

Dvostruki računski strojevi

I. Opis dvostrukih strojeva tipa »Brunsviga«, »Original-Odhner« i »Thales«.

Dvostruki računski stroj specijalno je konstruiran za geodetsko računanje. On se u principu sastoji iz dva, međusobno spojena stroja: desnog i lijevog, sa zajedničkim okretnim dijelom. Ovakva konstrukcija omogućuje istovremeno računanje na jednom i drugom stroju, tako da mnoge kombinirane računске zadatke možemo riješiti znatno brže i lakše, nego na jednostrukom stroju.

Ovdje ćemo prikazati zadnje modele dvostrukih strojeva tipa »Brunsviga« i »Thales« proizvode njemačkih tvornica i stroj tipa »Original-Odhner« švedske proizvodnje.⁽¹⁾ Sva ova tri tipa izrađena su po principu kotača sa šipkama. Pogon strojeva je ručni.

Kod strojeva »Brunsviga« i »Thales« lijevi stroj može biti ukopčan sa desnim posebnim preklopnikom za istosmjerni ili protusmjerni rad. Naprotiv kod stroja »Original-Odhner« lijevi stroj radi uvijek istosmjerno sa desnim. Međutim kod njega postoji specijalna naprava za računanje komplementnim vrijednostima u postavnom dijelu.

Kod dvostrukog stroja »Brunsviga« (Sl. 1) možemo preklopnik (10), koji služi za ukopčavanje lijevog stroja, postaviti u tri položaja: lijevi, desni i srednji.

Kada preklopnik stoji u položaju na lijevo, na znaku ↑↑, lijevi stroj je ukopčan istosmjerno sa desnim, te prema tome njegov postavni dio radi isto tako kao i postavni dio desnog stroja: ili pozitivno ili negativno, t. j. kod pozitivnih okretaja ručke stroj će zbrajati, a kod negativnih okretaja stroj će odbijati.

Stoji li preklopnik u položaju na desno, na znaku ↓↓ bit će rad lijevog stroja protusmjernan. Dakle kod pozitivnih okretaja ručke lijevi postavni dio će raditi negativno, stroj će odbijati, a kod negativnih okretaja radit će pozitivno, t. j. zbrajat će.

Kod srednjeg položajaj preklopnika lijevi stroj je posve iskopčan, pa kod okretanja ručke radi samo desni stroj.

Okretni dio stroja »Brunsviga« ima dva brojila: desno i lijevo.⁽²⁾ Svako se brojilo briše posebnim brisalom. Brisanjem se okretni dio dovodi u neutralni položaj⁽³⁾ iz kojega može prvim pozitivnim okretom biti ukopčan pozitivno na brojke u bijeloj boji, a prvim negativnim okretom — negativno na brojke u crvenoj boji.

¹ Brunsviga, Mascinenwerke A. G. Braunschweig, Thaleswerk G. m. b. H., Rechnermaschinenfabriken, Rastatt in Baden.

Aktiobolaget Original-Odhner, Göteborg I.

² Stariji model dvostrukog stroja »Brunsviga« ima samo jedno brojilo okretnog dijela.

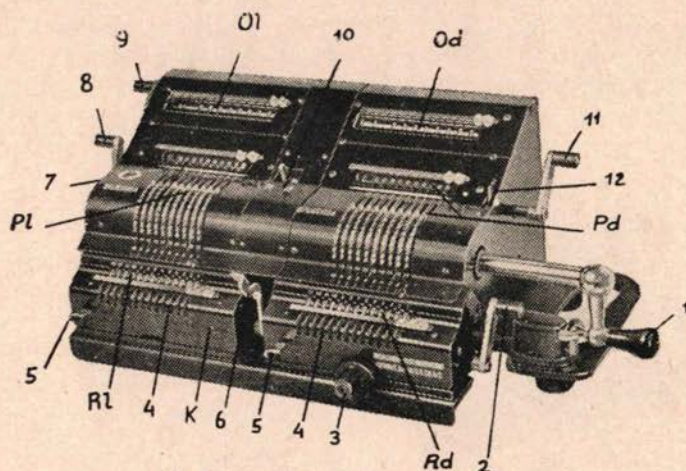
³ Neutralni položaj brojila okretnog dijela prepoznaje se po zelenoj boji u oknu signala.

Kada je okretni dio ukopčan pozitivno, tada će svako pozitivno okretanje davati rastuće, a negativna okretanja padajuće brojeve.

Ako je okretni dio ukopčan negativno, onda će svako negativno okretanje davati rastuće, a pozitivna okretanja padajuće brojeve.

Naprotiv, kada je lijevi stroj ukopčan protusmjerno, onda se lijevo brojilo pozitivno ukopčava negativnim okretanjem, a negativno — pozitivnim okretanjem.

Međutim lijevo brojilo može biti uvlačenjem, odnosno izvlačenjem posebnog gumba (7) ukopčano za istosmjerni, odnosno protusmjerni rad sa radom samoga lijevog stroja.



Sl. 1. Dvostruki računski stroj »Brunsviga«

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Pd. Desni postavni dio | Rd. Desni rezultat |
| Pl. Lijevi postavni dio | Rl. Lijevi rezultat |
| Od. Desni okretni dio | K. Kolica |
| Ol. Lijevi okretni dio | 7. Gumb za ukopčavanje Ol |
| 1. Pogonska ručka | 8. Brisalo za Pd i Pl |
| 2. Brisalo za Rd | 9. Brisalo za Ol |
| 3. Poluga za pomicanje kolica | 10. Preklopnik za ukopčavanje Pl |
| 4. Postavni kotačići za Rd i Rl | 11. Brisalo za Od |
| 5. Poluga za oslobađanje 4 | 12. Preklopnik za 11. |
| 6. Brisalo za Rl | |

Lijevo brojilo u pravilu dolazi u obzir samo kao pomoćno brojilo. U njemu se mogu na primjer sumirati kod množenja multiplikatori, kod dijeljenja kvocijenti i t. d.

U rezultatu mogu biti brojevi postavljeni i direktno okretanjem postavnih kotačića (4). Kod toga treba pritisnuti poluzicu za »oslobađanje« (5).

Model ovog stroja od 1951. godine ima osim toga posebnu napravu za automatski prenos brojeva »unazad« iz desnog i lijevog rezultata u odgovarajuću opstavni dio; kao na pr. kod višestrukog množenja; potenciranja i drugih kombiniranih računanja.

Desni i lijevi rezultat brišu se svaki svojim brisalom. Naprotiv oba postavna dijela brišu se zajedno i to: ili svojim posebnim brisalom (8), ili skupa sa desnim brojilom okretnog dijela — pomoću njegovog brisala (11). U tom slučaju treba preklopink (12) postaviti u gornji položaj označen brojkom 2.

Postepeno pomicanje kolica vrši se kratnim pritiskom poluge (3) na desno ili na lijevo.

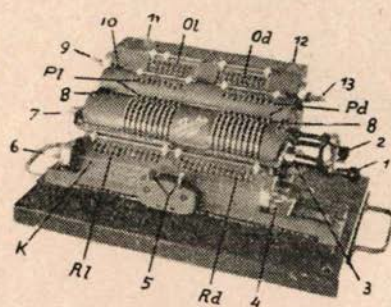
Međutim uvlačenjem ove poluge kolica mogu biti oslobođena za bilo koji (i puni) pomak.

Položaj kolica određuje se u okretnom dijelu automatski pomičnim indeksom.

Kapacitet stroja je $10 \times 8 \times 13$.

Kod dvostrukog stroja »Thales«, model 1951. godine (Sl. 2), ukopčavanje lijevog stroja također se vrši posebnim preklopnikom (10).

Kada taj preklopnik stoji u položaju na desno, na znaku I, bit će rad lijevog stroja istosmjernan sa desnim, a kad stoji u položaju na lijevo, na znaku II — protusmjernan. Kod srednjeg položaja preklopnika lijevi stroj je potpuno iskopčan.



Sl. 2. Dvostruki računski stroj »Thales«

- Pd. Desni postavni dio
 Pl. Lijevi postavni dio
 Od. Desni okretni dio
 Ol. Lijevi okretni dio
1. Pogonska ručka
 2. Poluga za prenašanje brojeva »unazade«
 3. Brisalo za Pd
 4. Brisalo za Rd
 5. Poluge za pomicanje kolica
 6. Brisalo za Rl
 7. Brisalo za Pl
 - Rd. Desni rezultat
 - Rl. Lijevi rezultat
 - K. Kolica
 8. Za postavljanje 11—12 u multi položaj
 9. Brisalo za Ol
 10. Preklopnik za ukopčavanje Pl
 11. Preklopnik za ukopčavanje Ol
 12. Preklopnik za ukopčavanje Od
 13. Brisalo za Od

Okretni dio i ovog stroja ima dva brojila: desno i lijevo. Svako od ovih brojila može biti nezavisno jedno od drugoga, svojim preklopnikom ukopčano pozitivno ili negativno, a može biti i sasvim iskopčano.

Positivnom ukopčavanju odgovara položaj preklopnika na znaku »V«. To će biti za desni preklopnik (12) položaj na desno, a za lijevi preklopnik (11) položaj na lijevo.

Negativnom ukopčavanju odgovara suprotan položaj preklopnika na znaku »R«.

Zauzima li preklopnik srednji »multi« položaj, bit će dotično brojilo posve iskopčano. (4)

⁴ Prijašnji model dvostrukog stroja »Thales« ima samo jedno brojilo okretnog dijela i dva preklopnika: lijevi i desni. Lijevi preklopnik služi za ukopčavanje lijevog stroja, a desni za određivanje preznaka ukopčavanja okretnog dijela. Istosmjernom ukopčavanju lijevog stroja odgovara položaj lijevog preklopnika — na lijevo, na znaku I., a protusmjernom — položaj na desno, na znaku II. Mogućnost potpunog iskopčavanja lijevog stroja ne postoji. Okretni dio ukopčan je pozitivno onda, kada desni preklopnik stoji u položaju na desno, na znaku »Multi«, a negativno, kada desni preklopnik stoji u položaju na lijevo, na znaku »Div«.

Brojevi u okretnom dijelu stroja »Thales« pojavljuju se samo u jednoj (bijeloj) boji.

Pri tome, kada je okretni dio ukopčan pozitivno, onda pozitivna okretanja ručke daju rastuće, a negativna — padajuće brojeve.

Naprotiv, kod negativnog ukopčavanja okretnog dijela, negativna okretanja daju rastuće, a pozitivna padajuće brojeve.

Preklapanje preklopnika u bilo koji položaj možemo izvršiti i tokom samog računanja pod uvjetom, da se ručka za okretanje nalazi u svom normalnom položaju u zaporu.

Stroj ima posebnu napravu (8) pomoću koje se preklopnik za okretni dio, kod svakog izvršenog brisanja postavnoga dijela, automatski postavlja u srednji »nulti« položaj. Međutim ova naprava može biti stavljena izvan dijelovanja, tako da se kod brisanja postavnoga dijela položaj preklopnika ne mijenja.

U rezultat i u okretni dio brojevi mogu biti postavljeni direktno — okretanjem postavnih kotačića, koji su smješteni u svakom brojilu.

Postoji također posebna naprava (2) za automatski prenos brojeva »unazad« iz oba rezultata (pojedinačno ili zajedno) u postavne dijelove

Kolica stroja »Thales« postepeno se pomiću kratkim pritiskom poluge transportnog uređaja (5): desne na lijevo i lijeve na desno. Međutim istodobnim pritiskom obadvije poluge kolica mogu biti oslobođena za bilo koji pomak. Pri tome kolica mogu biti postavljena u položaj posve »na desno« ili »na lijevo«, tako da lijevi rezultat dođe ispod desnog postavnog dijela ili desni rezultat ispod lijevog postavnog dijela. Prednost takve mogućnosti transportiranja kolica dolazi do izražaja kod računanja transformacije koordinata, koordinata točaka na okomicama i sl.

Položaj kolica u okretnom dijelu određuje automatski pomični indeks.

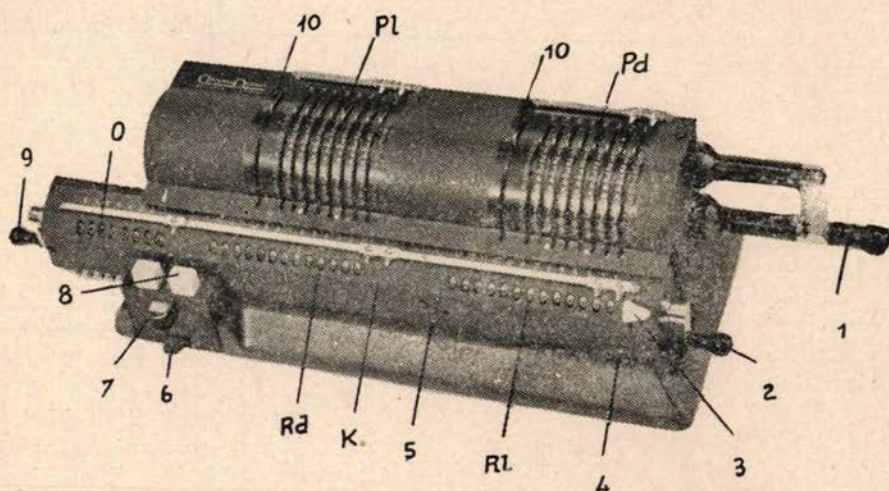
Kapacitet stroja je $9 \times 8 \times 13$.

Kod dvostrukog stroja »Original-Odhner« (Sl. 3.) oba postavna dijela uvijek se okreću u istom smjeru. Ovdje je protusmjerno računanje, t. j. zbrajanje na jednom stroju i istovremeno odbijanje na drugom stroju omogućeno upotrebom komplementnih brojeva (dekadskih dopuna) u postavnom dijelu. Naime, ako u jedan postavni dio postavimo broj izražen u apsolutnoj vrijednosti, a u drugi izražen u dekadskoj dopuni, onda kod pozitivnih okretanja ručke prvi će stroj zbrajati, dok će drugi odbijati. Naprotiv, kod negativnih okretanja prvi će stroj odbijati, a drugi će zbrajati.

Računanje sa komplementnim brojevima u postavnom dijelu možemo izvesti na bilo kojem stroju. Ali stroj će biti pri tome samo onda potpuno iskorišten, ako postavni dio i rezultat imaju isti broj mjesta. U protivnom slučaju pojavljuju se u rezultatu na prekobrojnim mjestima na lijevo »mješane« brojke, koje daju pogrešan rezultat i time umanjuju kapacitet stroja. Tako na pr. stroj sa 8 mjesta u postavnom dijelu i 13 mjesta u rezultatu imao bi od 9 do 13 mjesta »mješane« brojke, pa bi prema tome kod računanja taj dio rezultata bio neupotrebljiv.

Međutim kod stroja »Original-Odhner« postoji za svaki postavni dio posebna naprava — poluga (10) za računanje sa komplementnim brojevima. Stavljanjem ove u donji položaj može biti automatski dodano s lijeve strane,

u nevidljivom dijelu postavnog dijela, toliko devetica koliko ima, kod bilo kojeg položaja kolica, prekobrojnih mjesta na lijevo u rezultatu. Tako na primjer, ako postavimo polugu (10) u donji položaj, a zatim postavimo u postavni dio broj 24, izražen u dekadskoj dopuni, t. j. 99999976, onda bi jedan negativni okret dao u rezultatu broj 24 i lijevo od njega same nule; dok bi jednim pozitivnim okretom dobili broj 76 sa deveticama na lijevo od njega do kraja rezultata.



Sl. 3 Dvostruki računski stroj »Original-Odhner«

- | | |
|---|---|
| Pd. Desni postavni dio | Rd. Desni rezultat |
| Pl. Lijevi postavni dio | Rl. Lijevi rezultat |
| O. Okretni dio | K. Kolica |
| 1. Pogonska ručka | 6. Polužica za oslobađanje kolica |
| 2. Brisalo ja Rd i Rl | 7. Brisalo za Pd i Pl |
| 3. Uređaj za prenašanje brojeva »unazad« | 8. Tipke za postepeno pomicanje kolica |
| 4. Polužica za oslobađanje 3. | 9. Brisalo za O |
| 5. Polužica za iskopčavanje signalnog zvona | 10. Poluga za postavljanje komplementne vrijednosti |

Ukopčavanje okretnog dijela stroja »Original-Odhner« vrši se automatski. Nakon brisanja okretni se dio nalazi u neutralnom položaju iz kojega može prvim pozitivnim okretom biti ukopčan pozitivno, a prvim negativnim okretom — negativno. U jednom i drugom slučaju brojevi se u okretnom dijelu pojavljuju u istoj (bijeloj) boji.

Stroj ima posebnu napravu (3) pomoću koje se vrši automatski prenos broja »unazad« iz desnog rezultata u desni postavni dio.

Brisanje postavnog dijela vrši se na taj način što se pritisne prema dolje poluga (7) i izvrši $\frac{1}{4}$ pozitivnog okreta pogonske ručke. Postavni dio nema kontrolnog brojila.

Mogućnost iskopčavanja lijevog stroja ne postoji.

Kapacitet stroja je $8 \times 8 \times 13$.

II. Računanje dvostrukim strojem

1. Općenito.

Na dvostrukom stroju možemo računati isto tako kao i na svakom jednostrukom stroju.⁵ U takvom se slučaju kod računanja služimo samo desnim ili lijevim njegovim strojem.

Međutim, kako smo već prije istakli, mnoge računske operacije možemo izvesti brže, ako se računa istovremeno na jednom i drugom stroju.

Ovdje ćemo iznijeti pravila za računanje osnovnih zadataka, koji su karakteristični za računanje dvostrukim strojem uopće. Svaki zadatak popraćen je numeričkim primjerima iz geodetskog računanja.

U daljnjem izlaganju služit ćemo se slijedećim oznakama:

	O
P_l	P_d
R_l	R_d

O : Okretni dio (desni)

P_l i P_d : Lijevi i desni postavni dio P.

R_l i R_d : Lijevi i desni rezultat R.

- (6) Broj u zagradi s desne strane oznake O, P_l , P_d , R_l i R_d označuje položaj decimalnog zareza (indeksa) u dotičnom dijelu. Na pr.: $R_d(6)$
- 0,0 Bez zgrade označujemo zadane brojeve koje prije računanja direktno stavimo u stroj (u O, P i R), ili koje se već od prije u njemu nalaze. Na pr.: $R_l(5) : 0,0$; $P_d(2) : 136,78$
- (148,15) U jednostrukoj zagradi označujemo zadane brojeve koje okretanjem ručke u toku računanja na stroju unosimo u stroj (u O ili R). Na pr.: O(2) : (148,15)
- ((29,346)) U dvostrukoj zagradi označujemo vrijednosti koje se dobivaju kao rezultat računanja na stroju (u R i O). Na pr.: $R_l(3) : ((29,346))$
- „+” Pravi predznak broja koji je postavljen u stroj (u P ili O) po svojoj apsolutnoj vrijednosti.
- „—” Pravi predznak broja koji je postavljen u stroj (u P ili O) po svojoj apsolutnoj vrijednosti.
- Istosmjerno! Istosmjerno ukopčavanje P_l . To znači kod stroja »Brunsviga« preklopnik na znaku $\uparrow \uparrow$, kod stroja »Thales« preklopnik na I i kod stroja »Original-Odhner« u P_l i P_d brojevi izražene u apsolutnoj vrijednosti.
- Protusmjerno! Protusmjerno ukopčavanje P_l . To znači kod stroja »Brunsviga« preklopnik na znaku $\downarrow \uparrow$, kod stroja »Thales« preklopnik na znaku II i kod stroja »Original Odhner« komplementna vrijednost (dekadska dopuna) u P_l i apsolutna vrijednost u P_d .
- Pozitivno! Pozitivno ukopčavanje O. To znači kod stroja »Brunsviga« bijela boja u O, kod stroja »Thales« preklopnik na znaku V (Mult) i kod stroja »Original-Odhner« prvo okretanje ručke je pozitivno.

⁵ Vidi Ing. Filatov, Računski stroj »Zagreb«, Geodetski list 1950. Broj 1—3. str. 9—44.

Negativno! Negativno ukopčavanje O. To znači kod stroja »Brunsviga« crvena boja u O, kod stroja »Thales« preklopnik na znaku R (Div) i kod stroja »Original-Odhner« prvo okretanje ručke je negativno.

2. Zbrajanje i odbijanje konstante.

Zadatak:

$$\begin{array}{ll} m_1 \pm a_1 = x_1 & m_2 \pm a_2 = x_2 \\ m_1 \pm b_1 = y_1 & m_2 \pm b_2 = y_2 \\ m_1 \pm c_1 = z_1 & m_2 \pm c_2 = z_2 \end{array}$$

Pravilo:

Stavimo u R_l : konstantu m_1 i u R_d : konstantu m_2 .

Ako je konstanta negativna, stavimo njezinu komplementnu vrijednost.

Postavimo u P_l : a_1 i u P_d : a_2 .

Ako su predznaci a_1 i a_2 isti, onda P_l ukopčavamo istosmjerno, a kada su suprotni, onda protusmjerno.⁶

Brojeve u P okretanjem pribrajamo konstantama u R.

Smjer okretanja odgovara predznaku broja a_2 u P_d , t. j. ako je a_2 pozitivan onda je okretanje pozitivno, a kada je a_2 negativan okretanje je negativno.

Dobivamo u R_l : x_1 i u R_d : x_2 .

Ništa ne brišemo, nego jednim okretom u suprotnom smjeru vraćamo natrag u R_l : na m_1 i u R_d : na m_2 .

Postavimo u F_l : b_1 i u P_d : b_2 .

Odredimo prema njihovim predznacima ukopčavanje P_l , a zatim okretanjem u smjeru koji odgovara predznaku broja b_2 u P_d pribrojimo brojeve u P konstantama u R.

Dobivamo u R_l : y_1 i u R_d : y_2 .

Ništa ne brišemo, nego jednim suprotnim okretom vraćamo natrag u R_l : na m_1 i u R_d : na m_2 . i t. d.

Primjer:

Zadano je:

$$\begin{array}{ll} T_m : y_m = 83\,255,96 & x_m = 64\,196,38 \\ T_b : y_b = 83\,178,06 & x_b = 60\,863,79 \\ T_a : y_a = 80\,633,00 & x_a = 63\,632,47 \end{array}$$

Traže se:

a) Koordinatne razlike u R(7):

$$\begin{array}{ll} y_m - y_b; & x_m - x_b \\ y_m - y_a; & x_m - x_a \end{array}$$

(Vidi »presjecanje unazad«)

⁶ Na stroju »Original-Odhner« protusmjernom ukopčavanju odgovara komplementna vrijednost u P_l .

Rješenje:

Istosmjerno!

$$P_l(2) : y_b = „-“ 83\ 178,06$$

$$R_l(7) : y_m = 83\ 255,96$$

O (5) : ostaje neopažen!

$$P_d(2) : x_b = „-“ 60\ 963,79$$

$$R_d(7) : x_m = 64\ 196,38$$

Jedan negativan okret! Dobivamo:

$$R_l(7) : y_m - y_b = 77,90$$

$$R_d(7) : x_m - x_b = 3\ 232,59$$

Jedan pozitivan okret! Postavimo:

$$P_l(2) : y_a = 80\ 633,00$$

$$P_d(2) : x_a = 63\ 632,47$$

Jedan negativan okret! Dobivamo:

$$R_l(7) : y_m - y_a = 2\ 622,96$$

$$R_d(7) : x_m - x_a = 563,91$$

Kontrola:

$$[y] + [\Delta y] - n \cdot y_m = 0 ; [x] + [\Delta x] - n \cdot x_m = 0$$

b) Koordinatne razlike u R(2):

$$y_a - y_m ; x_a - x_m$$

$$y_b - y_m ; x_b - x_m$$

Rješenje:

$$-y_m + y_a ; -x_m + x_a$$

$$-y_m + y_b ; -x_m + x_b$$

Istosmjerno!

O (0) : ostaje neopažen!

$$P_l(2) : y_a = „+“ 80\ 633,00$$

$$P_d(2) : x_a = „+“ 63\ 632,47$$

$$R_l(2) : \text{cpl } y_m = \dots 916\ 744,04$$

$$R_d(2) : \text{cpl } x_m = \dots 935\ 803,62$$

Jedan pozitivan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) : \text{cpl } (y_a - y_m) = \dots 997\ 377,04$$

$$R_d(2) : \text{cpl } (x_a - x_m) = \dots 999\ 436,09$$

Jedan negativan okret! Postavimo:

$$P_l(2) : y_b = 83\ 178,06$$

$$P_d(2) : x_b = 60\ 963,79$$

Jedan pozitivan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) : \text{cpl } (y_b - y_m) = \dots 999\ 922,10$$

$$R_d(2) : \text{cpl } (x_b - x_m) = \dots 996\ 767,41$$

Kontrola:

$$[y] - [\Delta y] - n \cdot y_m = 0 ; [x] - [\Delta x] - n \cdot x_m = 0$$

3. Uzastopno odbijanje.

Zadatak:

$$b_1 - a_1 = x_1 ; b_2 - a_2 = x_2$$

$$c_1 - b_1 = y_1 ; c_2 - b_2 = y_2$$

$$d_1 - c_1 = z_1 ; d_2 - c_2 = z_2$$

Pravilo:

Prve suptrahende a_1 i a_2 postavimo u Pl i Pd i zatim ih okretanjem prenesemo sa obratnim predznakom u R_l i R_d

Onda stavimo u P_l i P_d prve minuende b_1 i b_2 , pa okretanjem pribrojimo suptrahendima a_1 i a_2 u R_l i R_d

Dobivamo u $R_l : x_1$ i u $R_d : x_2$.

Brišemo R! Dok P ne brišemo, nego b_1 i b_2 , sada kao druge suptrahende, okretanjem prenesemo sa obratnim predznakom u R_l i R_d

Stavimo druge minuende c_1 i c_2 u P_l i P_d i okretanjem ih pribrojimo suptrahendima b_1 i b_2 u R_l i R_d

Dobivamo u $R_l : y_1$ i u $R_d : y_2$.

Brišemo R! Dok P ne brišemo i t. d.

Ukopčavanje P_l određujemo prema predznacima brojeva u P_l i P_d . Ako su predznaci isti, onda ukopčavamo istosmjerno, a ako su suprotni onda protusmjerno.⁶

Smjer okretanja ručke određujemo prema predznaku broja u P_d . Kod prenašanja suptrahenda smjer okretanja je suprotan predznaku broja u P_d , a kod pribrajanja minuenda smjer okretanja odgovara predznaku broja u P_d

Primjer: Računanje koordinatnih razlika. (Vidi formular na str. 47).

Zadano je:

$$\begin{aligned} y_1 &= -44,32 & x_1 &= 37,54 \\ y_2 &= -28,14 & x_1 &= 90,26 \\ y_3 &= -36,26 & x_3 &= 201,64 \\ y_4 &= -9,74 & x_4 &= 234,18 \end{aligned}$$

Traže se:

$$\begin{aligned} y_2 - y_1 &= 16,18 & x_2 - x_1 &= 52,72 \\ y_3 - y_2 &= 1,88 & x_3 - x_2 &= 111,38 \\ y_4 - y_3 &= 26,52 & x_4 - x_3 &= 32,54 \end{aligned}$$

Rješenje:

Protusmjerno!⁶

$$P_l(2) y_1 = \text{„-“ } 44,32$$

$$R_l(2) 0,0$$

O(0) ostaje neopažen!

$$P_d(2) x_1 = \text{„+“ } 37,54$$

$$R_d(2) 0,0$$

Jedan pozitivan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) - y_1 = 44,32$$

$$R_d(2) - x_1 = \dots 999\,962,46$$

Stavimo:

Protusmjerno!⁶

$$P_l(2) y_2 = \text{„-“ } 28,14$$

Jedan pozitivan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) y_2 - y_1 = 16,18$$

$$P_d(2) x_2 = \text{„+“ } 90,26$$

$$R_d(2) x_2 - x_1 = 52,72$$

Brišemo R!

Jedan negativan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) - y_2 = 28,14$$

$$R_d(2) - x_2 = \dots 999\,909,74$$

Stavimo:

Protusmjerno!⁶

$$P_l(2) y_3 = \text{„-“ } 36,26$$

Jedan pozitivan okret! Dobivamo:

$$R_l(2) y_3 - y_2 = \dots 999991,81$$

$$P_d(2) x_3 = \text{„+“ } 201,64$$

$$R_d(2) x_3 - x_2 = 111,38$$

4. Množenja dvaju brojeva istim multiplikatorom.

Zadatak:

$$a \cdot c = x$$

$$b \cdot c = y$$

Pravilo:

	(c)
a	b
((x))	((y))

Faktor a stavimo u P_l , faktor b u P_d

Zatim zajednički faktor c okretanjem unosimo u O.

Produkt x dobivamo u R_l , a produkt y u R_d .

Ukopčavanje P_l određujemo prema predznacima faktora a i b u P_l i P_d . Ako su predznaci isti, onda P_l ukopčavamo istosmjerno, a u protivnom slučaju protusmjerno.⁶

Kada broj c (pozitivni i negativni) unosimo u O po apsolutnoj vrijednosti, onda ukopčavanje O određujemo prema predznacima faktora b u P_d i c u O. Ako su predznaci isti, onda O ukopčavamo pozitivno, a ako su suprotni, onda negativno.

Međutim možemo negativni broj c unesti u O izraženi i u dekadskoj dopuni. Tada ukopčavanje O određujemo prema predznaku broja b u P_d . Kada je b pozitivan, onda O ukopčavamo pozitivno, a kada je b negativan, onda ukopčavamo negativno.

Pozitivne produkte dobivamo u R izražene apsolutno, a negativne u dekadskoj dopuni.

Možemo računati samo i sa apsolutnim vrijednostima, smatrajući sve faktore pozitivnima, dok predznake rezultata određujemo naknadno prema pravima predznacima faktora.

Ako u slučaju računanja više produkata, lijevo brojilo okretnog dijela, poslije svake multiplikacije ne brišemo, onda ćemo u njemu, na kraju računanja dobiti sumu multiplikatora. Pri tome lijevo brojilo mora biti ukopčano pozitivno. Dakle kod stroja »Brunsviga« prema potrebi treba izvući gumb.⁽⁷⁾

1. Primjer:

$$x = (- 5,427) \cdot (- 26,52) = + 143,92$$

$$y = (+ 25,1) \cdot (- 26,52) = - 665,65$$

Rješenje:

Protusmjerno!⁶

Negativno!

P_l (3) »-« 5,427

O (2) 0,0 (»-« 26,52)

R_l (5) 0,0 ((x = 143,92404))

P_d (1) »+« 25,1

R_d (3) 0,0 ((y = ... 99334,348))

Međutim možemo unesti u O (2): cpl 26,52 = ... 9973,48. Tada treba O ukopčati pozitivno.

⁷ Dobro je predznake brojeva postavljenih u P_l i P_d označiti na poklopcima desnog i lijevog stroja komadićima kartona na kojima su napisani predznaci. Kod stroja »Brunsviga« Model 1951. godine postoje specijalne naprave za fiksiranje predznaka.

2. Primjer: Računanje koordinatnih razlika poligonskih točaka.

Zadano je:

$$V = 344^{\circ} 42' 00'' \quad \sin V = -0,28387; \quad \cos V = +0,96456; \quad d = 184,46$$

Traže se:

$$\Delta y = \sin V \cdot d = -0,26387 \cdot 184,46 = -48,67$$

$$\Delta x = \cos V \cdot d = +0,96456 \cdot 184,46 = +177,92$$

Rješenje:

Istosmjerno!

Pozitivno!

$$O(2) \quad 0,0 \quad (d = 184,46)$$

$$P_l(5) \quad \sin V = » + « 0,26387$$

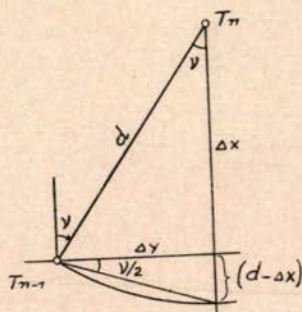
$$P_d(5) \quad \cos V = » + « 0,96456$$

$$R_l(7) \quad 0,0 \quad ((\Delta y = 48,673 \ 4602))$$

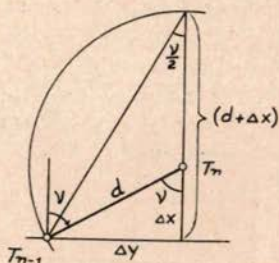
$$R_d(7) \quad 0,0 \quad ((\Delta x = 177,92 \ 27 \ 376))$$

Predznake koordinatnih razlika određujemo naknadno prema pravim predznacima sinusa i cosinusa.

Koordinatne razlike možemo kontrolirati po formulama:



Sl. 4



Sl. 5

$$(d - \Delta x) = \Delta y \cdot \operatorname{tg} \frac{v}{2} \quad (\text{Sl. 4}) \quad \text{ili} \quad (d + \Delta x) = \Delta y \cdot \operatorname{ctg} \frac{v}{2} \quad (\text{Sl. 5}).$$

Za kut $\frac{v}{2} (= 172^{\circ} 21' 00'')$ vadimo automatski iz lijevog $\frac{\operatorname{tg}}{\operatorname{ctg}}$ stupca tablica odgovarajuću vrijednost tg —sa ili ctg —sa ($= 0,13 \ 432$), koju zatim pomnožimo sa $\Delta y (= 48,67)$. Apsolutna vrijednost ovog umnoška mora biti jednaka razlici između dužine stranice $d (= 184,46$ i apsolutne vrijednosti $\Delta x (= 177,92)$, t. j.

$$48,67 \cdot 0,13 \ 432 = 6,54$$

$$184,46 - 177,92 = 6,54$$

3. Zrimjer: Računanje koordinata malih točaka.

Zadano je:

$$T_a : y_a = 83 \ 546,27 \quad x_a = 63 \ 758,38$$

$$T_b : y_b = 33 \ 754,59 \quad x_b = 63 \ 647,65$$

$$O = +0,88 \ 331 \quad a = -0,46 \ 951^s$$

$$da = 0,00; \quad d_1 = -27,36 \text{ (na produženju)}; \quad d_2 = 124,48 \dots db = 235,84$$

Traže se: Koordinate $y_1 x_1, y_2 x_2 \dots$ malih točaka $T_1 T_2 \dots$

$$y_n = y_{n-1} + O(d_n - d_{n-1})$$

$$x_n = x_{n-1} + a(d_n - d_{n-1})$$

Rješenje:

Protusmjerno!⁶

Negativno!

$$O(2) : 0,0$$

$$P_l(5) : O = „+“ 0,88 331$$

$$P_d(5) : a = „-“ 0,46 951$$

$$R_l(7) : y_a = 83 546,27$$

$$R_d(7) : x_a = 63 758,38$$

Proba: okretanjem unosimo u $O(2) : d_b = 235,84$. Moramo dobiti u $R_l(7) y_b = 83 754,59$ i u $R_d(7) x_d = 63 647,65$.

Ništa ne brišemo! Okretanjem pretvorimo 235,84 u $O(2)$, u cpl $d_1 = \text{cpl } 27,36 = \dots 999 972,64$. Dobivamo u $R_l(7)$, $y_1 = 83 522, 1026 384$ i u $R_d(7)$ $x_1 = 63 771,22 57936$.

Ništa ne brišemo! Pretvorimo dekadsku dopunu u $O(2)$ u $d_2 = 124,48$. Dobivamo u $R_l(7) y_2 = 83 656,2244 288$ i u $R_b(7) x_2 = 63 699,93 539$ i t. d.

4. Primjer: Računanje površine iz koordinata.

Zadano je:

$$T_1 \quad y_1 = + 15,46 \quad x_1 = 23,54$$

$$T_2 \quad y_2 = - 34,25 \quad x_2 = 48,92$$

$$T_3 \quad y_3 = - 8,64 \quad x_3 = 89,72$$

$$T_4 \quad y_4 = + 41,36 \quad x_4 = 63,28$$

Traže se:

Površina P četverokuta $T_1 - T_2 - T_3 - T_4 - T_1$

Rješenje:

$$\text{Lijevi stroj: } 2P = [(+x_{n-1}) \cdot y_n] + [(-y_{n-1}) x_n]$$

$$\text{Desni stroj: } 2P = [(-x_{n+1}) \cdot y_n] + [(+y_{n+1}) x_n]$$

U prvom dijelu računamo produkte svih ordinata sa »plus prethodnima« i »minus narednima« apscisama, a u drugom dijelu produkte svih apscisa sa »minus prethodnima« i »plus narednima« ordinatama.

Na kraju računanja mora se u lijevom i desnom rezultatu nalaziti ista dvostruka vrijednost tražene površine.

$P_l(2):$

$P_d(2):$

$O(2):$

$+ x_{n-1}$

$- x_{n+1}$

y_n

1. Protusmj.⁶ $x_4 = + 63,28$

$-x_2 = -48,92$

Negat. $y_1 = + 15,46$

2. „ $x_1 = + 23,54$

$-x_3 = -89,72$

Pozit. $y_2 = - 34,25$

3. „ $x_2 = + 48,92$

$-x_4 = -63,28$

Pozit. $y_3 = - 8,64$

4. „ $x_3 = + 89,72$

$-x_1 = -23,54$

Negat. $y_4 = + 41,36$

$- y_{n-1}$

$+ y_{n+1}$

y_n

5. Istosmj. $-y_4 = -41,36$

$y_2 = -34,25$

Negat. $x_1 = + 23,54$

6. „ $-y_1 = -15,46$

$y_3 = -8,64$

Negat. $x_2 = + 48,92$

7. „ $-y_2 = + 34,25$

$y_4 = + 41,36$

Pozit. $x_3 = + 89,72$

8. „ $-y_3 = + 8,64$

$y_1 = + 15,46$

Pozit. $x_4 = + 63,28$

$$\begin{array}{r}
 R_l(4): \qquad \qquad R_d(4): \\
 2P = 5349,9458 \quad 2P = 5349,9458 \\
 \text{Konačno: } P = 2675 \text{ m}^2
 \end{array}$$

5. Računanje produkata i njihove algebarske sume.

Zadatak:

$$\begin{array}{r}
 + (12,3 \cdot 5,67) = + 69,74 \\
 - (2,16 \cdot 4,3) = - 9,29 \\
 \hline
 + 60,45
 \end{array}$$

Rješenje:

Ukopčavamo: P_l istosmjerno i O pozitivno! Stavimo u P_l (2) i P_d (2): 12,30. Okretanjem unosimo u O (2): 5,67. Dobivamo u R_d (4) i R_l (4): prvi produkt 69,7410. Brišemo sve osim R_l !

Ukopčavamo: P_l protusmjerno⁸ i O pozitivno! Stavimo u P_d (2) i u P_l (2): 2,16. Okretanjem unosimo u O (2): 4,3. Dobivamo u R_d (4): drugi produkt 9,2880, a u R_l (4): algebarsku sumu produkata 60,4530 i t.d.

6. Računanje produkata triju faktora.

Zadatak:

$$a \cdot b \cdot c = x \quad (1)$$

Rješenje:⁹

Jednadžbu (1) možemo prikazati ovako:

$$bc + (a \cdot c - c) \cdot b = x \quad (2)$$

Ukopčavamo: P_l istosmjerno i O pozitivno!

Stavimo u P a i u P_d b.

Okretanjem unosimo u O : c

Dobivamo u R_l ac i u R_d bc.

Iskopčamo lijevi stroj, odnosno brišemo a u P_l .

Okretanjem pretvorimo c u O : u a · c. Pri tome broj decimala produkta a · c treba skratiti na broj decimala broja c u O .

Na taj način pomnožili smo b u P_d sa diferencijom (a · c - c) u O a istovremeno ovaj umnožak dodali produktu b · c u R_d .

Prema tome dobivamo u R_d : x.

Predznak rezultata x određujemo naknadno po predznacima faktora.

Međutim negativni rezultat x možemo dobiti u R_d sa ispravnim predznakom, t. j. izražen u dekadskoj dopuni, ako ukopčamo P_l protusmjerno i O negativno.

Primjer: Računanje stranice trokuta po cosinusovom poučku.

Zadano je: b = 34,32; c = 26,18; a = 54° 56',0; cos a = 0,5745

Traže se:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos a = 34,32^2 + 26,18^2 - 68,64 \cdot 26,18 \cdot 0,5745 = 830,88$$

Rješenje:

$$\text{Odredimo u } R_d (7): b^2 + c^2 = 1863,2548.$$

⁹ Ne uzimajući u obzir mogućnost računanja pomoću naprave za automatski prenos brojeva »nazad«.

Zatim računamo negativni produkt triju faktora, koji se automatski odbija od broja u R_d (7).

Protusmjerno⁶

Negativno!

		O(5)	0.0 (0,57 450)
$P_l(2)$	68,64	$P_d(2)$	26,18
$R_l(7)$	0,0 ((39,433 6800))	$R_d(7)$	1863,2548 ((1848,214 3900))

Iskopčamo lijevi stroj, odnosno brišemo P_l !

Okretanjem pretvorimo 0,57 450 u O (5) u 39,43 368.

Dobivamo u R_d (7) $a^2 = 830,881 05 76$.

7. Dvostruko množenje dvaju brojeva istim multiplikatorom.

Zadatak:

$$y = a \cdot c + b \cdot d$$

$$x = b \cdot c - a \cdot d$$

Pravilo:

Prvo množimo a u P_l i b u P_d sa c , a zatim nakon zamjere a i b i promjene predznaka kod a množimo b u P_l i $(-a)$ u P_d sa d .¹⁰ Drugi produkti se automatski pribrajaju prvima u R .

Međutim kod stroja »Thales« ponovno postavljanje brojeva u P nije potrebno, a također se promjena predznaka vrši automatski.

Nakon što smo izračunali prve produkte pomaknemo kolica posve »na desno«, tako da R_l dođe ispod P_d . Pomnožimo sada b u P_d sa d u O , pa ćemo dobiti u R_l : y .

Zatim pomaknemo kolica posve »na lijevo«, tako da R_d bude ispod P_l . Okretanjem vraćamo sada u O na nulu, t. j. pomnožimo a u P_l sa d u O , pri čemu produkt dobivamo sa obratnim predznakom.¹¹

Na taj način dobivamo u R_d x .

Primjer: Transformacija koordinata (opći slučaj).

Zadano je:

$$T_a : y'_a = -44,22 \quad x'_a = 37,54; \quad y_a = 43,76 \quad x_a = 15,34$$

$$T_1 : y'_1 = -28,14 \quad x'_1 = 90,26;$$

$$T_2 : y'_2 = -36,26 \quad x'_2 = 201,64;$$

$$T_b : y'_b = -9,74 \quad x'_b = 234,18; \quad y_b = 28,48 \quad x_b = 214,54$$

Traže se: Koordinate $y_1 x_1$ i $y_2 x_2$ točaka T_1 i T_2 .

1. Računanje faktora a i o .

$$\rho^2 = (y' - y'_a)^2 + (x'_b - x'_a)^2 = 34,58^2 + 196,64^2 = 39 863$$

$$a = \frac{(y'_b - y'_a)(y_b - y_a) + (x'_b - x'_a)(x_b - x_a)}{\rho^2} =$$

$$= \frac{+34,58 (-15,28) + 196,64 \cdot 199,20}{39863} = +0,96938$$

¹⁰ Kod stroja »Brunsviga« postoje posebne šablone pomoću kojih se mogu brzo zamjeniti a i b u P .

¹¹ Vidi Geodetski list, 1950. Br. 1-3. »Množenje broja koji se nalazi u O « str. 20.

$$o = \frac{(x'_b - x'_a)(y_b - y_a) - (y'_b - y'_a)(x_b - x_a)}{\rho^2} =$$

$$= \frac{196,64 (-15,28) - 34,58 \cdot 199,20}{39863} = -0,24 817$$

Kontrola; $o(x'_b - x'_a) + a(y'_b - y'_a) = y_b - y_a$

Rješenje:

a) Računamo prve produkte brojnika.

Istosmjerno!	Negativno!
$P_I(2)$ „+“ 34,58	$O(3)$ 0,0 („—“ 15,28)
$R_I(5)$ 0,0 ((... 9471,61 760))	$P_d(2)$ „+“ 196,64
	$P_d(5)$ 0,0 ((... 96 995,34 080))

Međutim negativni multiplikator možemo unesti u O izražen u dekadskoj dopuni, t. j. možemo unesti u O cpl 15,28 = ... 9984,72. U tom slučaju treba O, budući da je broj u P_d pozitivan, ukopčati pozitivno.

b) Računamo druge produkte brojnika, koji se automatski pribrajaju prvima.

Brišemo sve osim R_I i R_d

Protusmjerno! ⁶	Negativno!
$P_I(2)$ „+“ 196,64	$O(3)$ 0,0 (199,200)
$R_I(5)$... 947,61 ... ((38 642,30 560))	$P_d(2)$ „—“ 34,58
	$R_d(5)$... 96 995,34((... 90 107,00480))

Brišemo sve osim R_I i R_d

Strojem »Thales« druge produkte možemo računati ovako:

Brišemo samo O! Ukopčavanje P_I ostaje isto. O ukopčavamo pozitivno, jer u P_d imamo »+« 196,64, a u O dolazi »+« 199,200!

Kolica posve »na desno«! Okretanjem unosimo u O (3) : 199,200.

Kolica posve »na lijevo«! Okretanjem pretvorimo 199,200 u O (3) : u nulu.

Dobivamo u $R_I(5)$: 38 642,30 560 i u $R_d(5)$: ... 90 107,00 480.

Brišemo sve osim R_I i R_d

c) Računamo dijeljenjem a i o.

	Negativno!
$P_I(o)$ „+“ 39 863	$O(5)$ 0,0
$P_I(5)$ 38 642,30 560	$P_d(o)$ „+“ 39 863
	$R_d(5)$... 90 107,00 480

Okretanjem pretvaramo broj u $R_I(5)$: u nulu (... 9,91 066).

Dobivamo u O (5) : a = 0,96 938.

Ništa ne brišemo!

Okretanjem pretvaramo broj u $R_d(5)$: u nulu (... 9,80 551).

Dobivamo u O (5) : cpl $o = 999,75 183$, što znači da je on negativan.

Konačno $0 = -0,24 817$.

2. Računanje transformiranih koordinata y_1 x_1 i y_2 x_2 točaka T_1 i T_2 .

$$\begin{aligned} y_n &= y_{n-1} + o (x'_n - x'_{n-1}) + a (y'_n - y'_{n-1}) \\ x_n &= x_{n-1} + a (x'_n - x'_{n-1}) - o (y'_n - y'_{n-1}) \end{aligned} \quad (12)$$

(y')	x'	y	x	
(+ 0,96938) (+ 0,24817)	- 0,24817 + 0,96938			
- 44,32	37,54	43,76	15,34	Ta
16,18 - 28,14	52,72 90,26	46,36	70,46	T ₁
x1,88 - 36,26	111,38 201,64	10,85	176,42	T ₂
26,52 - 9,74	32,54 234,18	28,48	214,54	Tb
+ 34,38	+ 196,64	- 15,28	+ 199,20	

Rješenje:

a) Računamo koordinatne razlike $y'_n - y'_{n-1}$ i $x'_n - x'_{n-1}$. Negativne koordinatne razlike upisujemo izražene u dekadskoj dopuni. Računanje koordinatnih razlika strojem vidi isti zadatak na str. 40.

b) Gore u stupcu x' upisujemo »bez zgrade« faktore o i a , dok u stupcu (y') »u zagradi« faktore a i $-o$. Tako odmah vidimo, koji se faktori moraju nalaziti u P_l i P_d , kada se množe sa $x'_n - x'_{n-1}$, i koji se faktori moraju nalaziti u P_l i P_d kada se množe sa $y'_n - y'_{n-1}$.

c) Stavimo početne koordinate $y_a = 43,76$ u R_l (7) i $x_a = 15,34$ u R_d (7). U P stavimo faktore »bez zgrade«, t. j. u P_l (5): »- 0,24 817 i u P_d (5): »+ 0,96 938. Prema tome ukopčavanje P_l će biti protusmjerno⁶, a O pozitivno! Množimo sa prvom apscisnom razlikom 52,72 u O (2). Medurezultati, dobiveni u R_l (7) i R_d (7), ostaju neopažani. Brišemo P i O !

U P zamjenimo faktore »bez zgrade« faktorima »u zagradi«, dakle stavimo u P_l (5) »+ 0,96 938 i u P_d (5) »+ 0,24 817. Ukopčavanje P_l će biti istosmjerno, a O pozitivno! Množimo sa prvom ordinatnom razlikom 16,18 u O (2). Dobivamo u R_l (7) $y_1 = 46,36$ 10 460 i u R_d (7) $x_1 = 70,46$ 10 42 koje upisujemo u formular.

Da bi skratili broj ponovnih postavljanja u P iduće množenje vršimo također sa ordinatnom razlikom, t. j. sa ... 9991,88. Prema tome faktori u P ostaju isti. Nakon izvršenog množenja zamjenimo faktore u P i množimo sa drugom apscisnom razlikom 111,38. Tako ćemo dobiti u R_l (7) $y_2 = 10,84$ 85 058 i u R_d (7) $x_2 = 176,41$ 55 082.

¹² Po istim jednadžbama računaju se koordinate i u slučaju transformacije na stranicu (vidi kasnije), a možemo računati i koordinate točaka na okomicama. Samo u zadnjem slučaju treba za apscise x' uzeti dužine d mjerene po liniji do podnožnih točaka, a za ordinate y' dužine okomica dp uzetih sa pripadnim predznacima.

Zatim množimo kod nepromjenljivog položaja faktora u P opet sa apscisnom razlikom 32,54 i konačno, nakon zamjene faktora u P sa zadnjom ordinatnom razlikom 26,52. Za kontrolu moramo dobiti završne koordinate $y_b = 28,48\ 0116$ u $R_l(7)$ i $x_b = 214,54\ 060\ 18$ u $R_d(7)$.

Strojem »Thales« možemo računati vrlo jednostavno ovako:

Apsciske razlike $x'_n - x'_{n-1}$ ne računamo. Oně se dobivaju pretvaranjem prethodne apscise u narednu u desnom brojilu okretnog dijela. Ordinatne razlike $y'_n - x'_{n-1}$ kod množenja unosimo u lijevo brojilo okretnog dijela. Kada se računa na jednom brojilu drugo je iskopčano!

Protusmjerno!⁶

Positivno!

$$P_l(5) \quad o = \text{„-“ } 0,24\ 817$$

$$R_l(7) \quad y_a = 43,76$$

$$O_d(2) \quad x'_a = 37,54$$

$$P_d(5) \quad a = \text{„+“ } 0,96\ 938$$

$$R_d(7) \quad y_b = 15,34$$

Okretanjem pretvorimo x'_a u $O_d(2)$ u $x'_1 = 90,26$.

Ništa ne brišemo! Iskopčamo O_d , a ukopčamo O_l !

Kolica posve »na desno«. Okretanjem unosimo u $O_l(2)$ $y'_1 - y'_a = 16,18$.

Kolica posve »na lijevo«. Okretanjem pretvaramo 16,18 u $O_l(2)$ u nulu.

Dobivamo u $R_l(7)$ $y_1 = 46,36 \dots$ i u $R_d(7)$ $x_1 = 70,46 \dots$

Ništa ne brišemo! Iskopčamo O_l , a ukopčamo O_d ! Kolica u normalni »srednji« položaj. I t. d.

(Nastavit će se)