

Neil kaalutlustel võime pöörleval kettal pöörleva kuulikese ümberpaigutamisega, olenevalt lennuki tangensiaalkiirusest ja maastikunurgast, määrata lennuki nurkkiiruse laskeaparaadi suhtes.

Nii võime ketta iga punkti kiiruse veerleva kuuli kaudu üle kanda kuuli peal pöörlevale silindrile, mis annab saadud kiiruse kas elektrimootorit käivitavale lülitile või mehhanismile, mis seda vajab.

Vanemais süsteemes oli pöörlevat ketast jälgiv veerlev teraskuul koos oma hoidjaga piki ülekande telge liikuv. Ketast jälgiv kuul paigutati vastavasse kaugusesse pöördeteljest laskeaparaadi vastava pööramisega, s. o. olenevalt lennuki liikumissuunast ja kiirusest.

Moodseil laskemasinail kujutab pöörlev pind seenekujulist kahe kõverusega ruumilist pinda, mis oma pöörlemisteljel annab kallutada vajalisest kiirusest olenevalt. Sellest tingituna püsib pindajälgiv kuulipesa ühel kohal.

13. Kõverpinnad, mis kujutavad funktsiooni käiku.

Funktsiooni all mõistame kahe suuruse olenevust, mis väljendub selles, et ühe suuruse etteantud väärtusele vastab kindel teise suuruse väärtus (ühe argumendiga funktsioon).

Olenevat muutujat nimetatakse funktsiooniks ja olenematut muutujat argumendiks. Funktsiooni märgime y -ga ja argumendi x -ga. Kahe muutuja funktsiooni puhul märgime funktsiooni z -ga ja argumente x ja y -ga.

$y = f(x)$, $z = f(x, y)$, s. o. y on olenev x -ist ja z on olenev x -ist ja y -ist. Võimalusi, kuidas funktsiooni juurest argumendi juurde saada ja ümberpöörduvalt, on mitu:

1. Eeskiri. Näit. $y = 2x + \pi$

2 ja π on konstantsed suurused ja näitavad vaid koordinaattelgedel kaugust funktsiooni käigu algusest. Eeskiri võib väljenduda ka sõnastuses, sest kõike pole lihtne väljendada valemiga.

2. Funktsioon võib olla antud tabelina.

Näiteks lasketabelid kujutavad ka teatavate funktsioonide olenevust mitmesuguseist muutujaist. Tabelis funktsioon pole antud pidevalt, on antud vaid teatavad punktid ja vahepealseid punkte võime leida interpoolides.

3. Funktsioon antakse diagrammina, graafikuna.

Siin teatavate punktide kogu kujutab funktsiooni käiku mingi kõverana. Funktsiooni väärtus on kujutatud siin ordinaadina, mis ulatub kõverani.

Siinuslausega saame:

$$\frac{nA_0}{A'A'_0} = \frac{\Delta_0 - \Delta}{v \cdot t} = \frac{\sin(90^\circ - \frac{\delta_h}{2} - \alpha_0)}{\sin(90^\circ + \frac{\delta_h}{2})} = \frac{\cos(\frac{\delta_h}{2} + \alpha_0)}{\cos \frac{\delta_h}{2}}$$

Siit saame, et

$$\Delta_0 - \Delta = v \cdot t \frac{\cos(\frac{\delta_h}{2} + \alpha_0)}{\cos \frac{\delta_h}{2}} ;$$

asetame $\Delta_0 - \Delta$ avalduse valemisse (6).

$$\sin \omega_h = \frac{v \cdot t \cdot \cos(\frac{\delta_h}{2} + \alpha_0)}{D_0 \cdot \cos \frac{\delta_h}{2}} \cdot \sin a \dots (7).$$

Teisendame seda kahe nurga summa \cos lahutamisega:

$$\begin{aligned} \sin \omega_h &= \frac{v \cdot t \cdot \cos \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos \alpha_0 - \sin \frac{\delta_h}{2} \cdot \sin \alpha_0}{D_0 \cos \frac{\delta_h}{2}} \cdot \sin a = \\ &= \frac{v \cdot t}{D_0} \cdot \cos \alpha_0 \frac{\cos \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos \alpha_0 - \sin \frac{\delta_h}{2} \cdot \sin \alpha_0}{\cos \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos \alpha_0} \cdot \sin a \end{aligned}$$

Teostades jagamise saame:

$$\sin \omega_h = \frac{v \cdot t}{D_0} \cdot \cos \alpha_0 \cdot \sin a (1 - \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0)$$

Avades klambrid ja sisse tuues lisaliikme U

$$\sin \omega_h = \frac{v \cdot t}{D_0} \cdot \cos \alpha_0 \cdot \sin a - U \dots (8)$$

Nurkkiirendus (ω) on nurkkiiruse muutus olenevalt ajast.

$$w = \frac{d\lambda}{dt} \text{ s. o. nurkkiiruse tuletis aja suhtes.}$$

12. Nurkkiiruse määramine.

Laskemasinainas kasutatakse nurkkiiruse määramiseks peamiselt konstantse nurkkiirusega pöörlevat pinda, mis käivitatakse täpse pöörlemiskiirusega töötava elektrimootori poolt, või kasutatakse selleks erilist kellamehhanismi, mis käivitatakse vedru üleskeeramisega (joonis 12).

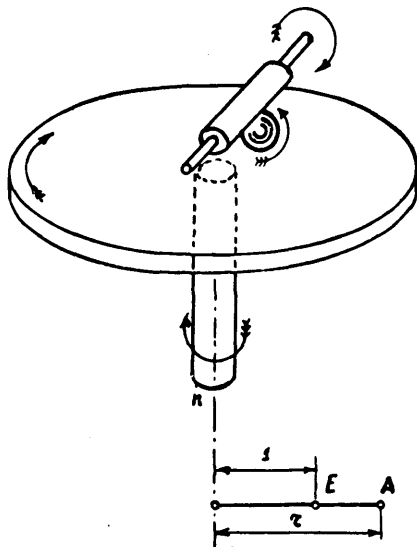
Valime kettal punkti E, mis pöörlemisteljest asub ühe pikkuseühiku kaugusel. Lahendatav punkt A asugu pöörlemisteljest (n) kaugusel r, kuid samal sirgel. Punkt E kujutab ümber telje pööreldes teatava ajaga ühe ringi. Punkti E teekonna pikkus on $D_1 = 2\pi r$.

Punkti A teekond on $D_2 = 2\pi r$.

Näeme, et punktide A ja E lineaarkiirused pole võrdsed, kuid nurkkiirused on samad. Kui punkt E tegi ühe ringi ühes sekundis, siis tema nurkkiiruseks on $\lambda = 2\pi$ radiaani, mis samaaegselt on ka tema lineaarkiiruseks. Ka punkti A nurkkiirused on ka 2π radiaani, kuid tangentsiaalkiirused on punkti E tangentsiaalkiirusest r korda suurem.

$$v_A = \omega_{E,A} \cdot r_A ; \omega = \frac{v}{r} \text{ s. o.}$$

nurkkiirused teatavas punktis on olenev raadiusvektorist r ja tangentsiaalkiirusest v.



Joonis 12.

Kaare osa PP' lüheneb piirprotsessil kaare-diferentsiaaliks ds ($PP' = ds$).

$$(ds)^2 = (dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2$$

Võttes kaare osa ds tuletise aja dt suhtes, saame kiiruse v kohas P ; $\frac{ds}{dt} = v$

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$$

Näeme, et tundes kaare-diferentsiaali projektsioone telgedele, saame määrata kiiruse puutuja suunas (v), s. o. tangentsiaal-kiiruse. Kiirusvektori suuna määravad puutuja suuna cosinused.

Lennuk märgina evib küll oma lennuteel tangentsiaalse kiiruse, kuid seda kiirust on laskeaparaatidel praktilisem vastu võtta nurkkiirusena.

Nurkkiirus (λ) on nurga-diferentsiaali ($d\alpha$) jagatis aja-diferentsiaalile (dt), s. o. nurga muutumise kiirus olenevalt ajast.

$$\lambda = \frac{d\alpha}{dt}$$

Nurkkiirus on sellane kiirus, mida evib pöörlemisteljest ühe ühiku kaugusel olev punkt. Kui näiteks kella sekundiosuti teeb 360° , s. o. 2π radiaani 60 sekundis, siis saame osuti nurkkiiruseks 6° sekundis või $\frac{2\pi}{60} = 0,1047$ radiaani sekundis. Laskemasinasis kasutatakse peamiselt radiaal mõõtu. (Radiaan on nurk, millele vastav kaar võrdub raadiusega.)

Lennuk ei lenda õhuruumis mitte alati ühtlase kiirusega, mistõttu evib lennuk liikumisel ka teatava kiirenduse.

Kiirendus on ka vektor, seega evib ta suuruse ja suuna. Kui arvestame kiiruse muutust olenevalt ajast, siis saame kiirenduse (q) teatavas punktis.

$$q = \frac{dv}{dt}, \text{ s. o. kiiruse tuletis aja suhtes.}$$

Kus U väärtuseks on:

$$U = \frac{v \cdot t}{D_0} \cdot \cos \alpha_0 \cdot \sin a \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (9)$$

Et teha sin ω_h valemit mehaanilisele lahendajale vastuvõetavaks. selleks teisendame valemis (8) esineva kiiruse v nurkkiiruseks, lüngauguse D_0 ja kursinurga α_0 maastikunurkadeks. Kasutame selleks analoogilisi võtteid nendega, milliseid kasutasime suund-eelise lahendamisel.

$A_1A_0 = v \cdot dt$ s. o. lennuki tee aja-diferentsiaali kestel.

Pöörates tasapinda $OO'A'A$ telje OO_1 ümber nii, et punkt A tuleb tasapinnale $OA_0A'O'$ punkt B omandab tõste-eelise diferentsiaal-suuruse.

$$d\omega_h = A_0O'B_1 = \lambda_a \cdot dt$$

λ_a — nurkkiirus vertikaalpinnas.

Arvestades kaare-diferentsiaali ds -i

$$ds = D_0 \cdot d\omega_h = D_0 \cdot \lambda_a \cdot dt$$

Lugedes võrdseks kaare-diferentsiaali kõõlu pikkusega, siis

$$A_0m = ds = A_0B_1 \cdot \sin a_1$$

$$\perp A_0B_1m = a_1 \text{ ja}$$

$$\perp A_0mB_1 = 90^\circ$$

$$A_0B_1 = A_0A_1 \cos \alpha_0$$

$$\perp A_0B_1A_1 = 90^\circ$$

siis $\perp B_1A_0A_1 = \alpha_0$ ja

seepärast saame:

$$ds = A_0A_1 \cdot \cos \alpha_0 \cdot \sin a_1 = v \cdot dt \cdot \cos \alpha_0 \sin a_1$$

Nurk $a_1 = a_0 + d\omega_h$. Et $d\omega_h$ on maastikunurgaga võrrelduna võrratult väike, siis võime ta välja jätta, ja saame:

$$a_1 = a_0$$

Seda kasutades kaare-diferentsiaali avalduses:

$$ds = D_0 \lambda_a dt = v \cdot dt \cdot \cos \alpha_0 \cdot \sin a_0$$

dt esineb mõlemal pool võrdusmärki, seetõttu jätame ta välja ja siis

$$\text{saame: } \frac{v}{D_0} \cdot \cos \alpha_0 = \frac{\lambda_a}{\sin a_0}$$

Asendades valemis (8) $\frac{v}{D_0} \cdot \cos \alpha_0$ suuruse saadud avaldusega,

$$\sin \omega_h = \lambda_a \cdot t \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0} \pm U \dots \dots \dots (11)$$

Nüüd teisendame ka lisaliikme U suurused soovikohaseiks. Kolmnurgast $O'A_0A'$ siinuslausega saame

$$\Delta_0 = D_0 \cdot \cos a_0$$

$$\frac{v \cdot t}{\Delta_0} = \frac{v \cdot t}{D_0 \cdot \cos a_0} = \frac{\sin \delta_h}{\sin (180^\circ - \alpha_0 - \delta_h)} = \frac{\sin \delta_h}{\sin(\alpha_0 + \delta_h)}$$

$$\frac{vt}{D_0} = \frac{\sin \delta_h}{\sin(\alpha_0 + \delta_h)} \cdot \cos a_0$$

asetame saadud avalduse $\frac{vt}{D_0}$ valemisse (9)

$$\begin{aligned} U &= \frac{\sin \delta_h}{\sin(\alpha_0 + \delta_h)} \cdot \cos a_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \sin a \cdot \sin \alpha_0 = \\ &= \sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a_0 \sin \alpha_0 \cdot \frac{\sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 + \delta_h)} \end{aligned}$$

Kuna kursinurkadega avaldus on lähedane ühele ja kogu U suurus on väike, siis võime ta välja jätta, seetõttu saame:

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 + \delta_h)} \sim 1$$

$$U = \sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a_0 \cdot \sin a \dots \dots (12)$$

Nii kujuneb lõplikult tõste-eelis:

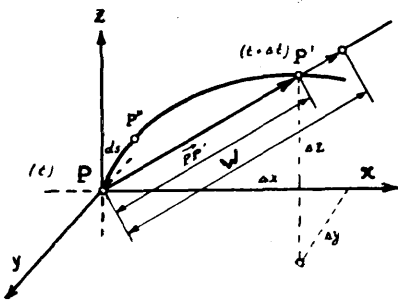
$$\sin \omega_h = \lambda_a t \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0} \pm \sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a_0 \cdot \sin a.$$

Valemist näeme, kuidas tõste-eelis oleneb nurkkiirusest, lennajaast, suund-eelisest, siht- ja märkpunkti maastikunurkadest.

11. Kiirus, nurkkiirus ja kiirendus.

Eestoodud valemis kasutasime mõisteid kiirus ja nurkkiirus. Liikumiskiiruseks loetakse ajaühikus käidud tee pikkust ja kiiruseühikuks valitakse see kiirus, millega keha jõuab igas ajaühikus mõne pikkuseühiku võrra edasi. Kuid kiirusel on peale suuruse ka veel suund (joon. 11).

Võtame ühe punkti, mis liigub ruumiliselt. Ruumilise punkti liikumistee kujutab endast mingit kõverat. Teataval hetkel (t) asub see punkt kohas P , hilisemal hetkel ($t + \Delta t$) asub punkt juba kohas P' . Vaatame vektorit, mis kohti PP' ühendab, arvestame kandesirget, mis läheb vektori suunas. Vektori pikkust võime mõõta pikkuseühikuis.



Joonis 11.

Jagame vektori pikkuse PP' aja momendile Δt . Kahe arvu jagamisest saame mingi uue arvu W , s. o. keskmise kiiruse vahemikus PP' . Saadud keskmise suuruse asetame kandesirgele, alates punktist P . Rakendame punkti P koordinaatide teljestiku. Projitseerides vektori PP' telgedele x , y , z , saame vektori projektsioonid Δx , Δy , Δz . Kui keskmise kiiruse saime vektori PP' jagamisel Δt , siis saame keskmise kiiruse projektsioonid telgedele, kui jagame vektori PP' projektsioonid Δt -ga.

$$\text{x-teljel } \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{y-teljel } \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad \text{z-teljel } \frac{\Delta z}{\Delta t};$$

Keskmise kiirusega on tülikas opereerida, sest tegemist on kahe punktiga ja seetõttu viime lahendi ühele punktile. Ühele punktile saame aga minna piirprotsessiga, s. o. laseme ajavahemiku Δt läheneda 0-le ($\Delta t \rightarrow 0$).

Kui see sünnib, siis keskmine kiirus läheneb piirväärtusele, see on kiirusele antud kohas.

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow \frac{dx}{dt}; \quad \frac{\Delta y}{\Delta t} \rightarrow \frac{dy}{dt}; \quad \frac{\Delta z}{\Delta t} \rightarrow \frac{dz}{dt};$$

Graafilisel vaatlusel P' peab lähenema P -le. Keskmise kiiruse vektori suund läheneb puutuja suunale ja piiriks on puutuja suund. Suuruselt saadud jagatis võib ka väheneda.

Sellase piirprotsessiga saadud vektorit kutsutakse kiirusvektoriks antud hetkel t kohas P . Kiirusvektori projektsioonid on kaarediferentsiaali projektsioonide tuletis aja suhtes.

Ülekandekuulid annavad kettal saadud liikumise edasi silindril (15), mis oma võlliga käivitab kooniliste hammasrataste kaudu võlli (14), mille otsas on diferentsiaali kooniline hammasratas.

Seega liidame diferentsiaalis võllidelt (14 ja 4) tulevad nurkkiirused. Kui võllidega ülekantavad nurkkiirused on võrdsed, siis kolmas diferentsiaalivõll (12) ei pöörle, s. o. $\lambda = 0$. Valemi poolte võrdust näitab meile skaalal (13) vastav osuti. Valemi poolte võrduse korral osuti seisab paigal. Osuti liikumise korral peame muutma ülekandekuulide asetust kettal (16), kuni osuti jääb algasendile seisma.

Ülekandekuulide (17) ümberpaigutamisega muudame valemis $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$ tõste-eelise ω_h suurust. Selle paranduse teostame tõste-

eelise käsirattaga. Käepidet pöörates paigutame ümber üleandja (kuliss 21) $\sin \omega_h$ võrra. Kang (20) liidab kõvera vahekangi abil $\sin \omega_h$ ja u (mille saame mehhanismidelt F, M, L) suurused ja suunad kangide (52) ja (19) ristumiskohal.

Pöörates süütaja-käsiratast, vastavalt kõrguse-kõverale süütaja-silindril P, määrab osuti (49) asetus lennuaja.

Lennuaeg t kantakse kruvi (51) poolt üle kangile (52). Nii tuuakse kangide-süsteemi 0 juurde kokku $\omega_h + u$ ja lennuaeg t .

Kangide (20) ja (52) koostööga ühendustapi kaudu antakse pöördliikumine kangile (19), mille üks ots on pöördliikuvalt kinnitatud tapile. Seetõttu kangi (19) vaba ots, mis libisevalt seotud kangiga (18), annab viimasele piki telge liikumise vastavalt suurusele

$$\frac{\sin \omega_h + u}{t}$$

Kangide-süsteemi töötamise analüütiline seos on näha skeemil, kus sarnaste kolmnurkade küljed näitavad teatavas mõõtkavas suurus $\sin \omega_h + u$ ja t . Uhiksuuruseks („1“) on võetud kangi (18) telge ja kangi (19) liikumatu tapi vahemaa. Seetõttu on maksev seos:

$$\frac{\sin \omega_h + u}{t} = \frac{1}{1} = 1,$$

millest tingituna toimub kuulülekande ümberasetus kettal (16) vas-

tavalt suurusele $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$

Diagramm annab funktsiooni käigust hea üldpildi, kuid üksikpunktis funktsiooni väärtuse saamiseks peame tegema mõõtmisi. Sageli esineb funktsioone, mille käigu kõvera saame kuidagi joonestada, kuid funktsiooni valemikujulise eeskirjaga ei oska väljendada.

Näiteks sihtnurga olenevust maastikunurgast ja kaugusest oskame väljendada diagrammina ja tabelina, kuna lihtse valemiga väljendus teeb raskusi. Siin näeme funktsiooni (sihtnurga) olenevust kahest muutujast (kaugus ja maastikunurk).

Matemaatilist käsitust on leidnud funktsioonid, mis on pidevad kui mitte rohkem, siis vähemalt vaadeldavas kohas, s. o. funktsiooni käiku kujutav kõver ei tohi katkeda ega järske hüppeid teha.

Kui meil on tegu ühe muutuja funktsiooniga, siis on võimalik näidata funktsiooni käiku tasapinnal. Erandjuhul saame ka kahe argumentiga funktsioone tasapinnal kujutada. Sellaseks juhuks on konstantse suuruse olenevus kahest muutujast. $f(y, x) = \text{konst.}$ Sellel juhul märgime funktsiooni käigu kõverale juurde tema konstantse arvsuuruse.

Tasapinnaliste kõverate vihku, mis on joonestatud teatavas mõõtkavas ja formaadis, võime asetada teljel pöörlevale silindrile, kusjuures x -telg asub silindri pinnal ja on paralleelne silindri pöörlemise teljega. y -telg moodustab silindri põhja ringjoone.

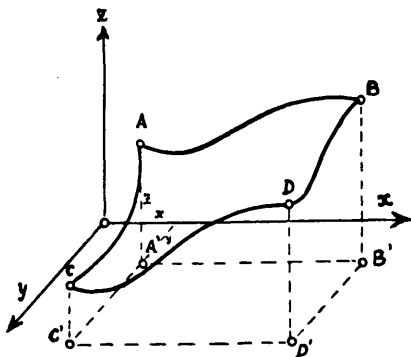
Sellast funktsiooni käigu kõverate kasutamist leiame ka tulejuhtimisaparatuurides. Nii on silindri pinnal kujutatud konstantsete mürsu lennuaja kõverate vihk. Igale kõverale on juurde kirjutatud vastav lennuaeg. Olenevalt kõrgusest, mis kantud silindrile põhja ringjoone juurde ja kaugusest, mis kantud piki silindrit, saame alati vastava mürsu lennuaja.

Üldist kahe argumentiga funktsiooni käiku ei saa tasapinnal näidata.

$$z = f(x, y)$$

Selle funktsiooni väärtus kohas A on ablikaat z , see väärtus oleneb A asukohast kõverpinnal, s. o. x -ist ja y -ist (joonis 13).

Kui meie sellase kõverpinna tüki, meile sobivas suuruses, kokku keerame,



Joonis 13.

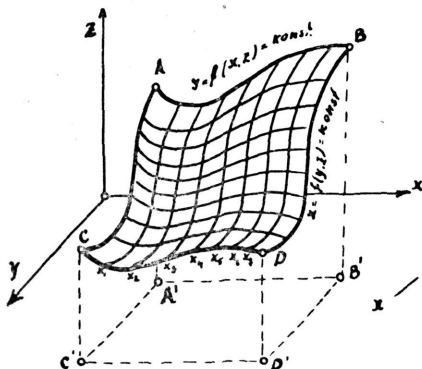
nii et serv AB läheb vastu serva CD, siis on meil ikkagi olemas funktsiooni väärtuse mõõtmise võimalus. Kui kujutleme, et xy tasapind on muutunud kokkukeeratud pinna pöörlemisteljeks, siis funktsiooni väärtusi mõõdame sellest teljest kuni pinna vastava punktini. Seetõttu on sellaselt kokkukeeratud kõverpinnaga kehade pindadel kõige sobivam näidata funktsioonide muutumise käiku.

Funktsiooni arvulise väärtuse mõõtmine ei tee raskusi, samuti nõuab sellane pind laskemasinas vähe ruumi. Olenevalt muutujaist võime sellaseid kõverpindu nii grupeerida, et need pinnad, millel on samad argumentid, asetame ühisesse raami ja olenevalt muutujaist käivitame kõik korraga.

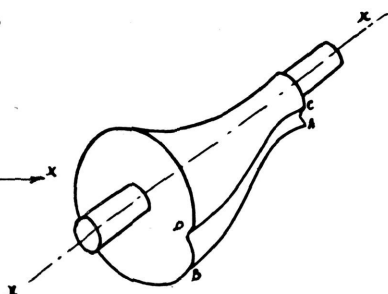
Pinnajälgija poolt mõõdetud suurusi võime kanda üle teistele mehhanismidele mingi suurendava mehhanismi kaudu otseselt vastavale skaalale või elektriliste üleandjate kaudu relva sihtimisvahendeile.

14. Funktsiooni käiku kujutava kõverpinna valmistamise võimalusi.

Soovides valmistada vajalist kõverpinda, võime selleks kasutada mitmeid võtteid (joonis 14 ja 15). Tundes funktsiooni käiku (eeskiri, tabel, graafik), võime joonestada soovitud kõverad nii nagu see sobivam kasutada frees- ja lihvpingil. Teame, et kahe argumentiga funktsiooni käiku saame kujutada tasapinnal juhul, kui võtta üks



Joonis 14.



Joonis 15.

Kolmanda kangi (9) pikem õlg on liikuvalt ühenduses parallelo-grammide (7) ja (8) ristumispunktiga, mistõttu oma lühema õlaga käivitab telje (10), mis muudab ülekandekuulide asetust ketastel (2)

ja (34) olenevalt $\frac{\sin a}{\sin a_0}$ suurusest.

Kangide-süsteemi C analüütiline seos paistab skeemil, kus sarnaste kolmnurkade küljed väljendavad teatavas mõõtkavas maastikunurkade siinuseid (kangi [9] liikumatu telje ja ülekandekangi [10] vahe on võetud mõõtkava väljendajaks suurusega „1“).

Seetõttu püsib seos:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_0} = \frac{\sin a}{\sin a_0} = \frac{1}{1} = 1,$$

mispärast telg 10 ülekanne võrdub: $l = \frac{\sin a}{\sin a_0}$

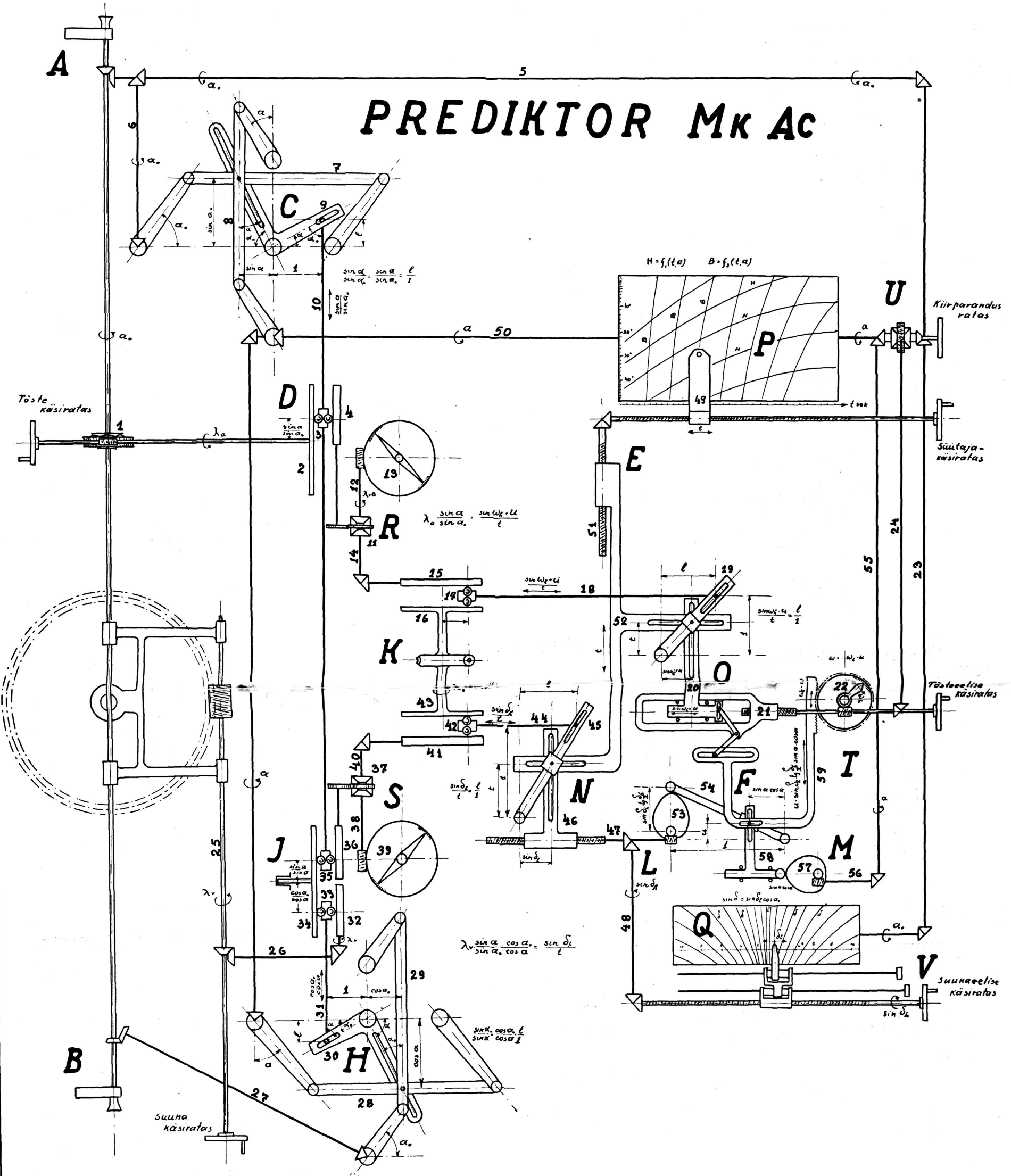
Ülekandekuulide (3) kaugus ketta (2) tsentrist on $\frac{\sin a}{\sin a_0}$, mistõttu tõste-käsiratta telje pöörlemisel proportsionaalselt nurkkiirusele λ_a silinder 4 saab nurkkiiruse proportsionaalselt avaldusele $\lambda_a \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0}$, mis kantakse üle diferentsiaalile R.

Nii nagu valemi esimene pool väljendab teatavat nurkkiirust, nii peab ka teine valemi pool $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$ väljendama sama suurt nurkkiirust, sest $\lambda_a \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0} = \frac{\sin \omega_h + u}{t}$

Et saavutada soovitatavat nurkkiirust, mis olenev valemi pooles $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$ esinevaist muutujaist, selleks peame võtma abiks pöördliikumise tekitajana kellamehhanismi (K), mis arendaks kettas kons-tantse nurkkiiruse λ_0 (ketas 16).

Kang (18) nihutab kuulülekannet (17) ketta (16) pinnal, olenevalt funktsioonist $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$

PREDIKTOR Mk AC



Töste-eelise lahendus.

- A. Töstepikksilm.
- C. Kangide-süsteem. $\frac{\sin a}{\sin a_0}$
- D. Kuulülekanne $\lambda_a \frac{\sin a}{\sin a_0}$
- K. Kellamehhanism.
- R. Vertikaal-nurkkiiruste tasakaalustamise dif. näitaja.
- O. Kangide-süsteem $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$
- U. Diferentsiaal $a_0 + \omega_h$
- T. Töste-eelise skaala „ ω^u “

Lisasuurus „u“.

- F. Kangide-süsteem $u = \sin \delta_h \cdot t_{\omega} \cdot \frac{\delta_h}{2} \sin a \cdot \cos a$
- L. Ekstsentriline kõverpind $\sin \delta_h \cdot t_{\omega} \cdot \frac{\delta_h}{2}$
- M. Ekstsentriline kõverpind $\sin a \cdot \cos a$

Süütaja.

- P. Süütajasilinder.
- E. Lennuaja t üleviimise kangide-süst.
- U. Diferentsiaal $a_0 + \omega_h$

Suund-eelise lahendus.

- B. Suunapikksilm.
- H. Kangide-süsteem $\frac{\cos a}{\cos a_0}$
- J. Kuulülekanne $\lambda_v \frac{\sin a \cdot \cos a_0}{\sin a_0 \cdot \cos a}$
- S. Horisontaal-nurkkiiruste tasakaalustamise dif. näitaja.
- K. Kellamehhanism.
- N. Kangide-süsteem $\frac{\sin \delta_h}{t}$
- Q. Suund-eelise silnider.
- V. Tuule- ja teiste paranduste kruvid.

(Kleepida lk. 37 parempoolse serva alla)

(Ära lõigata!)

Maastikunurgas lennukit jälgija pöörab tõste-käsiratast ja annab seega sihtimisvahendile nurkkiiruse λ_a , ühtlasi kandub see ka apaaraati, samuti nagu maastikunurk a_0 .

Suunas lennukit jälgija pöörab suupa-käsiratast, pannes aparaadi seega pöörlema ümber püsttelje nurkkiirusega λ_v .

a) Tõste-eelise ω_h lahendus.

Süsteemi osad, mis lahendavad tõste-eelise ω_h valemi järgi:

$$\sin \omega_h = \lambda_a \cdot t \frac{\sin a}{\sin a_0} - u \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{kus } U = \sin \delta_h \cdot \text{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a_0 \cdot \sin a,$$

on märgitud tähtedega: A, C, D, R, K, O ja T (vt. üldskeem).

Prediktor kasutab valemit (11) ümbermoodustatud kujul:

$$\lambda_a \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0} = \frac{\sin \omega_h + u}{t}$$

Selle valemi mehaaniline lahendusprintsip seisneb selles, et ühelt poolt nurkkiirusena tulev valemi esimene pool $\lambda_a \cdot \frac{\sin a}{\sin a_0}$ võrrutada

takse teiselt poolt tuleva nurkkiirusega $\frac{\sin \omega_h + u}{t}$. Seda võimal-

dab meile diferentsiaali töötamise põhimõte. Diferentsiaal võimaldab kahelt poolt tulevaid nurkkiirusi liita (võrrutada) ja edasi anda kolmanda telje kaudu diferentsiaal-näitajasse. Tõste-käepideme telje keskel on tigu, mis hõõrkoonuse (1) kaudu käivitab pikksilmade telje AB ja paneb pöörlema ketta (2) proportsionaalselt nurkkiirusele λ_a .

Ketas (2) annab kuulülekande kaudu liikumise edasi silindrile (4), mille telje otsas olev hammasratas käivitab diferentsiaali karbi R koos kooniliste dif-hammasratastega.

Binokli A juures olev kooniline hammasratas annab maastikunurga (a_0) muutused edasi kangide-parallelogrammile (7), mis lahendab funktsiooni $\sin a_0$.

Süütajasilindri (P) teljega (50) antakse üle kohtamispunkti maastikunurk (a) teisele kangide-parallelogrammile (8), mis lahendab funktsiooni $\sin a$.

kolmest muutuvast suurusest konstantsena. Võttes valemis $y = f(x, z)$ y konstantsena ja iga kõvera puhul andes temale eri väärtuse, saame kõverate vihu tasapinnal.

Ruumiliselt sellaseks lahenduseks lõikame kõverpinna läbi tasapindadega, mis on paralleelsed yz tasapinnale. Tasapinna ja kõverpinna lõikjoon on meie soovitud funktsiooni käigu kõver selle y konstantse väärtuse kohas.

Painutatud kõverpinna tasapinnaga läbilõikamisel saame täpselt samasuguse funktsiooni käigu kõvera siis, kui juhime tasapinna alati läbi pöörlemistelje. Konstantseid väärtusi y -teljel võime väljendada algkeha kujutava silindri pööramisega kindla nurga võrra. Neid y konstantseid väärtusi võime valida sellase tihedusega, et saavutaksime töötlemise küllaldase täpsuse.

Igale valitud y konstantsele väärtusele vastavalt kujutame funktsiooni z muutuse kõvera, olenevalt muutuvast x -ist. $y = f(x, z)$, kus y on konstantne. Joonestame sellaste kõverate vihu suures formaadis ja täpses mõõtkavas (et vähendada joonestamise vigu), saadud kõverate graafiku pildistame ja valmistame pildi selles suurus, nagu soovime näha kõverpinna laskemasinas.

Sellaste kõverate järgi valmistame täpsed šabloonid, millede jälgimisega täpsus-freespingil vastav frees lõikab pinki asetatud algkehasse soovitud kõvera. Nii saame lõigata algkehasse hulga süviseid, mis sügavuselt erinevad, kuid on paralleelsed pöörlemisteljega.

Analoogilise töökäigu võime teha ristisuunas eelmisele. Selleks võtame funktsiooni $x = f(y, z)$, kus x on konstantne. Andes x -ile rea konstantseid väärtusi saame uued kõverad, millede järgi freesides saame sooned risti pöörlemisteljega.

On loomulik, et neis kohtades, kus freesimissooned ristuvad, peavad olema funktsiooni väärtused võrdsed. Nii saame oma töökäiku kontrollida juba esialgselt. Töödeldud pinna kohtadelt võime mõõta funktsiooni väärtusi täpsete mõõtkelladega kuni 0,001 mm täpsusega.

Freesimata pinnaosad freesitakse vastavate lekaalide kasutamisega, silmas pidades, et funktsiooni käik peab olema ühtlane. Ühtluse ja õige kõveruse kontrollimiseks võime kasutada erilisi mõõtmikroskoobe, mis võimaldavad võrrelda töötlemiskoha kõverust õige kõverusega. Ebaühtluse võime otseselt välja lugeda mikroskoobi skaalalt, samuti saame määrata ebaõige punkti täpse asukoha. Nii-sugused mikroskoobid suurendavad soovi kohaselt kas $9^{1/2}$, 20 või 29 korda.

otseselt diferentsiaalnäitajaga seosesolevad lülituskontaktid. Seega paranduste tegemine on kiire ja mehhanismide käivitajad (isikute näol) puuduvad.

Aparaadi elektrilisel käivitusel on sihturi ülesanne vaid käigu kiiruse muutmine, olenevalt lennuki kiiruse muutusest. Seetõttu aparaat jälgib märki väga ühtlaselt.

Kaugusmõõtja otseselt aparaadile asetamisega on saadud vahetu kõrguse ja kauguse üleandmine lahendajasse. Seetõttu kokkuvõttes jälgivas meeskonnas on iseenesest-mõistetav. Niisugusel kujul on ka ühe lennuki jälgimine alati kindlustatud ja kaob aegaviitev märki kättejuhatamine kõrgusmõõtjale.

Automaatne süütajate vastavale lennuajale seadmine vähendab tunduvalt tööaega, väldib eksimisi ja vähendab teenivat meeskonda.

17. Kokkuvõte.

Vaadatud lennuki ja mürsu kohtamispunkti lahendamise võimalust nägime, et see probleem on siiski küllalt hea täpsusega lahendatav. Lahendusaparaate on konstrueeritud väga mitmesuguseid ja nende arenemiskäik on olnud väga kiire.

Tänapäeval võime seista juba aparaadi ees, mida teenib vaid neli meest ja siiski lahendatakse sellase masinaga väga suure täpsusega üliraskeid probleeme kiirusega, mis meid täielikult rahuldavad.

Allikaid:

1. Kara inz. kapteinis Kalnins-Vindedzkalns: Zenitartilerijas Saunas Technika, 1935 G. (Sõjaväe ins. kapten Kalnins-Vindedzkalns. Õhukaitse suurtükiväe lasketehnika, 1935 a.)
2. Prof. J. Nuut: Loenguid Tallinna Tehnikaülikoolis ja Sv. Tehnikakoolis üldise mehhaanika alal, 1937—1939.
3. Leitnant mag. A. Siivard: Loenguid Sv. Tehnikakoolis ballistika alal, 1937—1939.
4. Major H. Rass: Loenguid Sv. Tehnikakoolis õhukaitse suurtükide ja tulejuhtimisvahendite alal 1940.
5. Hahn & Kolb: Werkzeuge. Werkzeug-Maschinen. (Hahn ja Kolb Tööriistad. Töömasinad.).
6. 76,2-mm (40-kal.) õk-kahuri lasketabel.

Valemi $\sin a = \sin a_0 \pm \omega_h$ (olenevalt sellest, kas lennuk eemaldub või läheneb) lahenduseks meie tõste-eelise käsirattaga kas liidame või lahutame ω_h suuruse. Seega käivitame ka vööri (24), mis teo kaudu on ühenduses diferentsiaaliga u. Samasse dif. tuuakse ka mõõtpunkti maastikunurk a_0 , kus mõlemad liidetakse.

Sellaste tehetege anname süütajasilindrile kohtamispunkti maastikunurga a , mis loob eelduse õige lennuaja t saamiseks ja ühtlasi kannab nurga a vööri (50) kaudu kangide-süsteemi C ja läbi ülekande D dif. R juurde kui $\sin a$.

Näeme, et tõste-eelisega ω_h valemi parema poole tasakaalustamisel muudame uuesti valemi vasakpoolset suurust. Tasakaalu teostamine oleks väga raske, kui poleks ligikaudset lahendusvõimalust. Olenevalt näitaja (13) liikumisest peame otsustama, kas $\sin \omega_h$ suurust tuleb vähendada või suurendada. Tuleb ka silmas pidada, kuidas sama mehhanismi mõjustab lennuaja t muutmine.

Lennuaeg t on funktsioon a -st ja H -ist.

$$t = f(a, H) \text{ s. o. } t = f(a_0 + \omega_h, H)$$

Sellest seosest olenevalt mõjustatakse ka valemi parempoolset arvsuurust. Aste-astmelt tuleb eelise ω_h suurust muuta, et vastastikused mõjustused võimaldaksid valemi poolte võrrotuse dif. R juures (näitaja [13] jääb püsima). Siit näeme, et ebaõige aparaadi käsitsemise juures ka tulemused võivad olla õigest erinevad.

Sellest tingituna sihtijad peavad lennukit jälgima ühtlaselt ja pidevalt. Kunagi ei tohi aparaati tagasi pöörata, kui sihtsuund on juhuslikult lennukist ette jõudnud. Ka süütajasilindri näitaja peab pidevalt jälgima kõrguskõverat, et saavutaksime ühtlase lennuaja t muutmise.

Paranduskäsirattaga pole tarvilik iga pisimat diferentsiaalnäitaja liikumist tõkestada. On hea, kui vaid δ_h või ω_h suurusi nende muutmisel õigesti muudame vastavas suunas. Kui lennuk püsib ülesseatud liikumishüpooteesil, siis δ_h ja ω võivad ainult pidevalt kasvada või kahaneda.

b) Suund-eelise δ_h lahendus.

Suund-eelise δ_h määramine toimub prediktoris analoogiliselt tõste-eelise lahendusele.

δ_h lahendus toimub võrrandi järgi:

$$\lambda_v \frac{\sin a}{\sin a_0} \cdot \frac{\cos a_0}{\cos a} = \frac{\sin \delta_h}{t}$$

Ka siin võrrutame valemi kaht poolt diferentsiaali S juures. Uhelt poolt tuuakse dif. juurde nurkkiirusena $\lambda_v \frac{\sin a}{\sin a_0}$; teiselt poolt nurkkiirus $\frac{\sin \delta_h}{t}$

Süsteemi osad, mis lahendavad suund-eelise, on skeemil märgitud tähtedega: B, H, J, S, N, Q, ja V. Kangide-süsteem H lahendab suuruse $\frac{\cos a_0}{\cos a}$. Vabalt pöörlev ketas (34) (korrutispind) süsteemis J

korrutab suurused $\frac{\sin a}{\sin a_0}$, mis saadakse kangide-süsteemist C ja $\frac{\cos a_0}{\cos a}$, mis tuleb kangide-süsteemist H.

Suuna-käsiratta telg (25) pöörab kooniliste hammasrataste kaudu telge (26) proportsionaalselt nurkkiirusele λ_v , mis omakorda kooniliste hammasrataste kaudu kantakse silindrile (32).

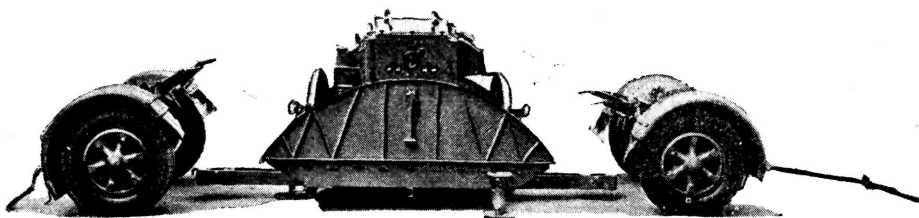
Kuulülekande (33) kaudu pannakse ketas (34) pöörlema nurkkiirusega $\lambda_v \frac{\cos a_0}{\cos a}$. Ketas (34) paneb pöörlema kuulülekande (35)

kaudu silindri (36). Viimane pööreldes nurkkiirusega $\lambda_v \frac{\sin a \cdot \cos a_0}{\sin a_0 \cdot \cos a}$ paneb pöörlema silindriliste hammasrataste kaudu dif. kooniliste hammasrataste pesa.

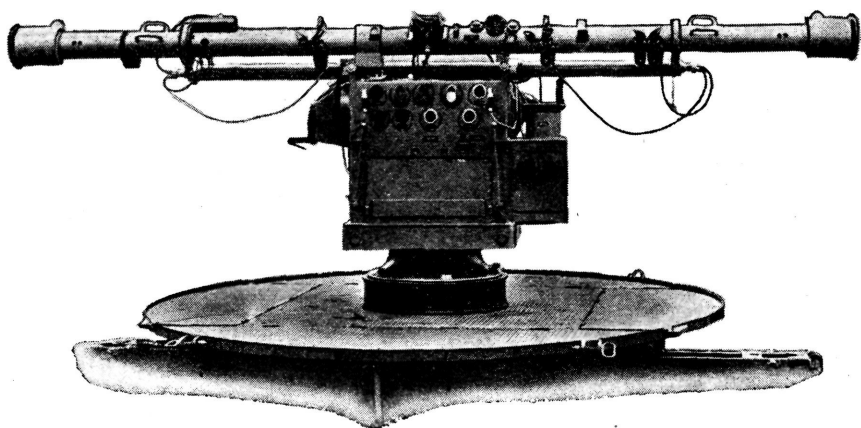
Tehes suund-eelise käsirattaga paranduse $\sin \delta_h$ suuruses, anname võllile (48) pöörlemise $\sin \delta_h$, mis kooniliste hammasrataste kaudu kantakse kruvile (47). Viimane käivitab kangi (46) suurusega $\sin \delta_h$.

Kangide-süsteem N, kuhu tööme suurus $\sin \delta_h$ kangiga (46) ja lennuaja (t) kangiga (52), käivitab kangi (44) suurusega $\frac{\sin \delta_h}{t}$ analoogiliselt süsteemile O.

Ketast (43) pöörab kellamehhanism K kindla nurkkiirusega λ_0 . Silinder (41) saab seetõttu valemiga $\frac{\sin \delta_h}{t}$ proportsionaalse nurkkiiruse, mis kantakse võlliga (40) dif. S juurde.



Moodseim tulejuhtimisvahend „Wikog“ (Winkelgeschwindigkeits komando Gerät, s. o. nurkküürustele rajatud tulejuhtimisvahend) ratastelt mahavõetuna.



„Wikog“ tulejuhtimisvahend koos kaugus-kõrgusmõõtjaga töösendis.

Paremaid tulemusi sellel alal annab aparadi elektriline teenimine ja samuti seadete elektriline üleandmine relvade juurde, kus vastavad sihturid hoiavad pidevalt oma tõste- ja pöördemehhanismidega mehhanismi tööd näitava osuti kohastikku osutiga, millist käivitab elektermootor, olenevalt lahendusaparaadist tulevaist vooluimpulssidest.

Funktsioonide käigud on kujutatud kõverpindadel, mis soodustavad elektrilist funktsionisuuruse jälgimist. Mitmesuguste valemite tasakaalustamiseks kasutatavaid elektermootoreid käivitavad juba

Tõstenurgas suurte paranduste teostamiseks on kiirkäivitaja käsiratas. Suunas suurte paranduste tegemisel vabastatakse tigu teorattast, misjärel aparaati võib vabalt püsttelje ümber pöörata. Aparaati toetaval rõngal on välisküljele asetatud pööratav asimuudirõngas. Asimuudi lugemist soodustab aparaadi külge kinnitatud näitaja. Toetusrõnga horisontaalseks seadmiseks on kolm tõstekruvi. Horisontaalsuse kontrollimiseks on kaks ristamisi asetatud loodi. Kõik käsirattad on varustatud hõõrdkoonustega, mistõttu ettevaatamatu pööramise korral ei rikuta mehhanisme.

Käsirattad käivitavad mehhanisme kahe kiirusega, millede kiiruste suhe on 1:3. Vajadusest olenevalt võime sisse lülida soovikohase kiiruse. Et mehhanismidega töötamisel ei ületataks lubatud piire, siis sulgevad vastavad pidurid mehhanismide töötamise õigeaegselt.

Prediktori teenimiseks on vaja 5 meest. Prediktoriga saab jälgida märki 15-min. täpsusega.

Töötamispiirid: maastikunurgas 10° — 80°

suunas 360°

suund-eelis $0^{\circ}\pm 40^{\circ}$

tõste-eelis $0^{\circ}+13^{\circ}$ — -20°

mürsu-lennuajad 3sek. — 30 sek.

Prediktor kaalub 105 kg, alus tema jaoks 40 kg.

16. Moodse lahendusmasina üldjoonelisi erinevusi eestoodust.

Üldiselt teame, et mida lühemaks saame teha selle aja mille kestel me ei saa enam laskeandmeid muuta, seda tõhusamad on laske tulemused. Sellest tingituna on suurendatud õk-kahurite alguskiirust sellasele tasemele, mida vähegi lubab rauaõõne kuluvus ja raua tugevus.

Meie mõjupiirkonda on jäänud vaid ettevalmistusperioodi lühendamise. See on aeg mõõdumomendist lasumomendini. Võrreldes mehhaanilise lahenduse aega andmete relvadele üleadmise ajaga näeme, et viimane moodustab sellest enamiku osa.

Telefonilised üleanded, mis nõuavad andmete lugemist vastavalt jaotusplaadilt ja nende seadmist relvadele, ei anna pidevaid laskeandmeid; esineb hilinemine tööaja näol, mis on umbes 2 sekundit.

Kui kahelt poolt diferentsiaal S juurde toodud nurkkiirused on võrdsed, siis dif. näitaja (39) seisab paigal. Olenevalt dif. näitaja liikumisest tuleb teha suund-eelises parandusi, s. o. muudame suurust $\sin \delta_h$. Saavutanud dif. näitaja (39) püsiva asetuse, siis meie kaks valemi poolt on võrdsed ja oleme õigesti lahendanud $\sin \delta_h$ suuruse

c) Lisaliikme u lahendus.

Suund-eelis δ_h on teatavas vahekorras lennuajaga t ja maastikunurgaga a. See olenevus paistab lisaliikme u avaldusest, kus esineb ka δ_h suurus.

$$u = \sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a_0 \cdot \sin a$$

See avaldus lahendatakse süsteemides F, L ja M.

Prediktor lahendab seda valemit lihtsustatud kujul, võttes funktsioon $\cos a_0$ asemele funktsioon $\cos a$. Valemi osa $\sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2}$ lahendab ekstsentriline kõverpind (53), mille raadiustele (polaarkoordinaatidele) vastab teatavas mõõtkavas $\sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2}$. Valemi osa $\cos a \cdot \sin a$ lahendab ekstsentriline kõverpind (57), mille raadiused (polaarkoordinaadid) on samuti teatavas mõõtkavas $\cos a \cdot \sin a$.

Telg (47) pöörab ekstsentrikut (53) eelise δ_h võrra. Teljed (55) ja (56) pööravad ekstsentrikut (57) maastikunurga a võrra. Ekstsentrik (53) muudab kangi (54) vaba otsa, s. o. jälgija asetust suuruse $\sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2}$ võrra (kangi teine ots on pöörlevalt kinnitatud püsivale tapile).

Ekstsentrik (57) muudab kangi (58) asetust $\cos a \cdot \sin a$ suuruses võrra. Sellases koostöös kangide (54) ja (58) ühendustapp kannab üle kangile (59) suuruse $u = \sin \delta_h \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta_h}{2} \cdot \cos a \cdot \sin a$.

Kõver kang (59) oma juhtaasa kujulise otsaga käivitab võrdsete õlgadega põlvikkangi, milline kannab üle kangile (20) u väärtuse, kus teostub u ja $\sin \omega_h$ liitmine.

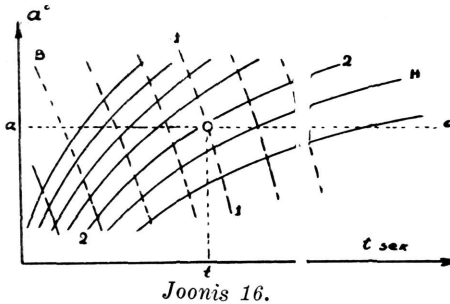
d) Süütajasilinder.

Süütajasilindrile on joonestatud kahe funktsiooni käigukõverad.

$H = f_1(a, t)$, s. o. kõrgus.

$B = f_2(a, t)$, s. o. süütajaseade.

Koordinaatsüsteemis maastikunurk a (kraadides) on asetatud ümber silindri. Lennuaeg t (sekundeis) on asetatud piki silindrit (joonis 16).



Kui silinder on pööratud vastavalt maastikunurgale a , siis kohtamispunkti olenevuse tõttu a -st ja H -ist, saame lugeda vastava t süütajakõvera löikumise kohast kõrguskõveraga, s. o. joon 1—1, mis läbib a — a ja kõrguse 2—2 jooned. Nii saame süütajaseade.

Jälgides lennukit on vaja näitaja (49) alaliselt hoida antud kõrguse, s. o. 2—2 peal. Maastikunurk pidevalt suureneb või väheneb, olenedes kursinurgast. Pidades silmas funktsiooni muutusi, võime ette määrata süütajaseaded ja nende järgi mürsud lasuks valmis seada. Kui süütajanäitaja on jõudnud ette antud süütajakõverani, tuleb teostada lask, sest siis on lennuk punktis A_0 , millele vastab kohtamispunkti A .

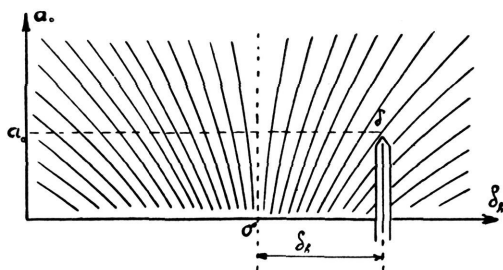
d) Suund-eelise silinder ja tõste-eelise ketas.

Prediktor Mk Ac on ehitatud horisontaal-tasapinnalisel lahendus-süsteemil, seetõttu längtasapinnalise suund-eelise δ ja tõste-eelise ω leidmiseks on tarvis lisamehhanism.

Suund-eelise (längtasapinnal) δ määramiseks on parandussilinder Q ja tõste-eelise (längpinna süst.) ω määramiseks on mehhanism T.

Silindrile Q on kantud läng-suund-eelis δ käigukõverad, olenevalt maastikunurgast a_0 ja suund-eelisest δ_h . Koordinaatsüsteemis nurk a_0 on asetatud ümber silindri kraadides ja suund-eelis piki silindrit, alates silindri keskelt ühele ja teisele poole (joonis 17). Kõverad on joonestatud valemi järgi: $\sin \delta = \sin \delta_h \cdot \cos a_0$

Telg (23) pöörab silindrit Q kooniliste hammasrattaste kaudu, olenevalt maastikunurga a_0 suurusest. Nii saame läng-suundeeelise δ lugeda osuti kohalt vastavalt sellele, kuidas oleme muutnud a_0 ja δ_h suurusi.



Joonis 17.

Töste-läng-eelise ω loome kettalt T, mis käivitatakse kangi (59) hammaslatiga, proportsionaalselt suurusele u . Ketta osuti käivitatakse töste-eelise käsirattaga, vastavalt töste-eelise ω_h suurusele. Seetõttu saame lugeda skaalaga kettalt suuruse, olenevalt ω_h ja u suurusest. $\omega = \omega_h \cdot u$. Ummardamistest tingitud vead praktiliselt tasanduvad, ja võttes arvesse, et prediktor võimaldab juurde lisada mitmesuguseid parandusi, saame tulemused vastuvõetavad.

Tuuleparandus asetatakse aparati eraldi, kuna teised parandused võetakse kokku üldiseks paranduseks ja asetatakse vastavale skaalale.

f) Parandused.

Kruvi V pööramisega asetame aparati tuule- ja teised parandused horisontaalpinnas. δ_h parandused teostatakse parandusskaala järgi, δ parandused eriliste paranduskõverate järgi. Paranduskõverad on väljendatud polaarkoordinaatides valemiga:

$$\sin \delta = \sin \delta_h \cdot \cos a_0$$

Lõhengute kõrvalekaldumisi parandatakse paranduskõverate järgi. Nii palju kui mudame δ_h või δ , samapalju muutuvad andmed ka relvade suunassihitumise vahendeil.

Töstenurka muutvaid parandusi teostatakse süütajasilindri P juures ja töste-eelise osuti (22) ümberasetamisega. Nende paranduste teostamisel võetakse arvesse tuule- ja teised kiirelt muutuvad mõjud. Ac tüübil tuleb tuule, derivatsiooni, algkiiruse ja õhutakistuse-vahe parandused arvutada eraldi aparatuuridel ja üldine parandus aparati sisse panna.

Moodseil prediktoreil parandused on jaotatud tekkimiste põhjuste järgi ja neid võib otseselt aparati asetada.