000	I	1.167	I	5.000	I	57.857	I
I	4.000	I	0.875	I	3.750	I	43.393	I
I	5.000	I	0.700	I	3.000	I	34.714	I
I	6.000	I	0.583	I	2.500	I	28.929	I
I	7.000	I	0.500	I	2.143	I	24.796	I
I	8.000	I	0.438	I	1.875	I	21.696	I
I	9.000	I	0.389	I	1.667	I	19.286	I
I	10.000	I	0.350	I	1.500	I	17.357	I
paieskos laikas, kai delta = 4.000								
I	1.000	I	4.000	I	15.000	I	157.500	I
I	2.000	I	2.000	I	7.500	I	78.750	I
I	3.000	I	1.333	I	5.000	I	52.500	I
I	4.000	I	1.000	I	3.750	I	39.375	I
I	5.000	I	0.800	I	3.000	I	31.500	I
I	6.000	I	0.667	I	2.500	I	26.250	I
I	7.000	I	0.571	I	2.143	I	22.500	I
I	8.000	I	0.500	I	1.875	I	19.688	I
I	9.000	I	0.444	I	1.667	I	17.500	I
I	10.000	I	0.400	I	1.500	I	15.750	I
paieskos laikas, kai delta = 4.500								
I	1.000	I	4.500	I	15.000	I	145.000	I
I	2.000	I	2.250	I	7.500	I	72.500	I
I	3.000	I	1.500	I	5.000	I	48.333	I
I	4.000	I	1.125	I	3.750	I	36.250	I
I	5.000	I	0.900	I	3.000	I	29.000	I
I	6.000	I	0.750	I	2.500	I	24.167	I
I	7.000	I	0.643	I	2.143	I	20.714	I

I	8.000	I	0.563	I	1.875	I	18.125	I
I	9.000	I	0.500	I	1.667	I	16.111	I
I	10.000	I	0.450	I	1.500	I	14.500	I
paieskos laikas, kai delta = 5.000								
I	1.000	I	5.000	I	15.000	I	135.000	I
I	2.000	I	2.500	I	7.500	I	67.500	I
I	3.000	I	1.667	I	5.000	I	45.000	I
I	4.000	I	1.250	I	3.750	I	33.750	I
I	5.000	I	1.000	I	3.000	I	27.000	I
I	6.000	I	0.833	I	2.500	I	22.500	I
I	7.000	I	0.714	I	2.143	I	19.286	I
I	8.000	I	0.625	I	1.875	I	16.875	I
I	9.000	I	0.556	I	1.667	I	15.000	I
I	10.000	I	0.500	I	1.500	I	13.500	I

---



## 2 PRIEDAS

```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Antras tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR TIESIALINIJINIO JUDESIU
(PJUKLINIO TIPO)'
% pradiniai duomenys
s=30;      % Paieskos ilgis mm
L=15;      % paieskos plotis mm
deltap=1;  % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5;  % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
vlp=1;     % Pradinis paieskos greitis vertikalia kryptimi m/min
vlg=10;    % Galinis paieskos greitis vertikalia kryptimi m/min
v2p=1;     % Pradinis paieskos greitis vertikalia kryptimi m/min
v2g=10;    % Galinis paieskos greitis vertikalia kryptimi m/min
dv=1;
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I      v2      I      T2      I      Tc      I\n');
    fprintf('----- \n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
v2=[]; T2=[]; T1=[]; Tc=[];
vv=v2p;
while vv<=vlg;
    v2(i)=vv;
    % judesio laikas horizontale kryptimi
    % T1(i)=s/v1(i)
    % judesio laikas vertikale kryptimi
    T2(i)=L/v2(i);
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(s*L)/(v2(i)*delta(j));

    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(v2,Tc, 'k');          % spausdina grafika
xlabel ('v1')              % ant x asies uzrasomas
komentaras
ylabel ('Tc')              % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
for k=1:i-1
    fprintf('I %6.3f I %6.3f I %6.3f I\n',...
        v2(k),T2(k),Tc(k) );
end;

```

```

j=j+1;
deltap=deltap+dd;
end
  fprintf('----- \n');

```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR TIESIALINIJINIO JUDESIU  
(PJUKLINIO TIPO)

```

-----
I  v2  I  T2  I  Tc  I
-----
paieskos laikas, kai delta = 1.000
I 1.000 I 15.000 I 450.000 I
I 2.000 I 7.500 I 225.000 I
I 3.000 I 5.000 I 150.000 I
I 4.000 I 3.750 I 112.500 I
I 5.000 I 3.000 I 90.000 I
I 6.000 I 2.500 I 75.000 I
I 7.000 I 2.143 I 64.286 I
I 8.000 I 1.875 I 56.250 I
I 9.000 I 1.667 I 50.000 I
I 10.000 I 1.500 I 45.000 I
paieskos laikas, kai delta = 1.500
I 1.000 I 15.000 I 300.000 I
I 2.000 I 7.500 I 150.000 I
I 3.000 I 5.000 I 100.000 I
I 4.000 I 3.750 I 75.000 I
I 5.000 I 3.000 I 60.000 I
I 6.000 I 2.500 I 50.000 I
I 7.000 I 2.143 I 42.857 I
I 8.000 I 1.875 I 37.500 I
I 9.000 I 1.667 I 33.333 I
I 10.000 I 1.500 I 30.000 I
paieskos laikas, kai delta = 2.000
I 1.000 I 15.000 I 225.000 I
I 2.000 I 7.500 I 112.500 I
I 3.000 I 5.000 I 75.000 I
I 4.000 I 3.750 I 56.250 I
I 5.000 I 3.000 I 45.000 I
I 6.000 I 2.500 I 37.500 I
I 7.000 I 2.143 I 32.143 I
I 8.000 I 1.875 I 28.125 I
I 9.000 I 1.667 I 25.000 I
I 10.000 I 1.500 I 22.500 I
paieskos laikas, kai delta = 2.500

```

I 1.000 I 15.000 I 180.000 I  
 I 2.000 I 7.500 I 90.000 I  
 I 3.000 I 5.000 I 60.000 I  
 I 4.000 I 3.750 I 45.000 I  
 I 5.000 I 3.000 I 36.000 I  
 I 6.000 I 2.500 I 30.000 I  
 I 7.000 I 2.143 I 25.714 I  
 I 8.000 I 1.875 I 22.500 I  
 I 9.000 I 1.667 I 20.000 I  
 I 10.000 I 1.500 I 18.000 I  
 paieskos laikas, kai delta = 3.000  
 I 1.000 I 15.000 I 150.000 I  
 I 2.000 I 7.500 I 75.000 I  
 I 3.000 I 5.000 I 50.000 I  
 I 4.000 I 3.750 I 37.500 I  
 I 5.000 I 3.000 I 30.000 I  
 I 6.000 I 2.500 I 25.000 I  
 I 7.000 I 2.143 I 21.429 I  
 I 8.000 I 1.875 I 18.750 I  
 I 9.000 I 1.667 I 16.667 I  
 I 10.000 I 1.500 I 15.000 I  
 paieskos laikas, kai delta = 3.500  
 I 1.000 I 15.000 I 128.571 I  
 I 2.000 I 7.500 I 64.286 I  
 I 3.000 I 5.000 I 42.857 I  
 I 4.000 I 3.750 I 32.143 I  
 I 5.000 I 3.000 I 25.714 I  
 I 6.000 I 2.500 I 21.429 I  
 I 7.000 I 2.143 I 18.367 I  
 I 8.000 I 1.875 I 16.071 I  
 I 9.000 I 1.667 I 14.286 I  
 I 10.000 I 1.500 I 12.857 I  
 paieskos laikas, kai delta = 4.000  
 I 1.000 I 15.000 I 112.500 I  
 I 2.000 I 7.500 I 56.250 I  
 I 3.000 I 5.000 I 37.500 I  
 I 4.000 I 3.750 I 28.125 I  
 I 5.000 I 3.000 I 22.500 I  
 I 6.000 I 2.500 I 18.750 I  
 I 7.000 I 2.143 I 16.071 I  
 I 8.000 I 1.875 I 14.063 I  
 I 9.000 I 1.667 I 12.500 I  
 I 10.000 I 1.500 I 11.250 I  
 paieskos laikas, kai delta = 4.500  
 I 1.000 I 15.000 I 100.000 I  
 I 2.000 I 7.500 I 50.000 I

I 3.000 I 5.000 I 33.333 I  
I 4.000 I 3.750 I 25.000 I  
I 5.000 I 3.000 I 20.000 I  
I 6.000 I 2.500 I 16.667 I  
I 7.000 I 2.143 I 14.286 I  
I 8.000 I 1.875 I 12.500 I  
I 9.000 I 1.667 I 11.111 I  
I 10.000 I 1.500 I 10.000 I  
paieskos laikas, kai delta = 5.000  
I 1.000 I 15.000 I 90.000 I  
I 2.000 I 7.500 I 45.000 I  
I 3.000 I 5.000 I 30.000 I  
I 4.000 I 3.750 I 22.500 I  
I 5.000 I 3.000 I 18.000 I  
I 6.000 I 2.500 I 15.000 I  
I 7.000 I 2.143 I 12.857 I  
I 8.000 I 1.875 I 11.250 I  
I 9.000 I 1.667 I 10.000 I  
I 10.000 I 1.500 I 9.000 I

---

### 3 PRIEDAS

```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Trechias tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU'
% pradiniai duomenys
s=30;      % Paieskos ilgis mm
D=15;     % paieskos plotis (apskritimo skersmuo) mm
deltap=1; % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5; % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
wp=1;     % Pradinis kampinis paieskos greitis m/min
wg=10;    % Galinis kampinis paieskos greitis m/min
dv=1;
delta=deltap;
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I    w    I    Tc    I\n');
    fprintf('-----\n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
w=[];Tc=[];
vv=wp;
while vv<=wg;
    w(i)=vv;
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(2*pi*s)/(w(i)*delta(j));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(w,Tc,'k'); % spausdina grafika
xlabel('w') % ant x asies uzrasomas
komentaras
ylabel('Tc') % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
    for k=1:i-1
        fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
            w(k),Tc(k) );
    end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;
end
    fprintf('----- \n');

```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU

-----  
I w I Tc I  
-----

paieskos laikas, kai delta = 1.000

I 1.000 I 188.496 I  
I 2.000 I 94.248 I  
I 3.000 I 62.832 I  
I 4.000 I 47.124 I  
I 5.000 I 37.699 I  
I 6.000 I 31.416 I  
I 7.000 I 26.928 I  
I 8.000 I 23.562 I  
I 9.000 I 20.944 I  
I 10.000 I 18.850 I

paieskos laikas, kai delta = 1.500

I 1.000 I 125.664 I  
I 2.000 I 62.832 I  
I 3.000 I 41.888 I  
I 4.000 I 31.416 I  
I 5.000 I 25.133 I  
I 6.000 I 20.944 I  
I 7.000 I 17.952 I  
I 8.000 I 15.708 I  
I 9.000 I 13.963 I  
I 10.000 I 12.566 I

paieskos laikas, kai delta = 2.000

I 1.000 I 94.248 I  
I 2.000 I 47.124 I  
I 3.000 I 31.416 I  
I 4.000 I 23.562 I  
I 5.000 I 18.850 I  
I 6.000 I 15.708 I  
I 7.000 I 13.464 I  
I 8.000 I 11.781 I  
I 9.000 I 10.472 I  
I 10.000 I 9.425 I

paieskos laikas, kai delta = 2.500

I 1.000 I 75.398 I  
I 2.000 I 37.699 I  
I 3.000 I 25.133 I  
I 4.000 I 18.850 I

I 5.000 I 15.080 I  
I 6.000 I 12.566 I  
I 7.000 I 10.771 I  
I 8.000 I 9.425 I  
I 9.000 I 8.378 I  
I 10.000 I 7.540 I

paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 62.832 I  
I 2.000 I 31.416 I  
I 3.000 I 20.944 I  
I 4.000 I 15.708 I  
I 5.000 I 12.566 I  
I 6.000 I 10.472 I  
I 7.000 I 8.976 I  
I 8.000 I 7.854 I  
I 9.000 I 6.981 I  
I 10.000 I 6.283 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 53.856 I  
I 2.000 I 26.928 I  
I 3.000 I 17.952 I  
I 4.000 I 13.464 I  
I 5.000 I 10.771 I  
I 6.000 I 8.976 I  
I 7.000 I 7.694 I  
I 8.000 I 6.732 I  
I 9.000 I 5.984 I  
I 10.000 I 5.386 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 47.124 I  
I 2.000 I 23.562 I  
I 3.000 I 15.708 I  
I 4.000 I 11.781 I  
I 5.000 I 9.425 I  
I 6.000 I 7.854 I  
I 7.000 I 6.732 I  
I 8.000 I 5.890 I  
I 9.000 I 5.236 I  
I 10.000 I 4.712 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I 1.000 I 41.888 I  
I 2.000 I 20.944 I  
I 3.000 I 13.963 I  
I 4.000 I 10.472 I  
I 5.000 I 8.378 I  
I 6.000 I 6.981 I

I 7.000 I 5.984 I  
I 8.000 I 5.236 I  
I 9.000 I 4.654 I  
I 10.000 I 4.189 I  
paieskos laikas, kai delta = 5.000  
I 1.000 I 37.699 I  
I 2.000 I 18.850 I  
I 3.000 I 12.566 I  
I 4.000 I 9.425 I  
I 5.000 I 7.540 I  
I 6.000 I 6.283 I  
I 7.000 I 5.386 I  
I 8.000 I 4.712 I  
I 9.000 I 4.189 I  
I 10.000 I 3.770 I

---



```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Trechias tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU'
% pradiniai duomenys
s=30;      % Paieskos ilgis mm
D=15;      % paieskos plotis (apskritimo skersmuo) mm
deltap=1;  % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5;  % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
wp=1;      % Pradinis kampinis paieskos greitis m/min
wg=10;     % Galinis kampinis paieskos greitis m/min
dv=1;
delta=deltap;
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I    w    I    Tc    I\n');
    fprintf('-----\n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
w=[];Tc=[];
vv=wp;
while vv<=wg;
    w(i)=vv;
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(2*pi*(s-D))/(w(i)*delta(j));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(w,Tc,'k');          % spausdina grafika
xlabel ('w')             % ant x asies uzrasomas
komentaras
ylabel ('Tc')           % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
    for k=1:i-1
        fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
            w(k),Tc(k) );
    end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;
end
fprintf('----- \n');

```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINES SUDARYTOS IS SLENKAMOJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU

-----  
I w I Tc I  
-----

paieskos laikas, kai delta = 1.000

I 1.000 I 94.248 I  
I 2.000 I 47.124 I  
I 3.000 I 31.416 I  
I 4.000 I 23.562 I  
I 5.000 I 18.850 I  
I 6.000 I 15.708 I  
I 7.000 I 13.464 I  
I 8.000 I 11.781 I  
I 9.000 I 10.472 I  
I 10.000 I 9.425 I

paieskos laikas, kai delta = 1.500

I 1.000 I 62.832 I  
I 2.000 I 31.416 I  
I 3.000 I 20.944 I  
I 4.000 I 15.708 I  
I 5.000 I 12.566 I  
I 6.000 I 10.472 I  
I 7.000 I 8.976 I  
I 8.000 I 7.854 I  
I 9.000 I 6.981 I  
I 10.000 I 6.283 I

paieskos laikas, kai delta = 2.000

I 1.000 I 47.124 I  
I 2.000 I 23.562 I  
I 3.000 I 15.708 I  
I 4.000 I 11.781 I  
I 5.000 I 9.425 I  
I 6.000 I 7.854 I  
I 7.000 I 6.732 I  
I 8.000 I 5.890 I  
I 9.000 I 5.236 I  
I 10.000 I 4.712 I

paieskos laikas, kai delta = 2.500

I 1.000 I 37.699 I  
I 2.000 I 18.850 I  
I 3.000 I 12.566 I  
I 4.000 I 9.425 I

I 5.000 I 7.540 I  
I 6.000 I 6.283 I  
I 7.000 I 5.386 I  
I 8.000 I 4.712 I  
I 9.000 I 4.189 I  
I 10.000 I 3.770 I

paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 31.416 I  
I 2.000 I 15.708 I  
I 3.000 I 10.472 I  
I 4.000 I 7.854 I  
I 5.000 I 6.283 I  
I 6.000 I 5.236 I  
I 7.000 I 4.488 I  
I 8.000 I 3.927 I  
I 9.000 I 3.491 I  
I 10.000 I 3.142 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 26.928 I  
I 2.000 I 13.464 I  
I 3.000 I 8.976 I  
I 4.000 I 6.732 I  
I 5.000 I 5.386 I  
I 6.000 I 4.488 I  
I 7.000 I 3.847 I  
I 8.000 I 3.366 I  
I 9.000 I 2.992 I  
I 10.000 I 2.693 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 23.562 I  
I 2.000 I 11.781 I  
I 3.000 I 7.854 I  
I 4.000 I 5.890 I  
I 5.000 I 4.712 I  
I 6.000 I 3.927 I  
I 7.000 I 3.366 I  
I 8.000 I 2.945 I  
I 9.000 I 2.618 I  
I 10.000 I 2.356 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I 1.000 I 20.944 I  
I 2.000 I 10.472 I  
I 3.000 I 6.981 I  
I 4.000 I 5.236 I  
I 5.000 I 4.189 I  
I 6.000 I 3.491 I

I 7.000 I 2.992 I  
I 8.000 I 2.618 I  
I 9.000 I 2.327 I  
I 10.000 I 2.094 I  
paieskos laikas, kai delta = 5.000  
I 1.000 I 18.850 I  
I 2.000 I 9.425 I  
I 3.000 I 6.283 I  
I 4.000 I 4.712 I  
I 5.000 I 3.770 I  
I 6.000 I 3.142 I  
I 7.000 I 2.693 I  
I 8.000 I 2.356 I  
I 9.000 I 2.094 I  
I 10.000 I 1.885 I

---

```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Ketvirtas tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS DVIEJU SUKAMUJU JUDESIU (SPIRALINIO TIPO)'
% pradiniai duomenys
s=30;      % Paieskos ilgis mm
deltap=1;  % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5;  % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
dv=1;
n=5;
R=10;
wp=1;     % Pradinis kampinis greitis aps/min
wg=10;    % Galinis kampinis greitis aps/min
v=1;
% poslinkio dydis horizontale kryptimi
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I      w      I      Tc      I\n');
    fprintf('----- \n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
w=[]; Tc=[];
vv=wp;
while vv<=wg;
    w(i)=vv;
    %koeficientas k:
    k(i)=(2*pi)/(pi-(2*acos(delta(j)/R)));
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(2*pi*n)/((k(i)+0.5)*w(i));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(w,Tc,'k');
xlabel('w')
uzrasomas komentaras
ylabel('Tc')
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
    for k=1:i-1
        fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
            w(k),Tc(k) );
    end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;

```

```

% spausdina grafika
% ant x asies

```

```

% ant y asies uzrasomas

```

```
end
fprintf('----- \n');
```

### Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:

SKLEISTINES SUDARYTOS IS DVIEJU SUKAMUJU JUDESIU (SPIRALINIO TIPO)

```
-----
I  w  I  Tc  I
-----
paieskos laikas, kai delta = 1.000
I 1.000 I 0.986 I
I 2.000 I 0.493 I
I 3.000 I 0.329 I
I 4.000 I 0.246 I
I 5.000 I 0.197 I
I 6.000 I 0.164 I
I 7.000 I 0.141 I
I 8.000 I 0.123 I
I 9.000 I 0.110 I
I 10.000 I 0.099 I
paieskos laikas, kai delta = 1.500
I 1.000 I 1.470 I
I 2.000 I 0.735 I
I 3.000 I 0.490 I
I 4.000 I 0.368 I
I 5.000 I 0.294 I
I 6.000 I 0.245 I
I 7.000 I 0.210 I
I 8.000 I 0.184 I
I 9.000 I 0.163 I
I 10.000 I 0.147 I
paieskos laikas, kai delta = 2.000
I 1.000 I 1.951 I
I 2.000 I 0.976 I
I 3.000 I 0.650 I
I 4.000 I 0.488 I
I 5.000 I 0.390 I
I 6.000 I 0.325 I
I 7.000 I 0.279 I
I 8.000 I 0.244 I
I 9.000 I 0.217 I
I 10.000 I 0.195 I
paieskos laikas, kai delta = 2.500
```

I 1.000 I 2.429 I  
I 2.000 I 1.215 I  
I 3.000 I 0.810 I  
I 4.000 I 0.607 I  
I 5.000 I 0.486 I  
I 6.000 I 0.405 I  
I 7.000 I 0.347 I  
I 8.000 I 0.304 I  
I 9.000 I 0.270 I  
I 10.000 I 0.243 I

paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 2.906 I  
I 2.000 I 1.453 I  
I 3.000 I 0.969 I  
I 4.000 I 0.727 I  
I 5.000 I 0.581 I  
I 6.000 I 0.484 I  
I 7.000 I 0.415 I  
I 8.000 I 0.363 I  
I 9.000 I 0.323 I  
I 10.000 I 0.291 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 3.383 I  
I 2.000 I 1.692 I  
I 3.000 I 1.128 I  
I 4.000 I 0.846 I  
I 5.000 I 0.677 I  
I 6.000 I 0.564 I  
I 7.000 I 0.483 I  
I 8.000 I 0.423 I  
I 9.000 I 0.376 I  
I 10.000 I 0.338 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 3.862 I  
I 2.000 I 1.931 I  
I 3.000 I 1.287 I  
I 4.000 I 0.966 I  
I 5.000 I 0.772 I  
I 6.000 I 0.644 I  
I 7.000 I 0.552 I  
I 8.000 I 0.483 I  
I 9.000 I 0.429 I  
I 10.000 I 0.386 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I 1.000 I 4.345 I  
I 2.000 I 2.172 I

I 3.000 I 1.448 I  
I 4.000 I 1.086 I  
I 5.000 I 0.869 I  
I 6.000 I 0.724 I  
I 7.000 I 0.621 I  
I 8.000 I 0.543 I  
I 9.000 I 0.483 I  
I 10.000 I 0.434 I

paieskos laikas, kai delta = 5.000

I 1.000 I 4.833 I  
I 2.000 I 2.417 I  
I 3.000 I 1.611 I  
I 4.000 I 1.208 I  
I 5.000 I 0.967 I  
I 6.000 I 0.806 I  
I 7.000 I 0.690 I  
I 8.000 I 0.604 I  
I 9.000 I 0.537 I  
I 10.000 I 0.483 I

---



## 6 PRIEDAS

```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Penktas tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINE KAI DU SUKAMIEJU JUDESIAI YRA PRIESINGU KRYPCIU'
% pradiniai duomenys
r=5;
dv=1;
R=2*r; % Paieskos spindulys
deltap=1; % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5; % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
wp=1; % Pradinis kampinis greitis aps/min
wg=10; % Galinis kampinis greitis aps/min
dv=1;
% rezultatu isvedimas i ekrana
fprintf('-----\n');
fprintf('I w I Tc I\n');
fprintf('-----\n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
w=[]; T2=[]; T1=[]; Tc=[];
vv=wp;
while vv<=wg;
    w(i)=vv;
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(4*(pi^2)*r)/(w(i)*delta(j));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(w,Tc,'k'); % spausdina grafika
xlabel('w') % ant x asies
uzrasomas komentaras
ylabel('Tc') % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
for k=1:i-1
    fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
        w(k),Tc(k) );
end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;
end
fprintf('----- \n');

```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINE KAI DU SUKAMIEJU JUDESIAI YRA PRIESINGU KRYPCIU

-----  
I w I Tc I  
-----

paieskos laikas, kai delta = 1.000

I 1.000 I 197.392 I  
I 2.000 I 98.696 I  
I 3.000 I 65.797 I  
I 4.000 I 49.348 I  
I 5.000 I 39.478 I  
I 6.000 I 32.899 I  
I 7.000 I 28.199 I  
I 8.000 I 24.674 I  
I 9.000 I 21.932 I  
I 10.000 I 19.739 I

paieskos laikas, kai delta = 1.500

I 1.000 I 131.595 I  
I 2.000 I 65.797 I  
I 3.000 I 43.865 I  
I 4.000 I 32.899 I  
I 5.000 I 26.319 I  
I 6.000 I 21.932 I  
I 7.000 I 18.799 I  
I 8.000 I 16.449 I  
I 9.000 I 14.622 I  
I 10.000 I 13.159 I

paieskos laikas, kai delta = 2.000

I 1.000 I 98.696 I  
I 2.000 I 49.348 I  
I 3.000 I 32.899 I  
I 4.000 I 24.674 I  
I 5.000 I 19.739 I  
I 6.000 I 16.449 I  
I 7.000 I 14.099 I  
I 8.000 I 12.337 I  
I 9.000 I 10.966 I  
I 10.000 I 9.870 I

paieskos laikas, kai delta = 2.500

I 1.000 I 78.957 I  
I 2.000 I 39.478 I  
I 3.000 I 26.319 I  
I 4.000 I 19.739 I  
I 5.000 I 15.791 I

I 6.000 I 13.159 I  
I 7.000 I 11.280 I  
I 8.000 I 9.870 I  
I 9.000 I 8.773 I  
I 10.000 I 7.896 I  
paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 65.797 I  
I 2.000 I 32.899 I  
I 3.000 I 21.932 I  
I 4.000 I 16.449 I  
I 5.000 I 13.159 I  
I 6.000 I 10.966 I  
I 7.000 I 9.400 I  
I 8.000 I 8.225 I  
I 9.000 I 7.311 I  
I 10.000 I 6.580 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 56.398 I  
I 2.000 I 28.199 I  
I 3.000 I 18.799 I  
I 4.000 I 14.099 I  
I 5.000 I 11.280 I  
I 6.000 I 9.400 I  
I 7.000 I 8.057 I  
I 8.000 I 7.050 I  
I 9.000 I 6.266 I  
I 10.000 I 5.640 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 49.348 I  
I 2.000 I 24.674 I  
I 3.000 I 16.449 I  
I 4.000 I 12.337 I  
I 5.000 I 9.870 I  
I 6.000 I 8.225 I  
I 7.000 I 7.050 I  
I 8.000 I 6.169 I  
I 9.000 I 5.483 I  
I 10.000 I 4.935 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I 1.000 I 43.865 I  
I 2.000 I 21.932 I  
I 3.000 I 14.622 I  
I 4.000 I 10.966 I  
I 5.000 I 8.773 I  
I 6.000 I 7.311 I  
I 7.000 I 6.266 I

I 8.000 I 5.483 I  
I 9.000 I 4.874 I  
I 10.000 I 4.386 I  
paieskos laikas, kai delta = 5.000  
I 1.000 I 39.478 I  
I 2.000 I 19.739 I  
I 3.000 I 13.159 I  
I 4.000 I 9.870 I  
I 5.000 I 7.896 I  
I 6.000 I 6.580 I  
I 7.000 I 5.640 I  
I 8.000 I 4.935 I  
I 9.000 I 4.386 I  
I 10.000 I 3.948 I

---

```

% Programa skirta paieskos laiko skaiciavimui
% Pirmas tipas
clc
clear all
close all
'SPIRALINE SKLEISTINE'
% pradiniai duomenys
R=10; % Paieskos ilgis mm
Wp=1; % Pradinis sukimosi kampinis greitis aps/min
Wg=10; % Galinis sukimosi kampinis greitis aps/min
deltap=1; % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5; % Galinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
dp=1; % svyravimu mazhejimo per perioda dydis
dv=1;
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I    W    I    Tc    I\n');
    fprintf('----- \n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
n(j)=R/delta(j); % apsisukimai apie centra (kartais)
i=1;
W=[]; Tc=[];
vv=Wp;
while vv<=Wg;
    W(i)=vv;
    % laikas kai koordinates taps lygos 0
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(2*n(j)*pi*R)/(W(i)*delta(j));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(W,Tc,'k'); % spausdina grafika
xlabel ('W') % ant x asies
uzrasomas komentaras
ylabel ('Tc') % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
    for k=1:i-1
        fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
            W(k),Tc(k) );
    end;
j=j+1;
deltap=deltap+dd;

```

```
end
fprintf('----- \n');
```

### Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:

#### SPIRALINE SKLEISTINE

```
-----
I  W  I  Tc  I
-----
paieskos laikas, kai delta = 1.000
I 1.000 I 628.319 I
I 2.000 I 314.159 I
I 3.000 I 209.440 I
I 4.000 I 157.080 I
I 5.000 I 125.664 I
I 6.000 I 104.720 I
I 7.000 I 89.760 I
I 8.000 I 78.540 I
I 9.000 I 69.813 I
I 10.000 I 62.832 I
paieskos laikas, kai delta = 1.500
I 1.000 I 279.253 I
I 2.000 I 139.626 I
I 3.000 I 93.084 I
I 4.000 I 69.813 I
I 5.000 I 55.851 I
I 6.000 I 46.542 I
I 7.000 I 39.893 I
I 8.000 I 34.907 I
I 9.000 I 31.028 I
I 10.000 I 27.925 I
paieskos laikas, kai delta = 2.000
I 1.000 I 157.080 I
I 2.000 I 78.540 I
I 3.000 I 52.360 I
I 4.000 I 39.270 I
I 5.000 I 31.416 I
I 6.000 I 26.180 I
I 7.000 I 22.440 I
I 8.000 I 19.635 I
I 9.000 I 17.453 I
I 10.000 I 15.708 I
paieskos laikas, kai delta = 2.500
I 1.000 I 100.531 I
I 2.000 I 50.265 I
```

I 3.000 I 33.510 I

I 4.000 I 25.133 I

I 5.000 I 20.106 I

I 6.000 I 16.755 I

I 7.000 I 14.362 I

I 8.000 I 12.566 I

I 9.000 I 11.170 I

I 10.000 I 10.053 I

paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 69.813 I

I 2.000 I 34.907 I

I 3.000 I 23.271 I

I 4.000 I 17.453 I

I 5.000 I 13.963 I

I 6.000 I 11.636 I

I 7.000 I 9.973 I

I 8.000 I 8.727 I

I 9.000 I 7.757 I

I 10.000 I 6.981 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 51.291 I

I 2.000 I 25.646 I

I 3.000 I 17.097 I

I 4.000 I 12.823 I

I 5.000 I 10.258 I

I 6.000 I 8.549 I

I 7.000 I 7.327 I

I 8.000 I 6.411 I

I 9.000 I 5.699 I

I 10.000 I 5.129 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 39.270 I

I 2.000 I 19.635 I

I 3.000 I 13.090 I

I 4.000 I 9.817 I

I 5.000 I 7.854 I

I 6.000 I 6.545 I

I 7.000 I 5.610 I

I 8.000 I 4.909 I

I 9.000 I 4.363 I

I 10.000 I 3.927 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I 1.000 I 31.028 I

I 2.000 I 15.514 I

I 3.000 I 10.343 I

I 4.000 I 7.757 I

I 5.000 I 6.206 I  
I 6.000 I 5.171 I  
I 7.000 I 4.433 I  
I 8.000 I 3.879 I  
I 9.000 I 3.448 I  
I 10.000 I 3.103 I  
paieskos laikas, kai delta = 5.000  
I 1.000 I 25.133 I  
I 2.000 I 12.566 I  
I 3.000 I 8.378 I  
I 4.000 I 6.283 I  
I 5.000 I 5.027 I  
I 6.000 I 4.189 I  
I 7.000 I 3.590 I  
I 8.000 I 3.142 I  
I 9.000 I 2.793 I  
I 10.000 I 2.513 I

---



## 8 PRIEDAS

```

% Programa skirta paieskos laiko skaichiavimui
% Pirmas tipas
clc
clear all
close all
'SKLEISTINES SUDARYTOS IS SUKAMOJJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU KAI
VIRPESIAI YRA HARMONINIAI'
% pradiniai duomenys
R=10; % Paieskos ilgis mm
Wp=1; % Pradinis kampinis greitis aps/min
Wg=10; % Pradinis kampinis greitis aps/min
deltap=1; % Pradinis paieskos zingsnis mm
deltag=5; % Pradinis paieskos zingsnis mm
dd=0.5;
n=5;
dp=1; % svyravimu mazhejimo per perioda dydis
dv=1;
a=R/2; % svyravimu amplitude
% rezultatu isvedimas i ekrana
    fprintf('-----\n');
    fprintf('I      W      I      Tc      I\n');
    fprintf('----- \n');
j=1;
while deltap<=deltag;
    delta(j)=deltap;
% laiku skaiciavimas
fprintf('paieskos laikas, kai delta = %6.3f \n',delta(j))
i=1;
W=[]; Tc=[];
vv=Wp;
while vv<=Wg;
    W(i)=vv;
    % laikas kai koordinates taps lygos 0
    % visos paieskos laikas
    Tc(i)=(delta(j)*n)/(2*a*W(i));
    i=i+1;
    vv=vv+dv;
end
plot(W,Tc,'k'); % spausdina grafika
xlabel ('W') % ant x asies
uzrasomas komentaras
ylabel ('Tc') % ant y asies uzrasomas
komentaras
title('visos paieskos laikas')
hold on
for k=1:i-1
    fprintf('I %6.3f I %6.3f I\n',...
        W(k),Tc(k) );
end;

```

```

j=j+1;
deltap=deltap+dd;

end
fprintf('----- \n');

```

**Skaitiniai duomenys, gauti atlikus skaičiavimus:**

SKLEISTINES SUDARYTOS IS SUKAMOJJO IR SVYRUOJAMOJO JUDESIU KAI VIRPESIAI YRA HARMONINIAI

```

-----
I  W  I  Tc  I
-----
paieskos laikas, kai delta = 1.000
I 1.000 I 0.500 I
I 2.000 I 0.250 I
I 3.000 I 0.167 I
I 4.000 I 0.125 I
I 5.000 I 0.100 I
I 6.000 I 0.083 I
I 7.000 I 0.071 I
I 8.000 I 0.063 I
I 9.000 I 0.056 I
I 10.000 I 0.050 I
paieskos laikas, kai delta = 1.500
I 1.000 I 0.750 I
I 2.000 I 0.375 I
I 3.000 I 0.250 I
I 4.000 I 0.188 I
I 5.000 I 0.150 I
I 6.000 I 0.125 I
I 7.000 I 0.107 I
I 8.000 I 0.094 I
I 9.000 I 0.083 I
I 10.000 I 0.075 I
paieskos laikas, kai delta = 2.000
I 1.000 I 1.000 I
I 2.000 I 0.500 I
I 3.000 I 0.333 I
I 4.000 I 0.250 I
I 5.000 I 0.200 I
I 6.000 I 0.167 I
I 7.000 I 0.143 I
I 8.000 I 0.125 I
I 9.000 I 0.111 I

```

I 10.000 I 0.100 I  
paieskos laikas, kai delta = 2.500

I 1.000 I 1.250 I

I 2.000 I 0.625 I

I 3.000 I 0.417 I

I 4.000 I 0.313 I

I 5.000 I 0.250 I

I 6.000 I 0.208 I

I 7.000 I 0.179 I

I 8.000 I 0.156 I

I 9.000 I 0.139 I

I 10.000 I 0.125 I

paieskos laikas, kai delta = 3.000

I 1.000 I 1.500 I

I 2.000 I 0.750 I

I 3.000 I 0.500 I

I 4.000 I 0.375 I

I 5.000 I 0.300 I

I 6.000 I 0.250 I

I 7.000 I 0.214 I

I 8.000 I 0.188 I

I 9.000 I 0.167 I

I 10.000 I 0.150 I

paieskos laikas, kai delta = 3.500

I 1.000 I 1.750 I

I 2.000 I 0.875 I

I 3.000 I 0.583 I

I 4.000 I 0.438 I

I 5.000 I 0.350 I

I 6.000 I 0.292 I

I 7.000 I 0.250 I

I 8.000 I 0.219 I

I 9.000 I 0.194 I

I 10.000 I 0.175 I

paieskos laikas, kai delta = 4.000

I 1.000 I 2.000 I

I 2.000 I 1.000 I

I 3.000 I 0.667 I

I 4.000 I 0.500 I

I 5.000 I 0.400 I

I 6.000 I 0.333 I

I 7.000 I 0.286 I

I 8.000 I 0.250 I

I 9.000 I 0.222 I

I 10.000 I 0.200 I

paieskos laikas, kai delta = 4.500

I	1.000	I	2.250	I
I	2.000	I	1.125	I
I	3.000	I	0.750	I
I	4.000	I	0.563	I
I	5.000	I	0.450	I
I	6.000	I	0.375	I
I	7.000	I	0.321	I
I	8.000	I	0.281	I
I	9.000	I	0.250	I
I	10.000	I	0.225	I

paieskos laikas, kai delta = 5.000

I	1.000	I	2.500	I
I	2.000	I	1.250	I
I	3.000	I	0.833	I
I	4.000	I	0.625	I
I	5.000	I	0.500	I
I	6.000	I	0.417	I
I	7.000	I	0.357	I
I	8.000	I	0.313	I
I	9.000	I	0.278	I
I	10.000	I	0.250	I

-----