

Voldemārs Jungs, kultūrinženieris, L. Universitātes privātdocents.

# **Smaguma spēks Latvijas rietumu, ziemeļu un dienvidu apvidos.**

*Atsevišķs nospiedums no žurnāla  
"Mērniecības un Kulturtehnikas Vēstnesis".-  
1935. - Nr. 1.-3., 4.-6., 7.-9.;  
1936. - Nr. 1.-2., 3.-4., 5.-6., 7.-8.*

# Smaguma spēks Latvijas rietumu, ziemeļu un dienvidu apvidos.

Voldemārs Junga, kultūrinženieris, L. Universitātes j. asistents.

Runājot par smaguma spēka mērījumu — gravimetrijas lietderību jāpavisāro viņas izcilus nozīmi:

1) zemes dziļāko slāņu raksturošana un, dažkārt, arī neskārto dabas spēku un bagātību pētīšanā;

2) vietu svērtieniskās līnijas aplēsē un astronomiski ģeodaitisko tīklu izlīdzināšanā;

3) zemes patiesā veida pētīšanā un tai tuvākā metematiskā veida aplēsē.

Turpinot šos novērojumus un nokļaujot Latvijas valsts teritoriju ar pietiekoši biezu gravimetrisko punktu tīklu uzkrāsies patiešām vērtīgi materiāli praktiskām un zinātniskām ģeodaizijas un, bieži vien, arī ģeoloģijas un ģeofizikas vajadzībām.

Latvijas rietumu, ziemeļu un dienvidu apvidu smaguma spēku novērojumi kā arī citi gravimetriskie pētījumi sākti uz vec. doc. E. Laimiņa kunga ierosinājumu un notiek viņa vadībā.

Jo laipnu atbalstu šiem novērojumiem, bez Inženierzinātņu fakultātes un viņas Ģeodaizijas institūta, sniegusi Zemkopības ministrijas Mērnības daļa, un it sevišķi, Astronomiskā Observatorija ar tās direktoru vec. doc. Žaggera kungu.

Novērojumu materiāla izdevumu pamatā — Kultūras fonda 1933. un 1934. g. atvēlētie līdzekļi.

## Novērojumu vietas.

Rīga, Latvijas Universitātes Ģeodai-  
zijas institūts. Novērošanas vietas aug-

stums 8,4 m iegūts ar nivelēšanu līdz Rīgas pilsētas reperim Nr. 66., pārskaitlojojot Baltijas jūras līmenim tā augstuma atzīmi. Vietas ģeogrāfiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}57'$ ; un  $l = 24^{\circ}07'0$ , iegūtas astronomisko novērojumu ceļā.

Kabile, Kaķiles Mazarāju mājas, 180 m dienvidu virzienā no Kabiles trigonometriskā signāla. Novērošanas vietas augstums 97,0 m noteikts ar nivelēšanu līdz Kabiles baznīcai un Kabiles trigonometriskam signālam, kur zināmas augstuma atzīmes, repera vieta Kabiles baznīcā 97,7 m. Ģeogrāfiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}57',1$  un  $l = 22^{\circ}22',1$ , iegūtas no Armijas štaba Ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{75000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Embūte, Embūtes pagasta pamatskola, 2,5 km ziemeļu austrumu virzienā no Arāja trigonometriskā signāla. Novērošanas vietas augstums 127,1 m noteikts ar nivelēšanu līdz dažus kilometrus tāliem Ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{75000}$  mēroga topogrāfiskās kartes ģeometriskiem punktiem  $\odot 61,8 = 131,9$  m un  $\odot 74,4 = 158,8$  m. Ģeogrāfiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}30',2$  un  $l = 21^{\circ}49',4$  arī ņemtas no topogrāfiskās kartes.

Ēdole, Ēdoles Orbeju mājas, 550 m rietumu virzienā no Ēdoles trigonometriskā signāla. Novērošanas vietas augstums 73,2 m noteikts ar nivelēšanu līdz dažus km tāliem Ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{75000}$

mēroga topografiskās kartes ģeometriskiem punktiem,  $\odot 40,9 = 87,3$  m un  $\odot 28,1 = 60,0$  m. No tās pašas kartes ņemtas arī ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}02',3$  un  $l = 21^{\circ}42',3$ .

Miķeļtornis, Pizas pamatskola, 100 m dienvidu rietumu virzienā no Miķeļbākas. Novērošanas vietas augstums 4,4 m iegūts ar nivelējumu līdz tanī pat skolā iemūrētai Zemkopības ministrijas Mērniecības daļas smalknivelešanas markai Nr. 0231 = 4,38 m un, 21.6.33. pl. 11-00, līdz jūras līmenim. Ģeografiskās koordinātas  $\varphi = 57^{\circ}35',9$  un  $l = 21^{\circ}58',6$

ņemtas no  $\frac{1}{75000}$  mēroga topografiskās kartes.

Kolka, Kolkas pamatskola, 270 m austrumu virzienā no Kolkasraga trigonometriskā signāla. Novērošanas vietas augstums 5,0 m noteikts ar nivelējumu līdz tanī pat skolā iemūrētai Mērniecības daļas smalknivelešanas markai Nr. 0287 = 4,5 m un 4.7.33. pl. 15.30 līdz jūras līmenim. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}45',1$  un  $l = 22^{\circ}35',6$ , ņemtas no  $\frac{1}{75000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Mērsrags, Mērsraga pamatskola, 1,3 km dienvidu virzienā no Mērsraga trigonometriskā signāla. Novērošanas vietas augstums 7,0 m noteikts 4.7.33. pl. 17 ar pienivelējumu jūras līmenim un kontrolēts ar, pēc novērojumiem, tanī pat skolā iemūrēto Mērniecības daļas smalkniveleējuma marku Nr. 0405 = 6,02 m. Ģeogrāfiskās koordinātas  $\varphi = 57^{\circ}20',7$  un  $l = 23^{\circ}07',0$  iegūtas mērījumu un aplēses ceļā, ņemot par izejas punktu Mērsraga trigonometrisko signālu. Kontrolējot šīs koordinātas ar vēlāk sastādītiem Jūrniecības departamenta Kurzemes piekrastes fotoplāniem, atrasti pilnīgi saskaņoši rezultāti.

Dunte, Erlausku māju rija. Novērošanas vietas augstums 6,80 m noteikts 23.7.33. pl. 18.00 pienivelējot jūras līmenim. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}22',7$  un  $l = 24^{\circ}24',2$ , ņemtas no Ar-



1. zīm. Dutes Erlausku māju rija.

mijas štāba Ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{75000}$  mēroga topografiskās kartes.

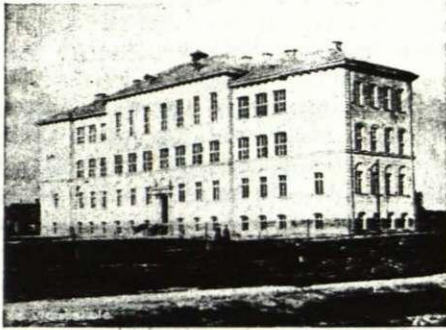
Ainaži, Ainažu pilsētas Macitajmuiža. Novērošanas vietas augstums 8,7 m noteikts 29.7.33. pl. 16.00 pienivelējot jūras līmenim. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}51',7$  un  $l = 24^{\circ}21',5$  ņemtas no  $\frac{1}{75000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Valmiera, Valmieras valsts ģimnāzijā, Seminārā. Novērošanas vietas augstums 47,1 m noteikts ar nivelējumu līdz Jūrniecības departamenta nivelešanas markai Valmieras baznīcā (atzīme 47,53) un līdz Valmieras pilsētas markai, Rīgas ielā 58. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}31',9$  un  $l = 25^{\circ}24',5$  ņemtas no  $\frac{1}{75,000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Valka, Valkas valsts ģimnāzija, Raiņa ielā 28-a. Novērošanas vietas augstums 51,8 m noteikts ar nivelējumu līdz Galv. štāba 1910. g. nivelešanas markai, Valkas stacijā, tās augstuma atzīme 56,918 m ņemta no Ģeodaizijas daļas datiem. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}46',4$  un  $l = 26^{\circ}00',9$ , iegūtas no

$\frac{1}{75000}$  mērogā topografiskās kartes.

Alūksne, Saviesīgās biedrības telpas, Prezidenta Čakstes ielā Nr. 7. Novērošanas vietas augstums 190,1 m no-



2. zīm. Valkas valsts ģimnāzija.

teikts ar niveļumu līdz Armijas štāba markai Alūksnes stacijā (atzīme 203,5 m) un Alūksnes ezera ūdens līmenim (atzīme 183,7 m). Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 57^{\circ}25',7$  un  $l = 27^{\circ}02',9$ , ņem-

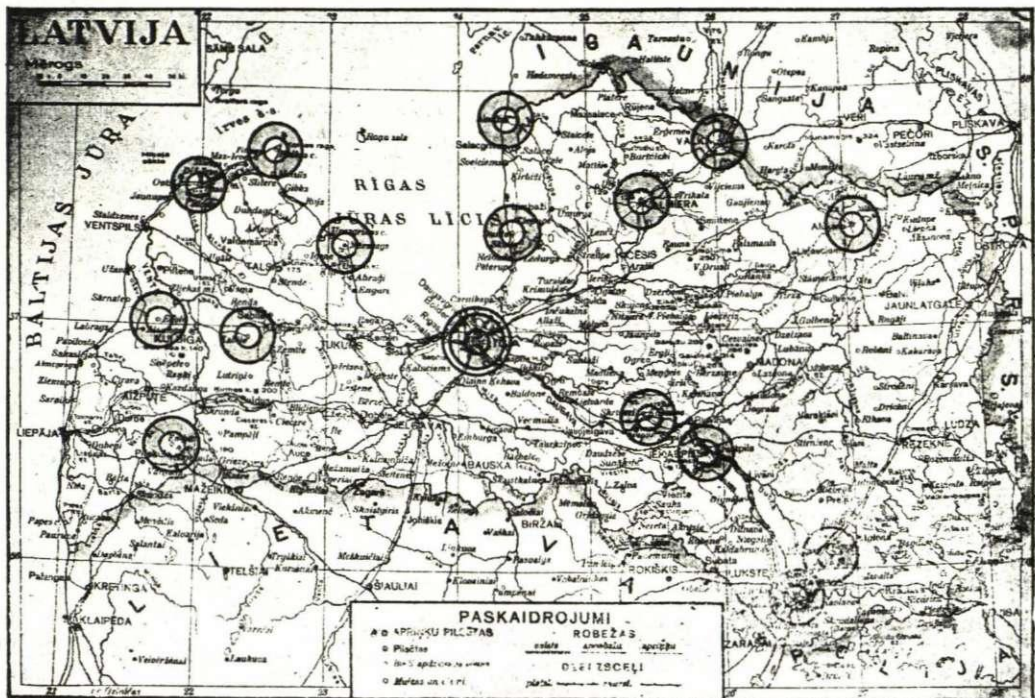
tas no Armijas štāba ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{50000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Koknese, Kokneses Krievkalna pamatskola, 0,8 km ziemeļu virzienā no Kokneses trigonometriskā signāla.

Novērošanas vietas augstums 68,5 m noteikts ar niveļumu līdz Mērniecības daļas Nr. 0281 smalkniveļēšanas markai Kokneses stacijā, tās augstuma atzīme 87,96 m. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}38',3$  un  $l = 25^{\circ}25',7$ , ņemtas no  $\frac{1}{75000}$  mēroga topogrāfiskās kartes.

Višķi, Višķu valsts Dārzkopības un mājturības skola, 2,0 km ziemeļu virzienā no Višķu trigonometriskā signāla.

Novērošanas vietas augstums 119,4 m noteikts pienivēļojot Višķu ezera ūdens līmenim, tā augstuma atzīme 101,8 m



3. zīm. Novērojumu vietas apzīmētas ar riņķiem.

ņemta no Ģeodaizijas daļas  $\frac{1}{75000}$  mēroga topografiskās kartes. No tās pat kartes iegūtas arī ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}03',9$  un  $l = 26^{\circ}45',8$ .

Daugavpils, Daugavpils valsts Skolotāju institūts, Saules ielā 1/3. Novērošanas vietas augstums 95,0 m noteikts ar nīvelējumu līdz Jūrniecības departamenta augstumu markai Domes ielā Nr. 1. = 95,51 m un līdz Daugavpils hidrometriskā posteņa 12. pālim, ar augstuma atzīmi 95,7 m. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 55^{\circ}52',2$  un  $l = 26^{\circ}30',7$ , ņemtas no  $\frac{1}{75000}$  mēroga topografiskās kartes.

#### **Novērojumu vietu teorētiskais smaguma spēks.**

Novērošanas vietu normālā smaguma spēka aplēsei beidzamos gadu desmitos radušās vairākas formulas. Visas vijas

Jēkabpils, Jēkabpils valsts ģimnāzija, Krasta ielā 99, 200 m dienvidrietumdienvīdu (DRD) virzienā no Struves astronomiskā punkta.

Novērošanas vietas augstums 83,2 m noteikts ar nīvelējumu līdz Mērniecības daļas Nr. 0105 smalknīvelēšanas markai, Pasta ielā Nr. 1, ar augstuma atzīmi 84,36 m. Ģeografiskās koordinātas,  $\varphi = 56^{\circ}30',0$  un  $l = 25^{\circ}51',3$ , iegūtas izejot no Struves astronomisko novērojumu ceļā noteiktām Jēkabpils trigonometriskā signāla ģeografiskām koordinātām.

pilnīgi, vai arī pa daļai, pamatotas uz dažādās vietās izdarītiem smaguma spēka novērojumiem.

Kā pirmo precīzāko šā veida formulu sastādījis Helmerts 1901. g. Te

vajadzīgās vietas ģeografiskam platumam atbilst normālais smaguma spēks

$$\gamma = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi).$$

Formula atrisināta pēc mazāko kvadrātu paņēmiena izmantojot 1603 novērojumu vietu rezultātus un ieguvusi, līdz pat pēdējiem gadiem normālā smaguma spēka aplēsē plašu pielietojumu. Tai atbilstošais zemes lodes saspiedums:

$$a = \frac{1}{298,2}$$

Līdzīga veida formulu no 348 novērojumu punktiem, ievērojot izostasijas redukciju, atrisinājis 1917. g. Bowie

$$\gamma = 978,039 (1 + 0,005294 \sin^2 \varphi - \pm 4 \quad \pm 12 - 0,000007 \sin^2 2\varphi).$$

Šīs formulas aplēsei no minētiem 348 punktiem, 216 ņemti Ziemeļu Amerikas Savienotās Valstīs, 42 — Kanādā, 73 — Indijā un 17 Eiropā. Atbilstošais zemes lodes saspiedums

$$a = \frac{1}{297,4}$$

1915. g. Helmert's apstrādājis 2736 novērojumu vietu rezultātus un nācis pie slēdziena, ka saspiedums dažādos meridiānos ir dažāds un tuvākais zemes figūrai atbilstošais veids ir trīsas elipsoīds.

Pamatojoties uz šo novērojumu rezultātiem aplēsis sekojošu normālā smaguma spēka formulu:

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,05285 \sin^2 \varphi - \pm 4 \quad \pm 7 - 0,000007 \sin^2 2\varphi + 0,000018 \cos^2 \varphi + 4 \cdot \cos 2 (1 + 17^\circ)].$$

$$\pm 6^\circ$$

Formulai atbilstošais zemes saspiedums:

$$\alpha_1 = \frac{1}{295,1}; \quad \alpha_2 = \frac{1}{298,3} \quad \text{un vidējais}$$

$$a = \frac{1}{296,7}$$

Ekvatora lielās un mazās ass difference:

$$a_1 - a_2 = 230 \text{ m} \pm 51 \text{ m};$$

1916. g. Berroth's apstrādājis 410 zemo un lidozenu novērojumu vietu rezultātus, ieguvis smaguma spēka izteiksmei formulu

$$\gamma = 978,046 [1 + 0,005296 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 \varphi + 0,000012 \cos^2 \varphi \cdot \cos 2 (1 + 10^\circ)].$$

Saspiedieni,

$$\alpha = \frac{1}{296,7}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{298,9}, \quad \alpha = \frac{1}{297,8}.$$

Ekvatora pusašu difference,  $a_1 - a_2 = 150 \text{ m} \pm 58 \text{ m}$ .

1924. g. Heiskanen's pielietojot izostasijas redukciju 656 Eiropā, Afrikā, Amerikā un Azijā novērotās vietās dabūjis normālam smaguma spēkam formulu

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \sin^2 \varphi - \pm 3 \quad \pm 6 - 0,000007 \sin^2 2\varphi + 0,000027 \cos^2 \varphi \cdot \cos 2 (1 - 18^\circ)].$$

$$\pm 3$$

Atbilstošais saspiedums

$$\alpha_1 = \frac{1}{294,3}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{299,0}, \quad \alpha = \frac{1}{296,7}$$

Pusašu difference  $a_1 - a_2 = 345 \text{ m} \pm 38 \text{ m}$ .

1928. g. Heiskanens pārstrādājis savu formulu, pievienojot jaunus novērojumu vietu materiālus no Spānijas, Norvēģijas un Klusā okeāna salām un arī 137 Veniģ Meinesz'a uz jūras izdarītos novērojumus.

Iegūta izteiksme,

$$\gamma = 978,049 [1 + 0,005293 \sin^2 \varphi - \pm 3 \quad \pm 3 - 0,000007 \sin^2 \varphi + 0,000019 \cos^2 \varphi \cdot \cos 2 (1 - 0^\circ)].$$

$$\pm 3$$

$$\pm 5$$

Saspiedums,

$$\alpha_1 = \frac{1}{295,7}, \quad \alpha_2 = \frac{1}{299,0}, \quad \alpha = \frac{1}{297,3}$$

Ekvatora pusašu difference  $a_1 - a_2 = 242 \pm 33 \text{ m}$ .

Bez tam vēl interesantas ir 2 Heiskanena formulas.

Viena no viņām:

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005289 \sin^2 \varphi - \frac{\pm 4}{0,000007 \sin^2 2\varphi} + 0,000023 \pm 6 \cos^2 \varphi \cdot \cos 2 (1 + 5^0)] \pm 2$$

Atrisināta izmantojot tikai Vening Meinesz'a uz jūras izdarītos novērojumus.

Otra:

$$\gamma = 978,050 [1 + 0,005289 \sin^2 \varphi - \frac{\pm 2}{0,000007 \sin^2 2\varphi} + 0,000018 \pm 3]$$

- Bertho't'a 1917. g. . . . .  
 Heiskanen'a 1924. g. . . . .  
 „ 1928. g. . . . .  
 Heiskanen'a tikai uz jūras novērojumiem  
 dibinātai formulai  
 Heiskanen'a, tikai uz ekvatoriālo apvidu  
 novēr. dibinātai formulai

Cik no formulām un viņām izlietota materiāla secināms, ekvatora lielā ass pārceļo atkarībā no tā materiāla, no kuŗa apvida ņemti novērojumi. Par kautkādu stingri noteiktu lielās ass atrašanās vietu tā tad grūti runāt un rādās, ka uz dažādām paralēlēm viņa būs dažādās vietas un ekvatora lielās ass atrašanās ap-Grinvičas meridiānu var būt arī tikai gadījuma raksturs un nevis stingra zemes veidam pielīdzināmā trīsasu līdzsvara elipsoīda sekas; vismaz pilnīgi droša šī pielīdzināšana pagaidām vēl nevar būt.

Mazliet īpatnējāku gaitu normālā smaguma spēka formulas atrisināšanā gājis G. Cassinis.

Viņa formulā,

$$\gamma = 978,049 (1 + 0,005288 \sin^2 \varphi - 0,000006 \sin^2 2\varphi),$$

tikai pirmais konstantais koeficients 978,049 iegūts no smaguma spēku novērojumiem, pārējie aplēsti ņemot par pamatu starptautiskā (Hayford'a) zemes sfēroīda elementus:

$$a = 6378\ 388 \text{ m}$$

$$\alpha = 1 : 297,0$$

$$\cdot \cos^2 \varphi \cdot \cos 2 (1 + 3^0)] \pm 6$$

lai palielinātu ekvatora lielās ass noteikšanas noteiktību, atrisināta tikai no ekvatoriālo apvidu novērojumu vietām.

Runājot par ekvatoru kā elipsi un salīdzinot dažādās formulas redzams, ka atsevišķu formulu noteiktība ir diezgan augsta, bet vienas formulas atšķirība no otras arī nav nekāda mazā. Tā Helmer't'a 1915. g. formulai lielās ass ģeogr. garums ir

- 17° uz rietumiem no Grinvičas  
 10° „ „ „ „  
 18° uz austrumiem „ „  
 taisni uz Grinvičas meridiāna  
 5° uz rietumiem no Grinvičas  
 3° „ „ „ „

1930. g. Ģeodaitiskā kongresā Stokholmā Cassinis formula pieņemta par starptautisko formulu normālo zemes smaguma spēku aplēsei. Attiecināta šī formula noteiktai sfēroīda virsai, ārpus tās iespaidojošos masas nevarētu būt.

Lai gan Hayford'a sfēroīds kā jaunākais un uz precizākiem mērījumiem dibinātais arī pagaidām jāuzskata par īstenībai tuvāko, tomēr daudzas valstis līdz šim vēl lietā arī vecākus zemes sfēroīda elementus. Hayford'a sfēroīda elementi pieņemti par starptautiskiem 1924. g. starptautiskā kongresā Madridē ar 19 pret 17 balsīm, dažām valstīm, kā Vācijai un S. P. R. S. kongresā klātneesot.

Vācija un S. P. R. S. līdz šim vēl arvienu lieto Bessel'a sfēroīda elementus. Arī Latvija visu laiku lietojusi un lieto Beseļa elementus.

$$\lg a = 6,8046434,637, (a = 6377397,15)$$

$$\lg b = 6,8031892,839 (b = 6356078,96)$$

Pārrēķinot Cassinis formulu Bessel'a sfēroīda elementiem tā iegūst sekojošo veidu:

$$\frac{[1 + 0,003713_2 - 0,000005_8 + 0,0000007] \pm 49 \quad \pm 11}{Z_2}$$

Funkcijas  $Z_2$  kopējā vidējā kļūda:

$$M_2 = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{0,000004^2_9 + 0,000001^2_1}$$

$$\begin{aligned} X_1^2 &= 978\,052^2 = 956\,585,714\,704 \\ m_1^2 &= 4^2 = 16 \\ X_2^2 &= 1,003\,708_1^2 = 1,007\,430 \\ m_2^2 &= 5^2_0 = 0,000\,000\,000\,025 \end{aligned}$$

Analogi aplēsti normālie smaguma spēki arī pēc citām formulām. Novērojumu materiālam vislabāk pieskaņotas trīsaslu elipsoida formulas, bet arī viņu noteiktība, ap  $\pm 5$  miligali ir mazāka kā novērojumos iegūtiem rezultātiem.

$$= \sqrt{0,00000\,00000\,2521} = +0,000005_0$$

$$\gamma = 978,052 \cdot 1,003708_1$$

$$\pm 4 \quad \pm 50$$

Apreķinātās vietas zemes smaguma spēka paātrinājuma vidējā kļūda:

$$M = \sqrt{X_1^2 m_2^2 + X_2^2 m_1^2}$$

$$\begin{aligned} X_1^2 m_2^2 &= 0,0000\,2391\,46 \\ X_2^2 m_1^2 &= 0,0000\,1611\,89 \\ \hline X_1^2 m_2^2 + X_2^2 m_1^2 &= 0,0000\,4003\,35 \end{aligned}$$

$$M = \sqrt{0,0000\,400335} = \pm 0,0063$$

$$\gamma = 981,678_7 \pm 0,0063 = \mathbf{981,679 \pm 0,006 \text{ gali.}}$$

Normālie smaguma spēki Rīgai pēc vairāku autoru formulām:

Helmert'a 1901. g. formulai	$\gamma = 981,668 \pm 0,009$ gali
Uovie 1917. g.	$\gamma = 981,671 \pm 0,009$ „
Cassinis 1930. g.	$\gamma = 981,694$ „
Helmert'a 1915. g.	$\gamma = 981,679 \pm 0,006$ „
Berroth'a 1916. g.	$\gamma = 981,681$ „
Heiskanen'a 1924. g.	$\gamma = 981,686 \pm 0,005$ „
Heiskanen'a 1928. g.	$\gamma = 981,684$ „
Heiskanen'a tikai uz jūras novēr. dabūtai formulai	$\gamma = 981,684 \pm 0,004$ „

Absolūtā smaguma spēka noteikšana saistīta ar ļoti lielām grūtībām un arī nedod vajadzīgo precizitāti, kamdēļ to pielieto ļoti reti, un tad arī tikai sevišķos izņēmuma gadījumos, kā piemēram: galvenā izejas punkta smaguma spēka noteikšanai. Relatīvā smaguma spēka novērojumos svārstu gaŗumi, kā ieejoši attiecībā atkrit, kāpēc arī iegūstama daudz lielāka noteiktība.

Parasti novērojumiem lieto Austrijas zinātnieka Sternēk'a aparātu vai arī kādu no šī aparāta pārveidojumiem, kas bei-

dzamā laikā sastopami diezgan lielā skaitā.

Latvijas apvidu smaguma spēku novērojumu veikšanai lietāts Latvijas Universitātes Ģeodēzijas institūta Sterneck'a aparāts. Izgatavojusi to 1924. g. Vīnes „Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.“

Aparāta negatīvā puse ir viņa vaļējā tipa statīvs, caur ko svārsti padoti svārstīgām temperatūras un gaisa spiediena maiņām, kas stiprā mērā atsaucās uz novērojumu precizitāti.

Aparāta pozitīvā puse, viņa nostiprinājuma veids, ar skrūvēm pie mūra sie-

$$\gamma = 978,049 (1 + 0,005311 \sin^2 \varphi - 0,000006 \sin^2 2\varphi).$$

Šī izteiksme tad arī lietota Latvijas

rietumu, ziemeļu un dienvidu apvidu novērojumu vietu normālo smaguma spēku aplēsei

Novērojumu vietas	Novērojumu vietu ģeogr. koord.		Novērojumu vietu normālie smag. spēki $\gamma$	Novērojumu vietas	Novērojumu vietu ģeogr. koord.		Novērojumu vietu normālie smag. spēki $\gamma$
	$\varphi$	l			$\varphi$	l	
Rīga	56°57',1	24° 7',0	981,694	Ainaži	57°51',7	24°21',5	981,769
Kabile	56°57',1	22°22',1	,695	Valmiera	57°31',9	25°24',5	,742
Embūte	56°30',2	21°49',4	,656	Valka	57°46',4	26°00',9	,761
Ēdole	57°02',3	21°42',3	,701	Alūksne	57°25',7	27° 2',9	,733
Mīkeltornis	57°35',9	21°58',6	,747	Koknese	56°38',3	25°25',7	,668
Kolka	57°45',1	22°35',6	,760	Višķi	56°03',9	26°45',8	,620
Mērsrags	57°20',7	23°07',9	,726	Daugavpils	55°52',2	26°30',7	,603
Dunte	57°22',7	24°24',2	,729	Jēkabpils	56°30',0	25°51',3	,656

Lai raksturotu normālo smaguma spēku maiņu lietojot vienu vai otru formulu un lai būtu pārskats par atsevišķo formulu noteiktību, novērojumu pamatpunktam, Rīgai aprēķināts smaguma spēks ar visām kļūdām pēc vairākām formulām.

Helmert'a formulai, pie  $\varphi = 56^{\circ}57',1$  un  $l = 24^{\circ}7',0$

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi + 0,000018 \cos^2 \varphi \pm 4]$$

$$\cos 2 (1 + 17^{\circ}) \pm 6$$

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \cdot 0,70260 - 0,000005_8 + 0,000018 \cdot 0,297 \pm 4]$$

$$\cdot \cos 82^{\circ}14' \pm 12^{\circ}$$

$$X_1^2 = 0,000018_2 = 0,000000000324$$

$$m_1^2 = 4_2 = 16$$

$$X_2^2 = 0,135^2 = 0,018225$$

$$m_2^2 = 0,203^2 = 0,041209$$

$$M_1 = \sqrt{0,000000000013543316} = \pm 0,0000037$$

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \cdot 0,702660 - \pm 4 \pm 7]$$

Funkcijas  $Z_1$  neieskaitot brīvo locekli, differences

$$\cos 70^{\circ}14' = 0,338$$

$$\cos 82^{\circ}14' = 0,135 \quad 0,203$$

$$\cos 94^{\circ}14' = 0,074 \quad 0,061$$

Kļūdas noteikšanai ņemot maksimālo cos diferenci 0,203

$$\cos 82^{\circ}14' = 0,135$$

$$\pm 12^{\circ} \quad \pm 0,203$$

$$\gamma = 978,052 [1 + 0,005285 \cdot 0,70260 - \pm 4 \pm 7]$$

$$- 0,000005_8 + \frac{Z_1}{\pm 4 \pm 0,203} \cdot 0,297 \cdot 0,135$$

vidējā kvadrātiskā kļūda  $M_1$  pēc kļūdu pieaugšanas likuma:

$$M_1 = \sqrt{\left(\frac{dZ_1}{dX_1}\right)^2 m_1^2 + \left(\frac{dZ_1}{dX_2}\right)^2 m_2^2} = \sqrt{X_2^2 m_1^2 + X_1^2 m_2^2}$$

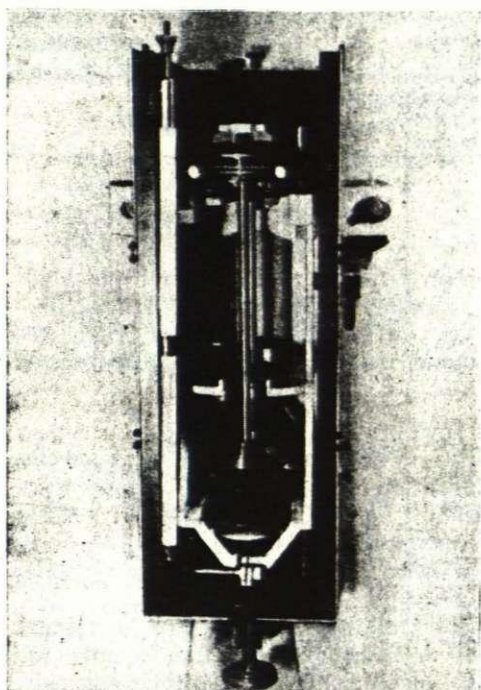
$$X_1^2 m_1^2 = 0,000000000013351716$$

$$X_2^2 m_2^2 = 0,00000000000291600$$

$$X_1^2 m_1^2 + X_2^2 m_2^2 = 0,000000000013643316$$

$$- 0,000005_8 + 0,297 \cdot 0,0000024 \pm 37$$

$$\gamma = 978,052 \pm 4$$



4. zīm. L. O. Ģeodēzijas institūta Sterneck'a aparāts.

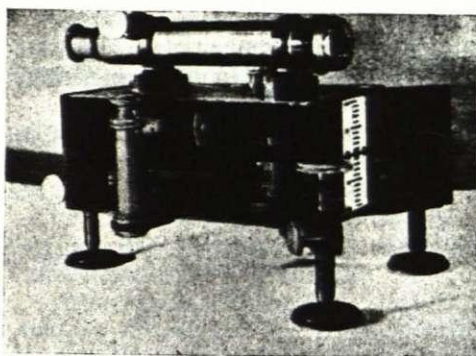
nas ar ko aparāts mazāk padots līdzsvārstības iespaidam, kā arī novērojumu vietās nav speciāli jāizbūvē novērojumu pilāri.

Aparāta svārstu kompleksā ietilpst 4 normālsvārsti un 1 dubultmasu svārsts.

Svārstību laiku novērojumos lietotajam tikai normālsvārsti, dubultsvārsts derīgs vienīgi statīva līdzsvārstību iespaida pētījumiem.

Ģeodēzijas institūtam izgatavotie Sterneck'a svārsti konstruēti tā, lai viņu svārstību laiki,  $S = \approx 0^s, 508 \dots$ , būtu nedaudz garāki par  $\frac{1}{2}$  sekundi un lai tuvu katrām 30 sekundēm būtu viena chronometra sītienu un svārsta vertikāla stāvokļa sakrišana.

Uz šīs sakrišanas — koincidence — principa tad arī dibinājas svārstu svārstības laika noteikšana. Koincidence laika atzīmēšanai tiek lietots tā sauktais koincidenceaparāts, kurā galvenās sa-



5. zīm. L. O. Ģeodēzijas institūta koincidenceaparāts.

stāvdaļas: tālskatis, elektromagnēts, apgaismošanas ierīce un skalīņa.

Pieslēdzot koincidenceaparātu ar chronometru elektroelementam tā, lai tie rādītu noslēgtu ķēdi, chronometra katras sekundes sītienu laikā elektromagnēts caur elementa elektriskās plūsmas iespaidu pievelkas, savā kustības laikā atbrīvojot plaisu skalīņas vidū, caur kuŗu no apgaismošanas ierīces izspraucas gaismas stari un krit uz pretīm nostādītā novērojamā svārsta spogulīti, no kurienes tie tiek atspulgāti aparāta tālskatī.

Koincidenceaparāts regulējams, lai gaismas švītrīņas būtu asas un nostādāms tā, lai no svārsta vertikāla stāvokļa atspulgotie stari kristu uz tālaskaša diedziņu.

Tā kā svārsti konstruēti ar tādu aprēķinu, lai viņu svārstības laiks  $S$  būtu garāks par pussekundi, tad  $c$  sekundēs, svārsts ir izdarījis  $2c - 1$  svārstību skaitu, izmantojot  $(2c - 1) \cdot S$  sekundes laika.

Izteicot to nolīdzinājuma veidā,

$$c = (2c - 1) \cdot S,$$

svārstu svārstības laiks

$$S = \frac{c}{2c - 1} = \frac{1}{2} + \frac{2}{4c - 2}$$

kur  $c$  — laika sprīdis starp divām sekojošām koincidencecēm, vai kā to visbiežāk saka — vienas koincidence laiks.

Katru koincidence var atzīmēt ar dažu sekundu desmitdaļu noteiktību. Lai ma-

zinātu noteikšanas kļūdu nolasa vairākas, parasti 10, koincidence un ņem lielāka skaita koincidenceņu laiku.

Savos novērojumos parasti pieturējos pie 200 koincidenceņu ilga laika, nolasot sākumā 11 koincidence un ar no 11. un 1. koincidence atrodamo 10 koincidenceņu laiku tuvini aplēšot 200, vai gadījumā arī cita skaita koincidenceņu laiku, pēc tā atkal nolasot 10 koincidence.

Ņemot vērā no beigu un sākuma koincidenceņu diferencēm jau jo precīzi atrodams formulai vajadzīgais 4 koincidenceņu laiks un tām atbilstošais svārstu svārstību laiks.

Dažādos apstākļos novēroto svārstību laiku salīdzināšanai tie reducējami vienādiem apstākļiem. Par tādiem normālāpstākļiem parasti tiek pieņemti:

- 1) Temperatūras iespaidam — 0°C;
- 2) gaisa pretestības iespaidam — bezgaisa telpa;
- 3) amplitūdu iespaidam — bezgalīgi mazās amplitūdas;
- 4) statīva līdzsvārstības iespaidam — statīva miera stāvoklis;
- 5) chronometra gājiena iespaidam — chronometra normālgājiens.

Tomēr lai mazinātu temperatūras un barometrisku konstantu kvadrātisko un kvadrātsaknes locekļu nenoteikšanas kļūdu iespaidu, temperatūras iespaidam kā normālāpstākļi nav vis pieņemti C. 0°, bet gan visiem novērojumiem atbilstošā vidējā temperatūra, C. 18°, tāpat gaisa pretestību korekcijas nav vis attiecinātas bezgaisa telpai, bet gan novērojumu apstākļiem tuvam normālam sausa gaisa spiedienam.

### Temperatūras korekcijas.

Līdz ar temperatūras pieaugšanu, materiāla izplešanās dēļ, pieaug svārstu garums un līdz ar to pagarinās svārstību laiks.

Par svārstu temperatūras konstantu pieņem koeficientu, kas rāda par cik mainās svārstības laiks svārstu temperatūrai pieaugot par C 1°.

L.Ū. Ģeodēzijas institūta Sterneck'a aparāta svārstiem termiskās konstantas

noteikusi pēc svārstu izgatavošanas. 1924. g. Vines „Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen“.

Tā temperatūras konstantes:

1. svārstam  $k_t = 54,91 \pm 0,34$
2. „  $k_t = 57,42 \pm 0,41$
3. „  $k_t = 57,85 \pm 0,27$
4. „  $k_t = 57,61 \pm 0,40$

Novērojumu salīdzināšanai pieņemot C. 18° svārstu temperatūras korekcija

$\Delta S_t = k_t (18^\circ - t^\circ)$ , kur  $t$  — novērojamā svārstu vidējā temperatūra =  $\frac{t_1 + t_2}{2}$ ,

$t_1$  — svārstu temperatūra svārstību sākumā un  $t_2$  — svārstu temperatūra svārstību beigās. Ja novērojamā svārstu vid. temperatūra  $t$  mazāka par 18°, svārstību laiku korekcija  $\Delta S_t$  ar + zīmi, ja lielāka par 18° — ar — zīmi.

Novērojumu temperatūru mērīšanai lietoti „Thüringisches Landesamt für Mass und Gewicht“ izgatavoti un pārbaudīti Celsija 0°, 1 iedaļu termometri Nr. 82478 un Nr. 82479.

Svārstību laiku novērojumos parasti lielākās kļūdas ceļas no temperatūras iespaida, kāpēc arī novērojumi jāizdara pie iespējami vienādākām temperatūrām un straujās temperatūras maiņas nav nemaz pieļaujamas.

Lai pārlicinātos par pie svārstu izgatavošanas noteikto temperatūras konstantu pareizību 1933 34. g. ziemas mēnešos izdarīti svārstu temperatūras konstantu pārbaudes mēģinājumi. Šos mēģinājumus iegūti rezultāti, kas ievērojami atšķiras no līdzdotām svārstu konstantām. Kaut arī šie mēģinājumi attiecinās iekārtas (laboratorijas) trūkuma dēļ jāuzskata par primitīviem, tomēr nav izslēgta varbūtība, ka līdzšinējās konstantas ne visai pilnīgi atbilst īstenībai un ir par lielām. Tādā gadījumā tanis novērojumu vietās, kur temperatūra ievērojami atšķiras no pamatpunkta temperatūras, būtu svārstību laikus jāizdara attiecīgi labojumi, kuŗi zināmā mērā var iespaidot novērotos smaguma spēka rezultātus.

Termisko novērojumu apstākļu rak-

stūrošanai atzīmētas novērojumu vidējās temperatūras.

Novērojumu vieta	Novērojumu vidējā temperat.
Rīgā 25.—30. maijam 1933. g.	17,76
Rīgā 12.—14. jūlijam 1933. g.	21,92
Rīgā 16.—19. augustam 1933. g.	19,31
Rīgā 11.—13. septembrim 1933. g.	16,27
Kabīlē 1.—5. jūnijam 1933. g.	14,15
Embūte 8.—11. jūnijam 1933. g.	15,79
Ēdolē 14.—17. jūnijam 1933. g.	21,92
Miķeltornī 18.—21. jūnijam 1933. g.	16,54
Kolkā 1.—4. jūlijam 1933. g.	17,50
Mērsragā 6.—10. jūlijam 1933. g.	19,24
Duntē 23.—26. jūlijam 1933. g.	17,19
Ainažos 27.—30. jūlijam 1933. g.	23,19
Valmierā No 31. jūlija — 3. august. 1933. g.	21,95
Valkā 5.—8. augustam 1933. g.	17,87
Alūksnē 9.—12. augustam 1933. g.	16,88
Koknesē 24.—27. augustam 1933. g.	18,36
Višķos 29.—31. augustam 1933. g.	16,27
Daugavpilī 1.—4. septembrim 1933. g.	17,11
Jekabpilī 5.—7. septembrim 1933. g.	14,65

Svārstu termisko konstantu pētišanas jautājumā diezgan interesants ir viņu atrisinājums literāriskā ceļā.

Pēc Holborna, Scheel'a un Hennig'a pētījumiem misiņa līnijiskais pagarinājums  $1\text{ C}^0$  uz garuma metru milimetros: Temperatūru intervāli:

$$-190,0 - 100, 0 - 200, 0 - 300, 0 - 400\text{ C}^0$$

Pagarinājums:

$$-3,11 + 1,84 + 3,85 + 6,03 + 8,39\text{ mm.}$$

Ievērojot tikai 1. un 2. kāpes locēkļus misiņa termiskais pagarinājums temperatūrai robežās no  $0-100\text{ C}^0$ .

$$\int_0^{100} (k + ct) dt = \left[ kt + \frac{ct^2}{2} \right]_0^{100} =$$

$$= k \cdot 100 + \frac{c \cdot 100^2}{2} = 0,00184$$

temperatūrai robežās no  $0 - 200\text{ C}^0$ :

$$k \cdot 200 + \frac{c \cdot 200^2}{2} = 0,00385$$

$$1) 200k + 10000 \cdot c = 0,00368$$

$$2) 200k + 20000 \cdot c = 0,00385$$

$$c = \frac{0,00017}{10000} = 1,7 \cdot 10^{-8}, k = 0,1755 \cdot 10^{-4}$$

Termiskais pagarinājums temperat. robežās no  $0-200\text{ C}^0$ ;

$$2) 200 \cdot k + \frac{c \cdot 200^2}{2} = 0,00385$$

temperatūrai robežās

no  $0 - 190\text{ C}^0$ ;

$$3) -190k + \frac{c \cdot 190^2}{2} = 0,0031$$

$$c = 1,5 \cdot 10^{-8}, k = 0,1777 \cdot 10^{-4}$$

Nemot vidējos,

$$k = \frac{0,1755 \cdot 10^{-4} + 0,1777 \cdot 10^{-4}}{2} =$$

$$= 0,1766 \cdot 10^{-4} = 0,177 \cdot 10^{-4} \text{ un}$$

$$c = \frac{1,7 \cdot 10^{-8} + 1,5 \cdot 10^{-8}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-8}$$

Misiņa termiskais izstiepšanās koeficients =  $0,0000177 + 0,00000016 t$ .

Misiņa svārstu kāta garums pie  $C \cdot t^0$  temperatūras

$$t_t = l_0 + l_0 \left( k + \frac{c}{2} t \right) \cdot t,$$

vai arī kāta pagarinājums  $Ct^0$  temperatūrai

$$dl = l_0(k + \frac{c}{2}t) t = l_0(0,0000177 + 0,000000008 \cdot t) \cdot t.$$

No svārstu pamatformulas,  
 $S = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  vai no  $S^2 = \frac{\pi^2}{g} \cdot l$

$$dS = \frac{\pi^2}{2gS} dl = \frac{\pi^2 \cdot l}{g} \cdot \frac{1}{2S \cdot l} dl = \frac{S}{2} \frac{dl}{l}$$

Ģeodēzijas institūta svārstiem svārstības laiku  $S$  tuvini var pieņemt =

$$= 0,508_s, \frac{S}{2} = 0,25425$$

$$\frac{dl}{l} = (0,0000177 + 0,00000008 \cdot t) t$$

$$dS = 0,254_{25} (0,0000177 + 0,00000008 t) t = (45,00 + 0,02 t) t.$$

Tā tad pamatojoties uz termisko izplēšanos, no valcētā misiņa izgatavoto Ģeodēzijas institūta Sterneck'a svārstu temperatūras konstantas būtu  $(45,00 + 0,02 t) \cdot 10^{-7}$ , vai arī svārstību temperatūras korekcijas

$$\Delta S_t = - (45,00 + 0,02 t) \cdot t \cdot 10^{-7}.$$

Saprotams, atsevišķo svārstu temperatūras konstantas skaitliski būs citas; tomēr tuvas šiem kārtības skaitļiem.

Kā izteiksies temperatūras korekciju kļūdas, ja novērojumu salīdzināšanai redukcijām neievēro kvadrātisko locekli, bet ievēro viņu tikai konstantas attiecināšanai visu novērojumu vidējai temperatūrai —  $t_m$ . Tad,

$$- \Delta S_t' = k_{tm} \cdot t = t (k_t + c_t t_m)$$

$$- \Delta S_t'' = k_t \cdot t + c_t t^2$$

$$\epsilon = - \Delta S_t'' + \Delta S_t' = k_t t + c_t t^2 - k_t t - c_t t t_m = c_t \cdot t (t - t_m)$$

Ja kādā vietā, piemēram Ainažos, novērojumi notikuši pie  $C + 23^0$  un konstantas atbilst visu novērojumu vidējais temperatūrai  $t_m = + 18^0$ , kvadrātiskā locekļa neievērošanas kļūda reducējot novērojumus pie  $C \cdot 0^0$ .

$$\epsilon = 0,02 \cdot 23 (23 - 18) = 2^s,3 \cdot 10^{-7},$$

tas lielums dod jau  $\infty 1$  miligalu un tāpēc nebūtu pareizi viņu neievērot.

Turpat, ja novērojumus reducē  $C \cdot 18^0$ , tad

$$\epsilon = c_t \cdot (t - t_m)^2 = 0,02 (23 - 18)^2 = 0^s,5 \cdot 10^{-7}$$

un šis lielums uz novērojumu rezultātiem vairs iespaidu neatstāj.

### Gaisa pretestības korekcijas.

Gaisa pretestībai pieaugot pieaug arī svārstības laiks. Svārstību laiku salīdzināšanai tie reducējami vienādiem gaisa pretestības apstākļiem.

Kā jau minēts parasti par salīdzināšanas normālapstākļiem pieņem bezgaisa telpu un gaisa pretestības korekcijas izteiktas sekojošā veidā:

$\Delta S_b = - k_b D$ , kur  $D$  attiecības koeficients starp novērojumu gaisa spiediena apstākļiem un sausam gaisam atbilstošu normāls্পiedienam un  $k_b$  — svārstu barometriskās konstantas.

Ģeodēzijas institūta svārstu barometriskās konstantas,

1. svarstam  $k_b = 542 \pm 9$
2. "  $k_b = 567 \pm 19$
3. "  $k_b = 608 \pm 16$
4. "  $k_b = 607 \pm 15$ ,

noteikusi pēc svārstu izgatavošanas 1924. g. Vīnes „Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen“.

Līdzīgi temperatūras konstantām cietā likumbā, arī barometriskās konstantas nav linijisks lielums un gaisa pretestības korekcijas uzrāda veidu

$$\Delta S_b = - k_b \cdot D - C_b \sqrt{D}$$

Lai no kvadrātsaknes koeficienta nelietāšanas, lietājot vienīgi linijiskās vidējiem apstākļiem noteiktas konstantas, neuzkrātos kļūdas, kas varētu pasliktināt rezultātus, novērojumi reducēti nevis bezgaisa telpai, bet gan normālam sausa gaisa spiedienam.

Šāda veida redukciju priekšrocību pašvītro arī paši novērojumi, jo Ģeodēzijas institūta Sterneck'a svārstu statīvs ir vaļēja tipa, kamdēļ novērojumi notikuši dabīgos gaisa spiediena apstākļos; tie gan svārstās, bet tomēr ir jo tuvi normālam

gaisa spiedienam, caur ko barometriskās korekcijas, parasti ir gan ar pretējo zīmi, bet skaitliski vairāk kā desmitkārt mazākas, salīdzinot ar bezgaisa telpai attiecinātām korekcijām.

Attiecinot novērojumus normālo apstākļu sausā gaisa spiedienam, novērojumu barometriskā korekcija

$$\Delta S_b = k_b (1 - D).$$

Diezgan lielas raizes aplēsē dara novērojumu gaisa spiediena un normālu apstākļu gaisa spiediena attiecības — novērojumu gaisa blīvuma — koeficienta  $D$  noteikšana.

Zem normālo apstākļu spiediena jāsaprot pie gaisa  $C. 0^{\circ}$  temperatūras 760 mm augstam dzīvsudraba stabam atbilstošs sausa gaisa spiediens, tā blīvuma koeficients  $D_0 = 1$ .

Uz Boyle-Mariotte'a un Goy-Lussac'a likumu pamata

$$\frac{v_0 \cdot B_{0s}}{1 + \alpha T_0} = \frac{v_s \cdot B_s}{1 + \alpha T}$$

Nemot vērā, ka:

$$B_{0s} = 760 \text{ m/m un } T_0 = 0^{\circ}$$

$$\frac{v_0}{v_s} = \frac{B_s}{760(1 + \alpha T)}$$

te  $T$  — sausa gaisa spiedienam  $B_s$  atbilstošā temperatūra un  $\alpha$  — gaisa izplēšanās koeficients = 0,003665.

Tā kā tilpumi ir proporcionāli blīvumiem,

$$\frac{D_s}{D_{0s}} = \frac{v_0}{v_s}, \text{ un } D_{0s} = 1$$

$$D_s = \frac{B_s}{760(1 + \alpha T)}$$

analogi arī ūdens tvaikiem

$$D_u = \frac{e}{760(1 + 0,003665 T)}$$

Tvaika spiediena izteikšanai gaisa spiediena vienībās sekojot Avogardo likumam ir jāievēro ūdens un gaisa molekulāro svaru attiecība.

Ūdens ( $H_2O$ ) molekulārais svars =  $2 + 16 = 18$ .

Noapaļoti gaisa sastāvā pieņemot 22% skābekļa un 78% slāpekļa (skaitļi no prof. Meiera meteoroloģijas), gaisa molekulārais svars

$$\frac{32.22 + 28.78}{100} = 28.88.$$

Ūdens un gaisa molekulāro svaru attiecība  $\frac{18}{28,88} = 0,623$ .

Sumējot ūdens garaiņu (tvaika) un sausā gaisa spiedienu

$$D = D_u + D_s = \frac{B_s + 0,623 \cdot e}{760(1 + \alpha T)}$$

Pie Daltona likuma novērotais gaisa spiediens  $B$  ir vienāds ar sausa gaisa spiediena  $B_s$  un gaisā esošo tvaiku spiediena  $e$  summu

$$B_s = B - e.$$

Ievietojot šo izteiksmi formulā,

$$D = \frac{B - 0,377 e}{760(1 + 0,003665 T)}$$

Tvaika spiediens  $e$  atrodams uz proporcionālītātes pamata no meteoroloģiskām tabulām. Tanīs attiecīgai temperatūrai dots piesātināta gaisa tvaika spiediens: (Sk. tabulu 148. lapaspusē.)

Novērojumos esošam  $h\%$  relatīvam mitrumam atbilstošais tvaika spiediens  $e = \frac{h\% \cdot f}{100\%}$ , to kā no temperatūras mai-

nīgo, reizinot ar 0,377 iegūts tvaiku iespaidu kompensējošais lielums 0,377  $e$ .

Gaisa spiedienu mērīšanai lietots Ģeodēzijas institūta „Naudet“ smalkaneroīds Nr. 2042. Aneroida kopkorekcija noteikta salīdzinot to ar Ģeodēzijas institūta „Fuess'a normālbarometru Nr. 822.

Aneroida un normālbarometra nolāsijumu tiešai salīdzināšanai pēdējie koriģēti:

1) ar temperatūras labojumiem, tie ceļas no dzīvsudraba izplēšanas temperatūrai pieaugot, viņu skaitliskie lielumi izteikti sekojošā temperatūras labojumu tabulā: (Sk. temperatūras labojumu tabulu 148. lapas pusē.)

2) ar smaguma spēka labojumiem, tie ceļas dzīvsudraba svara maiņas dēļ zemes pievilkšanas spēkam mainoties. Smaguma spēka labojumi Ģeodēzijas institūtam atbilstošam ģeografiskam platumam,  $\varphi = 56^{\circ}57'$ , un vidējiem gaisa spiedienu = + 0,80 m/m.

Tvaika spiedienu tabula.

Tempera- tūra C°	Tvaika spiediens f $\frac{m}{m}$	Tempera- tūra C°	Tvaika spiediens f $\frac{m}{m}$	Tempera- tūra C°	Tvaika spiediens f $\frac{m}{m}$
10,0	9,2	15,0	12,7	20,0	17,4
10,5	9,5	15,5	13,1	20,5	17,9
11,0	9,8	16,0	13,5	21,0	18,5
11,5	10,1	16,5	14,0	21,5	19,0
12,0	10,4	17,0	14,4	22,0	19,6
12,5	10,8	17,5	14,9	22,5	20,2
13,0	11,1	18,0	15,3	23,0	20,8
13,5	11,5	18,5	15,8	23,5	21,5
14,0	11,9	19,0	16,3	24,0	22,2
14,5	12,3	19,5	16,8	24,5	22,9
				25,0	23,7

3) ar īpatnējiem labojumiem, tie ce-  
las no normālbarometra skalu nostādīju-  
ma un neprecīza skalu iedalījuma.

Ģeodēzijas institūta normālbarometra  
īpatnējie labojumi pie pareiza skalu no-  
stādījuma = 0.

Temperatūras labojumu tabula.

Barom. Temp. C°	720 m/m	730 m/m	740 m/m	750 m/m	760 m/m	770 m/m	780 m/m	Barom Temp C°
11	-1.3	-1.3	-1.3	-1.4	-1.4	-1.4	-1.4	11
12	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	12
13	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	13
14	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	14
15	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	15
16	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	16
17	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	17
18	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	18
19	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	19
20	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	20
21	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	21
22	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	22
23	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	23
24	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	24
25	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	25

Pārbaudīti tie 1928. g. salīdzinot ar  
L. O. Meteoroloģijas institūtu normāl-  
barometru.

Aneroida kopkorrekcijas noteikšanai  
salīdzinājumi ar normālbarometru ņemti

pie iespējami dažādākiem gaisa spiede-  
niem un kā tiem pieaugot, tā arī kritoties  
1933. g. vasarā izdarītos salīdzinājumos  
iegūtas sekojošas aneroida Nr. 2042  
kopkorrekcijas:

maija mēnesi . . . . . - 0,5<sub>3</sub> m/m  
 jūlija " . . . . . - 0,6<sub>4</sub> "  
 augusta " . . . . . - 0,6<sub>8</sub> "  
 septembra " . . . . . - 0,8<sub>8</sub> "

Kopkorrekciju rezultātu vidējās kvadrātiskās kļūdas svārstās ap  $\pm 0,0_5$  m/m. Bez šī aneroīda, kontroles dēļ, novērojums lietots arī vēl otrs, Otto Bohne Nr. 19524 smalkaneroīds, bet viņa precizitāte un īsti stabilitāte, ir daudz vājāka, kāpēc arī novērojumu aplēsē tas nav vērā ņemts.

Katram svārstam aplēsē lietots vidējais gaisa spiediens,

$$B = \frac{B_1 + B_2}{2}, \text{ kur}$$

$B_1$  — gaisa spiediens novērojumu sākumā un

$B_2$  — gaisa spiediens novērojumu beigās.

Tāpat arī gaisa temperatūra,

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2},$$

noļasīta novērojumu sākumā un novērojumu beigās, un tikai retos izņēmumos, kur temperatūra pārāk strauji mainījies, arī novērojumu vidū.

Novērojumu apstākļu raksturošanai atsevišķām novērojumu vietām izrakstīti vidējie gaisa spiedieni.

Novērošanas vieta	Vidējie gaisa spiedieni
Rīgā 25.—30. maijam 1933. g.	754,9
Rīgā 12.—14. jūlijam 1933. g.	756,8
Rīgā 16.—19. augustam 1933. g.	752,8
Rīgā 11.—13. septembrim 1933. g.	764,2

### Ampļtūdu korrekcijas.

No matemātiskā svārsta teorijas, svārsta svārstības laiks

Novērošanas vieta	Vidējie gaisa spiedieni
Kabilē 1.—5. jūnijam 1933. g.	755,7
Embūte 8.—11. jūnijam 1933. g.	753,1
Ēdolē 14.—17. jūnijam 1933. g.	753,9
Miķeļtorņī 18.—21. jūnijam 1933. g.	746,2
Kolka 1.—4. jūlijam 1933. g.	761,0
Mērsragā 6.—10. jūlijam 1933. g.	765,1
Duntē 26.—27. jūlijam 1933. g.	757,7
Ainažos 27.—30. jūlijam 1933. g.	755,7
Valmierā No 31. jūlija — 3. august. 1933. g.	757,4
Valkā 5.—8. augustam 1933. g.	750,75
Alūksnē 9.—12. augustam 1933. g.	738,0
Koknesē 24.—27. augustam 1933. g.	743,2
Višķos 29.—31. augustam 1933. g.	756,5
Daugavpilī 29.—31. augustam 1933. g.	744,0
Jekabpilī 5.—7. septembrim 1933. g.	754,8

$$S = \pi \sqrt{\frac{1}{g} \left[ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \frac{25}{256} \sin^6 \frac{\alpha}{2} \right]}$$

Ievērojot tikai kvadrātisko locekli, bet pārējos kā praktiski novērojumu rezultātus neiespaidošus atmetot,

$$S = \pi \sqrt{\frac{1}{g}} \left[ 1 + \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right].$$

Ievietojot  $S_1 = \pi \sqrt{\frac{1}{g}}$ ,

$$S = S_1 \left[ 1 + \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right].$$

Izteiksme  $- S_1 \cdot \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \Delta S_{a_1}$  tiek saukta par amplitūdu korrekciju, jo pie ļoti mazām amplitūdām  $S = \pi \sqrt{\frac{1}{g}}$ .

Parasti novērojumos  $\alpha$  svārstas ap 20'–30', kamdēļ amplitūdu korrekcijām var pielietāt mazo leņķu izteiksmes

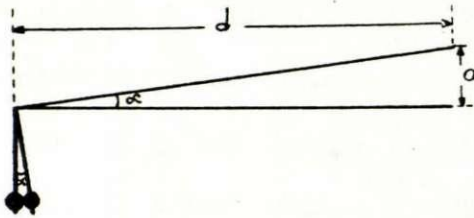
$$- S_1 \frac{1}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} = - S_1 \frac{1}{16} \alpha^2 \sin^2 1'$$

Pie  $\alpha = 20'$ :  $\frac{1}{2} \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 21_{,2} \cdot 10^{-7}$  un  $\frac{9}{64} \sin^4 \frac{\alpha}{2} = 0,00010 \cdot 10^{-7}$

$\alpha = 30'$ : " =  $47_{,8} \cdot 10^{-7}$  un " =  $0,00051 \cdot 10^{-7}$

$\alpha = 60'$ : " =  $190_{,5} \cdot 10^{-7}$  un " =  $0,00813 \cdot 10^{-7}$

Novērojumos amplitūdas iegūst no zināmā attālumā nostādītā koincidenceaparāta skalas nolasiņumiem.



6. zīm.

$$\alpha' \sin 1' = \frac{a}{d};$$

Koincidenceaparāta iedaļas vērtība = 2,93 m'm. Novērojumos, sākumā un beigās,

nolasītas dubultamplitūdām atbilstošās skalas iedaļas. Pieņemot svārstību vidējo amplitūdu kā aritmētisko vidējo no sākuma un beigu amplitūdām,

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2},$$

vidējai amplitūdai atbilstošais skalas nolasiņums  $a = \mu a_v = 0,293 a_v$  cm.

Novērojumi iekārtoti pie samērā vienkārtiem svārstu atstatumiem no koincidenceaparāta,  $d = 1,95, 2,00, 2,05$  un  $2,10$  m.

Pieskaņojoties šiem atstatumiem, amplitūdu korrekcijas var izteikt kā koeficientu reizinātu ar vidējās amplitūdas nolasiņuma kvadrātu

$$\Delta S_a = - \frac{S_1}{16} \cdot \left( \frac{a}{b} \right)^2 = - \frac{S_1}{16 \cdot d^2} \cdot a^2,$$

Pie  $d = 195$  cm,  $\frac{S_1}{16 d^2} = \frac{0,508_5}{6,084 \cdot 10^5} = 8^s,36 \cdot 10^{-7}$

"  $d = 200$  " " =  $7,95$  "

"  $d = 205$  " " =  $7,56$  "

"  $d = 210$  " " =  $7,21$  "

Vadoties no novērojumos sastopamām vidējām amplitūdām sastādīta

amplitūdu korekciju tabula.

Vid. amplitūda skalas iedaļās av	d = 1,95 <sub>m</sub>	d = 2,00 <sub>m</sub>	d = 2,05 <sub>m</sub>	d = 2,10 <sub>m</sub>
	Δ S <sub>a</sub>	Δ S <sub>a</sub>	Δ S <sub>a</sub>	Δ S <sub>a</sub>
4.0	11,5	10,9	10,4	9,9
4.1	12,1	11,5	10,9	10,4
4.2	12,7	12,0	11,5	10,9
4.3	13,3	12,6	12,0	11,4
4.4	13,9	13,2	12,6	12,0
4.5	14,5	13,8	13,1	12,5
4.6	15,2	14,4	13,7	13,1
4.7	15,9	15,1	14,3	13,7
4.8	16,5	15,7	14,9	14,3
4.9	17,2	16,4	15,6	14,9
5.0	17,9	17,1	16,2	15,5
5.1	18,7	17,8	16,9	16,1
5.2	19,4	18,5	17,6	16,7
5.3	20,2	19,2	18,2	17,4
5.4	20,9	19,9	18,9	18,0
5.5	21,7	20,7	19,6	18,7
5.6	22,5	21,4	20,4	19,4
5.7	23,3	22,2	21,1	20,1
5.8	24,2	23,0	21,8	20,8
5.9	25,0	23,8	22,6	21,6
6.0	25,8	24,6	23,4	22,3
6.1	26,7	25,4	24,1	23,0
6.2	27,6	26,2	25,0	23,8
6.3	28,5	27,1	25,8	24,6
6.4	29,4	27,9	26,6	25,4
6.5	30,3	28,8	27,4	26,1



7. zīm. Dunties Erlausku māju rijas krāsns.

### Līdzsvārstības korekcijas.

No svārstu svārstības ritmisko kustību iespaida, šos ritmos sāk pulsēt arī svārstu statīvs, līdz ar to pagarinot svārstību laiku. Svārstību laiku salīdzināšanai

jāizslēdz līdzsvārstības iespaidi. Līdzsvārstību iespaidu var stipri samazināt, vai pat izslēgt, liekot diviem vienāda svārstības laika svārstiem vienam pret otru svārstīties.

Šim nolukam Ģeodaizijas institūta svārsti ar nepietiekoši vienādiem svārstību laikiem maz noderīgi un izdevīgāka līdzsvārstību korekciju atrašanai ir līdzsvārstību iespaida pareiza apļese. Kā jau minēts Ģeodaizijas institūta Sterneck'a aparāta pozitīvā puse ir viņa nostiprināšanas veids ar trīs skrūvēm pie mūra sienas, caur to svārstis iegūst lielāku stabilitāti. Novērojumos svārstā statīvs ar vienu nostiprināts pie mūra sienas tanis iekalto caurumu vietās iedzītās koka tapās, ar attiecīgi pieskaņotām skrūvēm. Nostiprināšanas apstākļi visā visumā samērā vienādi, izņemot Dunti, kur novērojumi izdarīti sentēvu rijā, nostiprinot aparātu pie rijas krāsns.

Līdzsvārstības iespaida korekcijas kā mainīgas, galveno kārtu, no nostiprinājuma veida, nostiprināšanas sienas stabilitātes un pašā aparāta konstrukcijas Ģeodaizijas institūta aparātam sevišķi labvēlīgas, —  $5^s \cdot 10^{-7}$  kārtības, parasto —  $50^s \cdot 10^{-7}$  kārtības skaitļu vietā un visās novērojumu vietās diezgan vienādas. Līdzsvārstību korekciju aplēsei atrisināts lielāks skaits līdzsvārstību formulu, no kurām 3, sekojot 1928. g. izdarītiem novērojumiem, arī sīkāk apskatītas manā 1933. g. darbā: „Smaguma spēks Rīgā, Jelgavā, Liepājā, Piebalgā un Rēzeknē.“

Ievērojot šo rezultātu saskaņu un arī aparāta stabilitāti novērojumos, līdzsvārstību formulu var izvēlēties diezgan brīvi, nebaidoties ar to pasliktināt novērojumus.

Latvijas rietumu, ziemeļu un dienvidu apvidu novērojumu līdzsvārstību korekciju aplēsei par pamatu ņemta, kā viena no visvairāk lietotām, Porsass'a līdzsvārstības formula

$$\Delta S_z = \frac{a}{A} \cdot \frac{S_2 - S_1}{2}$$

$$\cdot \operatorname{cosec} \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{S_2 - S_1}{S_1 \cdot S_2} \cdot t \right).$$

Te līdzsvārstību pētīšanai domāti divi atšķirīga svārstības laika svārsti ar šūpojošā svārstā amplitūdu A, šūpotā svārstā amplitūdu a un svārstību novērojumu laiku t.

Ģeodaizijas institūta svārstu kompleksā līdzsvārstību pētījumiem speciāli pagatavots dubultmasu svārstis.

Iz 1933. g. rakstā: „Smaguma spēks Rīgā, Jelgavā, Liepājā, Piebalgā un Rēzeknē“ apskatītiem svārstu pētījumiem redzams, ka normālsvārstu svārstību laikam atbilst dubultsvārstis ar sekojošu masu stavokli, skaitot vitnes no svārstā kāta lejas gala,

1 svārstam — pie	8,496 vitnēm,
2 „ „	8,282 „
3 „ „	8,007 „
4 „ „	7,875 „

Pēc Dr. Schumann'a normālsvārstā i līdzsvārstība

$$\Delta S_{\beta i} = \Delta S_{\alpha} \cdot \frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l} \cdot \frac{E_i}{E},$$

te  $\Delta S_{\alpha}$  — novirota dubultsvārstam atbilstošā līdzsvārstība,  $m_i$  — normālsvārstā i masa.

$m$  — dubultsvārstā masa,

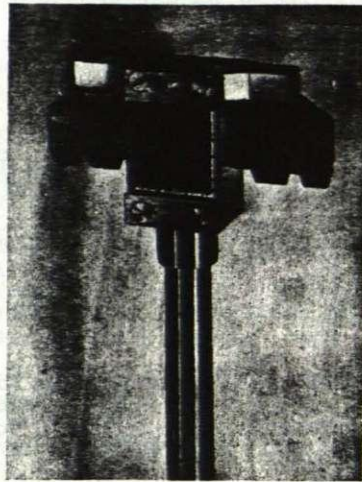
$l_i$  — normālsvārstā smaguma centra atstatums no atbalstpunkta,

$l$  — dubultsvārstā smaguma centra atstatums no atbalstpunkta,

$L_i$  — normālsvārstā matemātais garums,

$L$  — dubultsvārstā matemātais garums,

$E_i$  un  $E$  — empiriski koeficienti, atkarīgi no normālsvārstu un dubultsvārstu atbalsta platnēm un nažiem.



8. zīm. Ģeodēzijas institūta normāl un dubultsvārstu naži.

Ģeodaizijas institūta normāl- un dubultsvārstu naži un atbalsta platnes pēc sava veida un materiāla pilnīgi vienādi, kāpēc koeficientu  $E_i$  un  $E$  attiecība = 1.

Ievērojot, ka līdzsvārstību novērojumos dubultsvārstu svārstības laiks tiek saskaitīts ar normālsvārstu svārstību laiku, attiecība:

$$\frac{L}{L_i} = \frac{S^2}{S_i^2} = 1,$$

un līdzsvārstības izteiksme pieņem vienkāršāku veidu

$$\Delta S_{\beta i} = \Delta S_{\alpha} \cdot \frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l}$$

No jau minētiem svārstu pētījumiem, masu un smaguma centru atstatumu attiecība,  $\frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l}$ , visiem svārstiem izteikta koeficientu veidā:

1. svārstam un dubultsvārstam	$\frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l} = 0,516.$
2. „ „ „	$\frac{m_2}{m} \cdot \frac{l_2}{l} = 0,528.$
3. „ „ „	$\frac{m_3}{m} \cdot \frac{l_3}{l} = 0,541.$

4. „ „ „ „  $\frac{m_4 \cdot l_4}{m \cdot l} = 0,513$

Tā kā novērojumos dubultsvārsta svārstības laiks praktiski ļoti tuvs normālsvārsta svārstības laikam, Borras'a formula, ar  $S_2 - S_1$  tuvu 0 un cosec.

vērtību  $\infty$ , pieņem nenoteiktu veidu ( $0 \cdot \infty$ ) un ir jāpārveido. Izvirzot cosec. rindā,

$$\text{cosec} \cdot x = \frac{1}{x} + \frac{1}{6} x + \frac{7}{360} x^3 + \frac{31}{15120} x^5 + \dots$$

un ņemot pirmos divus locekļus

$$\Delta S_\alpha = \frac{a}{A} \cdot \frac{S_2 - S_1}{2} \left( \frac{2}{\pi} \cdot \frac{S_1^2}{\Delta S} \cdot \frac{1}{t} + \frac{\pi \cdot (S_2 - S_1)}{12 \cdot S_1^2} \cdot t + \dots \right)$$

Pēc pārveidojumiem:

$$\Delta S_\alpha = \frac{a}{A} \left( \frac{S_1^2}{\pi \cdot t} + \frac{\pi}{24} \cdot \frac{S_2 - S_1}{S_1^2} \cdot t \right),$$

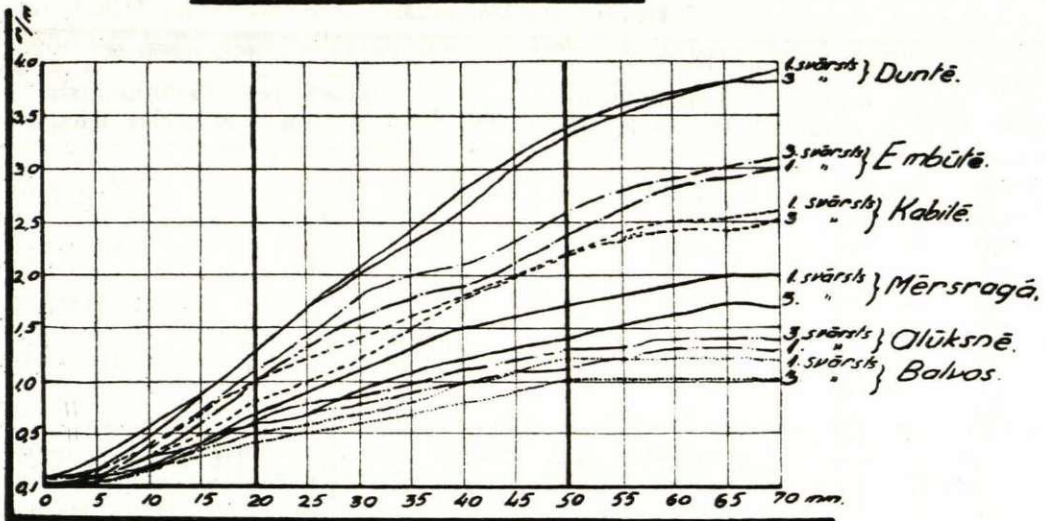
un ievērojot, ka  $S_2 - S_1 = 0$  un  $S_1 = S$ , Borras'a pārveidotā līdzsvārstības formula galīgā veidā,

$$\Delta S_\alpha = \frac{a}{A} \cdot \frac{S^2}{\pi \cdot t}$$

Izsekojot līdzsvārstību raksturam, līdzsvārstības grafikā redzams, ka noteiktu un vienmērīgāku līdzsvārstības pieaugumu šņpotais svārsts uzrāda 20—50 minūšu intervālā.

Līdzsvārstību novērojumiem laiks pirmās 10 minūtes (intervāls 0—10 min.) neizdevīgs, jo tikai retos gadījumos līdzsvārstību novērojumu sākumā novērojama absolūti mierīgs, bet gan arvienu uzrāda, kauču arī tikai jūtamu vibrāciju, tā tad arī iespaida līdzsvārstību pirmās 10 minūtes.

Līdzsvārstību grafika.



9. zīm. Līdzsvārtību grafika.

Pēc 60 sekundēm līdzsvārstība uzrāda vairs tikai maz jūtamu pieaugumu, kāpēc arī vairs neder aplēsei.

$$\Delta S_{\alpha} = \frac{a_{50-20}}{A_{50}} \cdot \frac{S^2}{\pi \cdot t_{50-20}}$$

$$\Delta S_{\alpha} = \frac{a_{50-20}}{A_{50}} \cdot \frac{0,508_5^2}{3,1416 \times 1800} = \frac{a_{50-20}}{A_{50}} \cdot 457^s \cdot 10^{-7}$$

Ņemot vērā, ka līdzsvārstību novērojumiem lietots kā šupojošais svārsts du-

$$\Delta S_{\beta} = - \frac{a_{50-20}}{A_{50}} \cdot 457^s \cdot \frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l} \cdot 10^{-7}$$

kur  $\frac{m_i}{m} \cdot \frac{l_i}{l}$  attiecīgam svārstam jau minētie koeficienti.

Šūpotā un šupojošā svārsta amplitūdu izteikšanai leņķa mērā (minūtēs) novērojumus sastopamiem atstatumiem aplēstas palīdzteiksmes

$$1) a = 3438 \cdot \frac{n}{d}$$

Atstatumam  $d = 1,95$  m,  $a = 1,76 \cdot n$ .  
 „  $d = 2,00$  „  $a = 1,72 \cdot n$ .  
 „  $d = 2,05$  „  $a = 1,68 \cdot n$ .  
 „  $d = 2,10$  „  $a = 1,64 \cdot n$ .

Pieskaņojot līdzsvārstības formulu izvēlētā intervālam,

Ievietojot konstantās skaitliskās vērtības,

bultsvārsts, līdzsvārstību korekcijas galīgā veidā izteiks formula

te  $n$  — nolasījums no skalas milimetros,  $d$  — koincidenceaparāta atstatums no svārsta milimetros.

$$2) A = 3438 \frac{2,93N}{d_d}$$

te  $N$  — nolasījums no skalas, skalas iedaļās,  $d_d$  — koincidenceaparāta atstatums no dubultsvārsta milimetros.

2,93 — skalas iedaļās vērtība milimetros.

Atstatumam  $d_d = 2,06$  m,  $A = 4,89 \cdot N$   
 „  $d_d = 2,11$  „  $A = 4,78 \cdot N$   
 „  $d_d = 2,16$  „  $A = 4,66 \cdot N$   
 „  $d_d = 2,21$  „  $A = 4,57 \cdot N$

**Līdzsvārstības aplēses piemērs.**

7. 7. 33.

Novērojumi Mērsragā.

8. 7. 33.

1. svārsts un dubultsvārsts			3. svārsts un dubultsvārsts		
Laiks min.	I. svārsts n m/m	Dubultsvārsts N skalas iedaļās	Laiks min.	3. svārsts n m/m	Dubultsvārsts N skalas iedaļās
0	0,0	20,0	0	0,1	20,0
5	0,1		5	0,1	
10	0,2		10	0,2	
15	0,4		15	0,4	
20 ..	0,7		20 ..	0,6	
25	0,9		25	0,8	
30	1,1		30	0,9	
35	1,3		35	1,1	
40	1,5		40	1,2	
45	1,6		45	1,3	
50 ..	1,7	$(11 + \frac{9,2}{7} = 13,6)$	50 ..	1,4 ..	$(10 + \frac{10 \cdot 2}{7} = 12,9)$
55	1,8		55	1,5	
60	1,9		60	1,6	
65	2,0		65	1,7	
70	2,0	11,0	70	1,7	10,0

1. un 2. svārsta atstatums no koincīdencaparāta  $d_1 = 2,00$   
 dubultsvārsta " " "  $d_d = 2,11$

Dubultsvārsta masu stāvoklis 1. svārstam 8,496, 3. svārstam 8,007

$$n_{150} - n_{120} = 1,7 - 0,7 = 1,0 \text{ m/m. } a_{150} - a_{120} = 1',72 \cdot 1,00 = 1',72$$

$$N_{350} - N_{320} = 1,4 - 0,6 = 0,8 \text{ " " } a_{350} - a_{320} = 1',72 \cdot 0,80 = 1',38$$

$$N_{150} = 13,6, \quad A_{150} = 13,6 \cdot 4,78 = 65',0$$

$$N_{350} = 12,9, \quad A_{350} = 12,9 \cdot 4,78 = 61',7$$

$$\frac{a_{150} - a_{120}}{A_{150}} = \frac{1',72}{65',0} = 0,0265; \Delta S_{\beta_1} = -0,0265 \cdot 457 \cdot 0,516 \cdot 10^{-7} = -6^s,2 \cdot 10^{-7}$$

$$\frac{a_{350} - a_{320}}{A_{350}} = \frac{1',38}{61',7} = 0,0224; \Delta S_{\beta_3} = -0,0224 \cdot 457 \cdot 0,541 \cdot 10^{-7} = -5^s,5 \cdot 10^{-7}$$

$$\Delta S_{\beta} = \frac{\Delta S_{\beta_1} + \Delta S_{\beta_3}}{2} = -6^s \cdot 10^{-7}$$

### Chronometra gājiena korekcijas.

Atkarībā no chronometra gājiena mai-  
 nās chronometra uzrādītā laika intervalla  
 ilgums un līdz ar to arī svārstību laiks.  
 Svārstību laika salīdzināšanai, tie pieska-  
 ņojami chronometra normālam gājenam.

No chronometra gājiena atkarīgā  
 svārstību laiku korekcija

$$\Delta S_u = \frac{\Delta U}{\Delta T} \cdot S,$$

kur  $\Delta U$  — laika sprīdīm  $\Delta T$  pie-  
 kritošā chronometra gājiena korekcija un  
 $S$  svārstības laiks, tā kā nezināmā vietā  
 var ņemt tuvino, novēroto vērtību,  $S_1$ .

Momentam  $i$  piekritošā chronometra  
 korekcija  $U$  ir vienāda ar faktiskā laika  
 un chronometra uzrādītā laika diferenci

$$U = T - \text{chr.},$$

bet chronometra gājiena korekcija

$$\Delta U = U_{i+T} - U_i.$$

Latvijas rietumu, ziemeļu un dienvidu  
 apvidu smaguma spēku novērojumos lie-  
 tots L. U. Astronomiskās Observatori-  
 jas „Nardin“ firmas Nr. 2093. zvaigžņu  
 laika chronometrs, kāpēc arī chronometra  
 gājiena korekcija  $\Delta S_u$  un viņu sastādo-  
 šie lielumi  $\Delta U$ ,  $\Delta T$  un  $S_1$  izteikti zvaigž-  
 ņu laika vienībās.

Chronometra korekcijas noteikšanai  
 uztvertas Rietumeiropas lielāko valstu  
 astronomisko laika signālu stacijas.

Raidošā stacija	Viļņu garums	Grinvičas vidējais laiks
Rugby (G. B. R.) . . . . .	18740	9 <sup>h</sup> 55 — 60 <sup>m</sup> 17 <sup>h</sup> 55 — 60 <sup>m</sup>
Bordeaux (F. Y. L.) . . . . .	18900	8 <sup>h</sup> 01 — 06 <sup>m</sup> 20 <sup>h</sup> 01 — 06 <sup>m</sup>
Paris (F. L. E.) . . . . . (Eifeļa tornis)	2650	9 <sup>h</sup> 31 — 36 <sup>m</sup> 22 <sup>h</sup> 31 — 36 <sup>m</sup>
Nauen (D. F. Y.) . . . . .	18130	0 <sup>h</sup> 01 — 06 <sup>m</sup> 12 <sup>h</sup> 01 — 06 <sup>m</sup>

Chronometra korekcijas noteikšanai  
 lietota vienīgi tabulā apzīmētam laikam  
 piekritošo noraidošo signālu daļa — rit-  
 miskie signāli, un pirmā daļa — prak-  
 tisko vajadzību signāli, kā neprecizāki  
 nav vērā ņemti.

Kur vien novērojumu iekārtošanā nav  
 bijis traucējumu raidsignāli uztverti visos  
 minēto staciju noraidīšanas laikos.

Visu staciju ritmisko signālu norai-  
 dījums iekārtots pēc viena un tā paša  
 veida. 5-ās vidējā laika minūtēs tiek no-

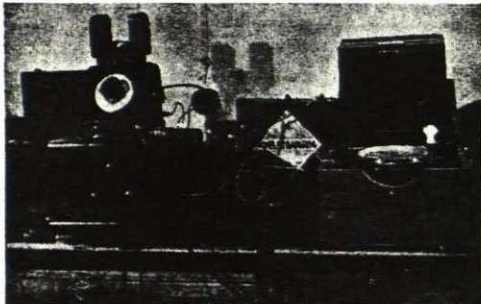
raidīti 306 ritmiskie signāli. Viena starpsignālu intervāla garums  $\frac{300}{305}$  vidēja laika vai, attiecinot uz zvaigžņu laiku,  $\frac{300(1+\mu)}{305}$  zvaigžņu laika sekundes,

te  $\mu$  = koeficients vidēja laika pārvešanai zvaigžņu laikā. Pareizai saskaitīšanas iespējai, 1-ais, 62-ais, 123-ais, 184-ais, 245-ais un 306-ais signāli ap  $0^s,4$  gaŗas strīpas, visi pārējie punkti. Pielietotā tehniskā (pusautomatiskā) signālu uztveršanas paņēmiēnā koincidēnces brīdī var vērtēt līdz  $\frac{1}{4}$  no laika signālu intervālla.

$$\text{Tad } \frac{1}{4} \text{ intervālla ilgums} = \frac{1}{4} \cdot$$

$$\frac{300(1+\mu)}{305} = 0,246574_6 \text{ zvaigžņu laika sekundes.}$$

Novērojumos laika signālu uztveršanai lietots L. Ū. astronomiskās Observatorijas „Telefunken“ vienlampaņas uztverējs ar divlampiņu pastiprinātāju.

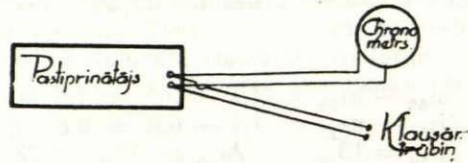


10. zīm. L. Ū. astronomiskās observātorijas raidsignālu uztverējs.

Pati uztveršana notikusi ar uz Cooke's uztveršanas principa dibinātu, bet pārveidotu pusautomatisko metodi. Pēc tās blakus raidsignālu klausāmai trūbiņai ieslēdz chronometru.

Chronometra kontakta laikā strāva caur chronometri noslēdzās īsi un klausāma trūbiņā raidsignāli izdzīest.

Atkarībā no tā, vai attiecīgais signāls



11. zīm. Chronometra pieslēguma schēma raidsignālu uztverējam.

iekrit ieslēgtās (kontakta), vai izslēgtās (brīvās) pussekundes laikā, tas ir vai nu nedzirdams vai arī dzirdams.

Kad sākumā signāls iekrit ieslēgtās pussekundes laikā, tad, tā kā signāla intervāls ir īsāks par salīdzināmā chronometra sekundi, tas ar katru nākošo ritmu tuvosies izslēgtās pussekundes robežai.

Ja viena ritma sākums tikko sasniedz kontakta izslēgšanas momentu, nedodot vēl uztveramu daļu, tad nākošā izslēgšanās momentā ritma parādīšanās būs maksimālā.

Signāla sakrišanu ar chronometra kontakta izslēgšanās momentu — koinidenci pie labas ievingrināšanās var noteikt līdz  $\frac{1}{4}$  sekundeī, vērtējot to kā attiecīgā signāla maksimālās parādīšanās daļu.

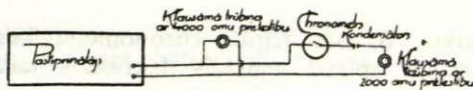
Signālu saskaitīšanai tie sadalīti 5 sērijās un katra sērija sākas ar  $0^s,4$  gaŗu svītru.

Lai signālus varētu saskaitīt arī kontaktu laikā, vai koinidenci uz ieslēgšanas momentu ieslēdzot chronometru ķēdē ar klausāmo trūbiņu — brīvā laikā, tie nedrīkst pilnīgi pazust, bet jābūt arī tad vēl dzirdamiem.

Vajadzīgai signālu dzirdamības noregulēšanai eksistē vairāki paņēmiēni, piemēram:

- 1) Chronometri ieslēdz blakus klausāmai trūbiņai caur regulējamu reostātu.
- 2) Ieslēdzot chronometri ķēdē ar klausāmo trūbiņu, lietojot divas trūbiņas ar dažādām pretestībām, parasti vienu ar 4000 omu un otru ar 2000 omu.

Trūbiņā ar lielāko pretestību signāli pavājināti, bet dzirdami visu laiku un tā tad derīgi skaitīšanai, turpretīm mazās pretestības trūbiņā signāli dzirdami



12. zīm. Chronometra pieslēguma schēma, uztveršanā lietājot klausamās trūbiņas ar divējādu pretestību.

skaidri un tikai kontaktu brīžos, kāpēc izmantojami koincidence atzīmēšanai.

Kā jau sākumā minēts, novērojumos lietotā uztveršana paņēmienā chronometrs pieslēgts blakus klausamai trūbiņai un tā, ka strāvas plūsmi caur chronometru pretestībai ar reostata ieslēgšanu palielināta, tad kontakta brīžos iekritošie signāli pilnīgi pazūd.

Lai varētu izsekot pareizam signālu skaitam, pa ritmu skaitīšanas laiku chronometrs apvienots no raidsignālu uztverēja un tikai īsu brīdi pirms koincidence, kad atbilstošo signālu jau nekļūdīgi var turpināt saskaitīt pēc chronometra sekundu sitieniem, tas atkal pieslēgts uztvērējam.

Paņēmiena priekšrocība tā, ka nav vajadzīgs reostāts un dažādu pretestību klausāmās trūbiņas un parādošies ritmi vai to daļas ļoti asi izdalās, tā pavairojot uztveršanas noteikšanu.

Visām raidstacijām uztvertie momenti reducēti noraidīto signālu vidum. Noraidīti signāli Grinvičas vidējā laikā, bet novērojumu chronometrs iestādīts Rīgas zvaigžņu laikā. Lai atrastu chronometra korekciju, signālu vidum atbilstošais noraidīšanas laiks  $T_v$  izteikts Rīgas zvaigžņu laikā  $S$ ,

$$S = T_v (1 + \mu) + S_0 + l,$$

te  $\mu$  — koeficients vidējo laika vienību pārvēršanai zvaigžņu laika vienībās

$S_0$  — zvaigžņu laiks vidējās diennakts sākumā

$l$  — ģeografiskā garuma difference starp Rīgu un Grinviču =  $1^h 36^m 28^s,065$ .

Katras stacijas signālu noraidīšanas vidum

$T_v (1 + \mu) + l$  var izteikt kā konstantu lielumu.

Raidstacija	Signālu vidus $T_v$ Grinvičas vidējā laikā	$T_v (1 + \mu) + l$
Rugby . . . . .	9 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	11 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,219 19 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,071
Bordeaux . . . . .	8 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 20 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	9 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,492 21 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,769
Paris . . . . .	9 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 22 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	11 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,276 0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,410
Nauen . . . . .	0 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> 12 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	1 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,640 13 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,918

Summējot izteiksmes  $T_v (1 + \mu) + l$  atbilstošo laiku ar signālu uztveršanas vidējās diennakts sākuma zvaigžņu laiku  $S_0$  būtu iegūts noraidīto signālu vidum Rīgas zvaigžņu laiks, ja signāli tiktu noraidīti jau atzīmētā laikā pietiekoši precīzi.

Izrādas, ka signāli parasti tiek noraidīti dažas simtdaļas ātrāk, vai arī vēlāk un tāpēc noraidīšanas momentam jāpie-

dod zināms izlabojums, kas pēc noraidīto pulksteņu korekciju galīgas noteikšanas tiek publicēts atsevišķos biļetenos.

Sinī darbā minētiem novērojumiem noraidīšanas laiku izlabojumi iegūti no „Bulletin Horaire du Bureau International de l'heure“ galīgi aplēstiem rezultātiem.

Tā kā signālu noraidīšanas laika izlabojumi  $\Delta T_v$  ir pietiekoši niecīgi, tad izslēdzot atsevišķus retus izņēmuma gadījumus, viņu vienību skaits būs vienāds ar zvaigžņu laika vienību skaitu  $\Delta S$ , kuŗu summējot ar iepriekš aplēsto noraidīšanas momentam atbilstošo Rīgas zv.

laiku  $S$ , būs iegūts chronometra korekciju aplēsē minētais faktiskais laiks

$$T = S + \Delta S$$

Laikā  $T$  esošais chronometra nolasiņums  $Ch$  iegūstams jau minēto raidsignālu uztveršanas ceļā.

**Raidsignālu uztveršanas piemērs.**

Bordeaux 8. 7. 33. 8h

Uztveršanas atzīmes:		Koincidence atzīmes		Starpība starp vid. un koincidējošo sign.	Redukcija signālu vidum	Uztvertie momenti reducēti signālu vidum
Chronometrs	Intervalla №, sērija un parādīšanas laiks daļa	Chronometrs	Intervalls			
4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,5	20 <sub>III</sub> , $\frac{1}{2}$	4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,00	141,50	+ 11,00	+10 <sup>s</sup> ,849	4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,849
44 13,5	32 <sub>IV</sub> , $\frac{1}{2}$	44 13,00	214,50	- 62,00	-1 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup> ,151	11,849
45 25,5	44 <sub>V</sub> , $\frac{1}{4}$	45 25,25	287,75	-135,25	-2 <sup>m</sup> 13,397	11,853
45 42,0	sign. beig.					Chr.=4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,850

Signālu noraidīšanas vidum:	$T_v(1 + \mu) + 1 = 9^h 41^m 17,492$
No Berlīnes Astronomisches Jahrbuch,	8.7.33, $S_0 = 19 \ 1 \ 58,833$
	$S = 4^h 43^m 16^s,353$
No Bulletin Horaire	$\Delta T_v = \Delta S = + \ 0,028$
	$T = 4^h 43^m 16^s,353$

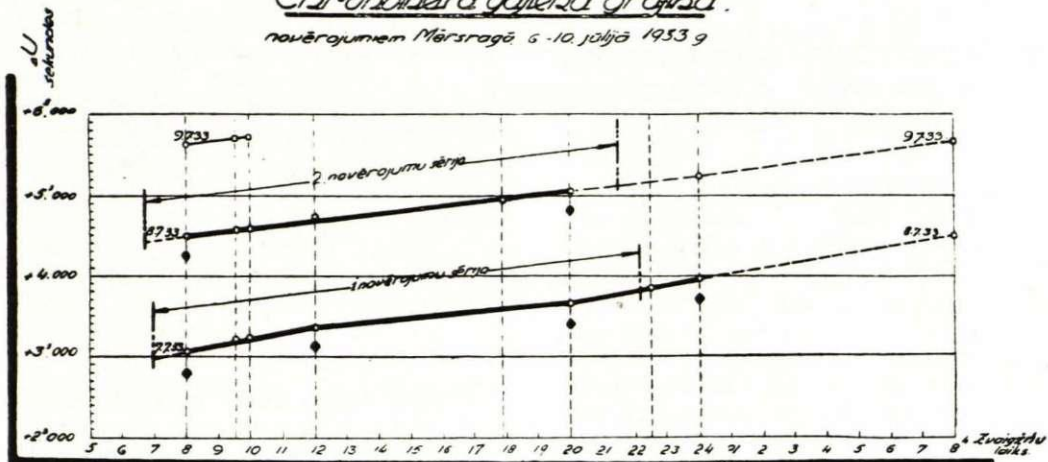
Chronometra korekcija  $U = T - Chr. = + 4^s,503$   
 Uztverot to pašu raidstaciju 8. 7. 33. 20<sup>h</sup>,  $T = 16^h 45^m 14^s,617$   
 Chronometra korekcija  $U = + 5^s,065$

Chronometra gājiena korekcija šiem uztvērumiem

$$\Delta S_u = \frac{\Delta U}{\Delta T} S = \frac{+ 5,065 - (+ 4^s,503)}{16^h 45^m 14^s,617 - 4^h 43^m 16^s,353} 0,508_s = 129,7 \cdot 0,508_s \cdot 10^{-7} = + 66^s \cdot 10^{-7}$$

Kā sekojošā chronometra gājiena grafikā redzams, vidū starp Bordo stacijas rīta un vakara signāliem chronometra korekcija noteikta arī no citām raidstacijām.

Chronometra gājiena grafika  
 novērojumiem Mērsragā 6. 10. jūlijā 1933 g



13. zīm.

8. 7. 33. no visām raidstacijām aplēstās chronometra korekcijas norāda uz diezgan konstantu chronometra gājienu, tas ļoti maz atšķiras no taisnes un tāpēc novērojumu chronometra gājiena korekcijas lietota vidējā jau piemērā izskaitlotā vērtība.

Citāds veids ir chronometra gājienam iepriekšējā, 7. 7. 33., novērojumu dienā, te chronometra gājiens jau redzami svārstās un aplēsei ņemta chronometra gājiena korekcija grafikā ar ♦ apzīmētos posmos.

Vispārīgi jāsaka, ka novērojumos lietotais Astronomiskās Observatorijas chronometrs uzrādījis ļoti konstantu gājienu un tikai samērā retos gadījumos tas cik necik jūtami atšķiras no taisnes.

Tāds izņēmuma gadījums attiecas uz Mērsraga 1. novērojumu sēriju un izskaidrojams ar ļoti grūtiem pārvietošanās apstākļiem no iepriekšējās novērojumu vietas (Kolkas) un ar pēc pārbraukšanas ļoti drīzi sekojošiem novērojumiem. Kā redzams, nākošā dienā chronometrs jau nomierinājies un uzrāda pietiekoši konstantu gājienu.

**Novērojumu vietu svārstību laiku aplēse.**

Katrā novērojumu vietā novērojumi izdarīti 2 sērijās. Katrā sērijā ietilpst divkāršs katra svārsta svārstības laika novērojums svārstu numuru 1. — 2. — 3. — 4. — 4. — 3. — 2. — 1. kārtībā. Starp sē-

rijām pārtraukums, tas izmantots atpūtai. Novērojumu atzīmju, un svārstību laiku izskaitļojumiem, piemēra veidā atzīmēts vienreizējs 3. svārsta novērojums Mērsragā.

Mērsragā, 7.7.33		3. svārsts	
1. 13 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,3	t <sub>1</sub> = 19,2	1. 14 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,3	t <sub>2</sub> = 19,2
2. 07 2, 4		2. 47, 4	
3. 30, 7	B <sub>1</sub> = 764,2	3. 43 15, 7	B <sub>2</sub> = 764,2
4. 59, 9		4. 44, 8	
5. 0,8 28, 1	T <sub>1</sub> = 19,2	5. 44 13, 2	T <sub>2</sub> = 19,1
6. 57, 3		6. 42, 4	
7. 0,9 25, 4	h = 75	7. 45 10, 6	
8. 54, 8		8. 39, 8	
9. 10 22, 9	a <sub>1</sub> = 13,0	9. 46 8, 2	a <sub>2</sub> = 6,5
10. 52, 3		10. 37, 3	
11. 11 20, 4			
10c = 4 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,1		S <sub>1</sub> = 0 <sup>s</sup> ,5088573	
200c = $\frac{4 \cdot 47,1}{10} \cdot 200 =$		Δ S <sub>t</sub> = — 69	
= 1 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,0		Δ S <sub>b</sub> = + 41	
13 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,3		Δ S <sub>a</sub> = — 16	
1 35 42,0		Δ S <sub>3</sub> = — 6	
14 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,3		Δ S <sub>u</sub> = + 53	
		S = 0 <sup>s</sup> ,5088576	
		200c = 1 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,06	
		1c = 28 <sup>s</sup> , 7253	
		4c = 114,9012	
		s <sub>1</sub> = 0 <sup>s</sup> ,5 + $\frac{1}{112,9012} =$	
		= 0 <sup>s</sup> ,5088573.	
		D = $\frac{763,6 - 4,6}{813,3} =$	
		= $\frac{759,0}{813,3} =$	
		= 0,9332	
		1 - D = + 0,0668	

Ja novērojumu laikā bijuši kādi traucējumi ārēji apstākļi, kā kustība novērojumu telpā, vai arī kādi satricinājumi blakus telpās u. c., attiecīgie novērojumi nav atkārtoti, bet izdarītas atzīmes, vadoties no kuŗām aplēsē šie šķietami nedrošākie novērojumi nav ņemti vērā.

Kā tas iz smaguma spēku novērojumu aplēses redzams, novērošanas vietai pieņemtiem pamatapstākļiem reducētais svārstības laiks S summējas no tieši novērotā svārstības laika S<sub>1</sub> un no vairāku iespaidu korekcijām. Visi šie lielumi nav noteikti absolūti precīzi, bet gan ar lielākām vai mazākām kļūdām.

Skatoties pēc novērojumu nolasiņumu svārstībām 200 koincidenču laika vidēja rezultāta kļūda ir ap ± 0<sup>s</sup>,1, izteicot to svārstību laikā, S<sub>1</sub> būs noteikts ar diezgan mazu kļūdu:

$$m_{s_1} = \pm 2^s \cdot 10^{-7}.$$

Svārstu temperatūras nolasiņai lietāti C. 0<sup>o</sup>,1 iedaļu termometri un var pieņemt, ka svārstu vidēja temperatūra tiek noteikta ar kļūdu ± 0<sup>o</sup>,5, tas dotu temperatūras korekcijas kļūdu:

$$m_t = \pm 0,5 \times 57 = \pm 3^s \cdot 10^{-7}.$$

Svārstu barometriskās korekcijas kļūdu m<sub>b</sub> var pieņemt ap ± 2<sup>s</sup> · 10<sup>-7</sup>.

Amplitūdu korekciju kļūda m<sub>a</sub> parasti nepārsniedz skaitļu noapaļojumu un nebūs lielāka par ± 1 · 10<sup>-7</sup>.

Arī līdzsvārstību korekciju kļūda m<sub>3</sub>, kā to novērojumi rāda, nepārsniedz ± 1<sup>s</sup> · 10<sup>-7</sup>.

Chronometra gājiena korekcijas kļūda sastādīsies no signālu uztveršanas noteiktības un no laika, kuŗam signāli attiecīnāti. Signālu uztveršanas kļūdu pēc pie-

lietāta paņēmiena pietiekoši labas dzirdamības apstākļos var pieņemt ap  $\pm 0^s,002 - 0^s,004$ .

Vairākās novērojumu vietās raidsignālu uztvērēja primitīvas uzstādīšanas dēļ,

Pieņemot chronometra korekciju atbilstošās laika vidēji  $12^h$  chronometra gājiena korekcijas kļūda

$$m_u = \pm \sqrt{\frac{0,005^2 + 0,005^2}{43200}} = \pm 2^s \cdot 10^{-7}.$$

Ievērojot visus šos apstākļus svārstību laika rezultātu vidējo kļūdu  $m_s$  varētu gaidīt ap

$$\pm \sqrt{2^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2} = \pm 4^s,8 \cdot 10^{-7}$$

vai izsakot smaguma spēka vienībās ap  $\pm 2$  miligali.

Daudz bīstamākas par novērojumu nejaušām kļūdām ir sistēmātiskās kļūdas, to avoti varētu būt:

1) Kļūdainas temperatūras un barometriskās konstantes. Tas varētu celties no neprecīzas konstantu noteikšanas, vai arī no ar laiku iespējamo svārstu metālisko īpašību maiņas. It īsti temperatūras konstantu kļūdas sevišķi bīstamas tām novērojumu vietām, kur temperatūra daudz atšķiras no pamatpunkta novērojumu temperatūras.

2) Straujas gaisa spiediena un īsti temperatūras maiņas. Te var gadīties,

signālu dzirdamība pavāja un, var pieņemt, ka vidēji chronometra korekcija būs noteikta ar kļūdu  $\pm 0^s,005$ .

ka svārsts nespēj izsekot gaisa temperatūras maiņai un ja viņa termiskās uztveršanas spējas ir atšķirīgas no termometra termiskām uztveršanas īpašībām, tad arī nolasītā temperatūra nesaskanēs ar īsto svārsta temperatūru. Līdzīgi pie straujām gaisa spiediena maiņām faktiskie apstākļi var nesaskanēt ar atzīmētiem.

Lai izbēgtu no sistēmātiskām novērojumu kļūdām vai vismaz vairāk samazinātu novērojumi iekārtoti iespējami uzmanīgi.

Novērojumu vietās ar cik necik jūtamu temperatūras maiņu novērojumu sērijas ierindotas tā, lai viena puse no tās notiktu temperatūrai pieaugot, bet otra samazinoties.

Tāpat chronometra gājiena korekciju noteikšanā cieši ievērots, lai ja ne atsevišķas, tad gan vidējās chronometra gājiena korekcijas atbilstu īstenībai.

Ja no šāda veida apstākļiem varbūt atsevišķās vietās cietusi novēroto svārstību laiku saskaņa, tad tomēr rezultāti katrā ziņā būs īstāki.

Novērošanas vietu svārstību laiku rezultāti.

Novērošanas vieta	Svārstību laiks			
	1. svārsts	2. svārsts	3. svārsts	4. svārsts
Universitāte. (Ģeodāzijas institūts) 25.—30. maijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083376	0 <sup>s</sup> ,5085667		0 <sup>s</sup> ,5090113
	83380	5687	0 <sup>s</sup> ,5088694	0109
	83371	5708	8680	0082
	83375		8704	0083
	0 <sup>s</sup> ,5083375	0 <sup>s</sup> ,5085687	0 <sup>s</sup> ,5088693	0 <sup>s</sup> ,5090097
Universitāte. (Ģeodāzijas institūts) 12.—14. jūlijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083337	0 <sup>s</sup> ,5085679	0 <sup>s</sup> ,5088658	0 <sup>s</sup> ,5090104
	3360		8658	0088
	3324	5680	8650	0130
	3324	5661	8674	0124
	0 <sup>s</sup> ,5083336	0 <sup>s</sup> ,5085673	0 <sup>s</sup> ,5088660	0 <sup>s</sup> ,5090111
Universitāte. (Ģeodāzijas institūts) 16.—19. augustam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083347	0 <sup>s</sup> ,5085726	0 <sup>s</sup> ,5088669	0 <sup>s</sup> ,5090110
	3300	5715	8668	0094
	3345	5733	8667	0124
	3355	5687	8665	0131
	0 <sup>s</sup> ,5083344	0 <sup>s</sup> ,5085715	0 <sup>s</sup> ,5088667	0 <sup>s</sup> ,5090115
Universitāte. (Ģeodāzijas institūts) 11.—13. septembrim 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083350	0 <sup>s</sup> ,5085663	0 <sup>s</sup> ,5088672	0 <sup>s</sup> ,5090138
	3333	5648	8665	0135
	3320	5700	8690	0154
	3328	5640	8662	0138
	0 <sup>s</sup> ,5083333	0 <sup>s</sup> ,5085663	0 <sup>s</sup> ,5088672	0 <sup>s</sup> ,5090141
Kabilē. 1.—5. jūnijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083426	0 <sup>s</sup> ,5085743	0 <sup>s</sup> ,5088791	0 <sup>s</sup> ,5090179
	3415	5747	8776	0166
	3436	5803	8793	
	3439	5795	8774	
	0 <sup>s</sup> ,5083429	0 <sup>s</sup> ,5085769	0 <sup>s</sup> ,5088783	0 <sup>s</sup> ,5090172
Embūtē. 8.—11. jūnijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083432	0 <sup>s</sup> ,5085792	0 <sup>s</sup> ,5088763	0 <sup>s</sup> ,5090182
	3450	5804	8782	0192
	3435	5776	8787	0161
	3419	5776	8787	0183
	0 <sup>s</sup> ,5083434	0 <sup>s</sup> ,5085787	0 <sup>s</sup> ,5088779	0 <sup>s</sup> ,5090179
Ēdolē. 14.—17. jūnijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083368	0 <sup>s</sup> ,5085728	0 <sup>s</sup> ,5088700	0 <sup>s</sup> ,5090128
	3365	5669	8694	0127
	3342	5749	8674	0112
	3380	5735	8689	0127
	0 <sup>s</sup> ,5083366	0 <sup>s</sup> ,5085720	0 <sup>s</sup> ,5088689	0 <sup>s</sup> ,5090124

Novēršanas vietu svārstību laiku rezultāti.

Novērošanas vieta	Svārstību laiks			
	1. svārsts	2. svārsts	3. svārsts	4. svārsts
Miķeļtornī. 18.—21. jūnijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083254	0 <sup>s</sup> ,5085593	0 <sup>s</sup> ,5088565	0 <sup>s</sup> ,5090032
	3251	5621	8584	0027
	3242	5567	8580	0024
	3235	5606	8583	0039
	0 <sup>s</sup> ,5083245	0 <sup>s</sup> ,5085597	0 <sup>s</sup> ,5088578	0 <sup>s</sup> ,5090030
Kolkā. 1.—4. jūlijam.	0 <sup>s</sup> ,5083188	0 <sup>s</sup> ,5085534	0 <sup>s</sup> ,5088514	
	3188	5578	8528	
	3186	5570	8512	0 <sup>s</sup> ,5089968
	3177	5576	8528	9972
	0 <sup>s</sup> ,5083185	0 <sup>s</sup> ,5085564	0 <sup>s</sup> ,5088520	0 <sup>s</sup> ,5089970
Mērsragā. 6.—10. jūlijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083282	0 <sup>s</sup> ,5085624	0 <sup>s</sup> ,5088621	0 <sup>s</sup> ,5090057
	3271	5630	8576	0059
	3236	5574	8551	0054
	3262	5628	8577	
	0 <sup>s</sup> ,5083263	0 <sup>s</sup> ,5085614	0 <sup>s</sup> ,5088581	0 <sup>s</sup> ,5090057
Duntē. 23.—26. jūlijam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083327	0 <sup>s</sup> ,5085703		0 <sup>s</sup> ,5090073
	3291	5705	0 <sup>s</sup> ,5088646	0066
	3306	5670	8660	0073
	3314	5687	8647	0068
	0 <sup>s</sup> ,5083309	0 <sup>s</sup> ,5085691	0 <sup>s</sup> ,5088651	0 <sup>s</sup> ,5090070
Ainažos. 27.—30. jūlijam. 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083044	0 <sup>s</sup> ,5085427	0 <sup>s</sup> ,5088346	0 <sup>s</sup> ,5089809
	3057	5441	8411	9841
	3082	5446	8417	9867
	3056	5411	8355	9792
	0 <sup>s</sup> ,5083060	0 <sup>s</sup> ,5085431	0 <sup>s</sup> ,5088382	0 <sup>s</sup> ,5089827
Valmierā. No 31. jūlija — 3. augustam. 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083235	0 <sup>s</sup> ,5085574	0 <sup>s</sup> ,5088576	0 <sup>s</sup> ,5090008
	3239	5618	8584	0027
	3278	5660	8580	0050
	3232	5617	8554	0014
	0 <sup>s</sup> ,5083246	0 <sup>s</sup> ,5085617	0 <sup>s</sup> ,5088574	0 <sup>s</sup> ,5090025
Valkā. 5.—8. augustam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083127	0 <sup>s</sup> ,5085516	0 <sup>s</sup> ,5088506	0 <sup>s</sup> ,5089944
	3155	5521	8481	9931
		5506	8494	9950
	3145	5532	8492	9941
	0 <sup>s</sup> ,5083142	0 <sup>s</sup> ,5085519	0 <sup>s</sup> ,5088493	0 <sup>s</sup> ,5089941

Novērošanas vietu svārstību laiku rezultāti.

Novērošanas vieta	Svārstību laiks			
	1. svārsts	2. svārsts	3. svārsts	4. svārsts
Alūksnē. 9.—12. augustam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083290	0 <sup>s</sup> ,5085652	0 <sup>s</sup> ,5088654	0 <sup>s</sup> ,5090090
	3312	5706	8616	0078
	3313	5697	8612	0109
		5709	8653	0116
	0 <sup>s</sup> ,5083305	0 <sup>s</sup> ,5085691	0 <sup>s</sup> ,5088634	0 <sup>s</sup> ,5090098
Koknesē. 24.—27. augustam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083381	0 <sup>s</sup> ,5085747	0 <sup>s</sup> ,5089667	0 <sup>s</sup> ,5090148
	3372	5741	8690	0188
	3368	5761	8713	0189
	3394	5774	8662	0111
	0 <sup>s</sup> ,5083379	0 <sup>s</sup> ,5085756	0 <sup>s</sup> ,5088683	0 <sup>s</sup> ,5090134
Višķos. — 29.31. augustam 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083566	0 <sup>s</sup> ,5085945	0 <sup>s</sup> ,5088881	0 <sup>s</sup> ,5090351
	3584	5965	8873	0336
	3579	5958	8864	0330
	3571	5962	8919	0321
	0 <sup>s</sup> ,5083575	0 <sup>s</sup> ,5085957	0 <sup>s</sup> ,5088884	0 <sup>s</sup> ,5090334
Daugavpilī. 1.—4. septembrim 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083567	0 <sup>s</sup> ,5085954	0 <sup>s</sup> ,5088884	0 <sup>s</sup> ,5090354
	3586	5968	8897	0363
	3567	5963	8897	0360
	3575	5956	8901	0367
	0 <sup>s</sup> ,5083574	0 <sup>s</sup> ,5085960	0 <sup>s</sup> ,5088894	0 <sup>s</sup> ,5090361
Jēkabpilī. 5.—7. septembrim 1933. g.	0 <sup>s</sup> ,5083504	0 <sup>s</sup> ,5085896		0 <sup>s</sup> ,5090302
	3498	5895	0 <sup>s</sup> ,5088792	0302
	3551	5948	8843	0321
	3512	5876	8814	0292
	0 <sup>s</sup> ,5083516	0 <sup>s</sup> ,5085904	0 <sup>s</sup> ,5088816	0 <sup>s</sup> ,5090304

Svārstību laiki pamatpunktā (ūniversitātē) visos gadījumos neuzrāda novērojumu noteiktībai atbilstošo saskaņu.

Šādi svārstību laiku izlūkumi, kas saistās ar svārstu gaŗumu maiņu, parasti rodas pie svārstu spējiem satricinājumiem.

1933. g. novērojumos sevišķi nelabvēlīgie instrumentu pārvadaŗanas apstākļi (pārbraukumi laucinieku pajūgos pa dažādiem lauku ceļiem vairāk desmitus kilometrus, un tālāki braucieni autobusos) tad arī atstājuŗi savu iespaidu.

Kā no Rīŗa novērotiem svārstību laiku rezultātiem redzams, 1. un 3. svārsts mainījies savu gaŗumu starp maiŗa un jūnija novērojumiem un 2. svārsts starp jū-

nija un augusta novērojumiem.

Izsekojot svārstību laiku diferencēm starp vienu otram sekojoŗiem punktiem, redzams, ka izlēcieni iekrit pārbraukumu laikā: 1. svārstam — Rīŗa-Kabile, 3. svārstam — Embūte-Ēdole un 2. svārstam — Rīŗa-Dunte.

Novēroŗanas vietu svārstību laiku diferencēm Rīŗai, 1. svārstam ņemts vidējais no pēdējiem trijiem novērojumiem — 0<sup>s</sup>,508 3338, 2. svārstam līdz gaŗuma maiŗai vidējais no pirmiem diviem novērojumiem — 0<sup>s</sup>,508 5680, un tālāk 0<sup>s</sup>,508 5715 un 3. svārstam līdz maiŗai — 0<sup>s</sup>,508 8693 un tālāk vidējais no pēdējiem 3 novērojumiem 0<sup>s</sup>,508 8666.

Kā pamatpunkta novērojumi un arī novērojumos viens otram sekojošo punktu diferences to rāda,

4. svārstam nav izlēcienu, bet gan pa-

kāpeniska svārsta garuma pārveidošanās, kāpēc arī te svārstību diferencēm Rīgai lietāts noteicamā punkta novērošanas laikam atbilstošais Rīgas svārstības laiks.

Novērošanas vietu svārstību laiku diferences.

	Svārsti	Svārstību laiku diferences $\Delta S$
Kabile—Rīga	1	+ 91 · 10 <sup>-7</sup>
	2	+ 89
	3	+ 90
	4	+ 73
	$\Delta S = + 86^s \cdot 10^{-7} \pm 4^s \cdot 10^{-7}$	
Embūte—Rīga	1	+ 96
	2	+ 107
	3	+ 86
	4	+ 78
	$\Delta S = + 92 \cdot 10^{-7} \pm 6^s \cdot 10^{-7}$	
Ēdole—Rīga	1	+ 28
	2	+ 40
	3	+ 23
	4	+ 21
	$\Delta S = + 28 \cdot 10^{-7} \pm 4 \cdot 10^{-7}$	
Miķeļtornis—Rīga	1	+ 93
	2	- 83
	3	- 88
	4	- 75
	$\Delta S = - 85 \cdot 10^{-7} \pm 4 \cdot 10^{-7}$	
Kolka—Rīga	1	- 153
	2	- 116
	3	- 146
	4	- 137
	$\Delta S = - 138^s \cdot 10^{-7} \pm 8^s \cdot 10^{-7}$	
Mērsrags—Rīga	1	- 75
	2	- 66
	3	- 85
	4	- 52
	$\Delta S = - 70^s \cdot 10^{-7} \pm 7^s \cdot 10^{-7}$	
Dunte—Rīga	1	- 29
	2	- 24
	3	- 15
	4	- 43
	$\Delta S = - 28^s \cdot 10^{-7} \pm 6^s \cdot 10^{-7}$	

Novērošanas vietu svārstību laiku diferences.

	Svārsti	Svārstību laiku diferences $\Delta S$
Ainaži—Rīga	1	— 278
	2	— 184
	3	— 284
	4	— 286
	$\Delta S = - 283^s \cdot 10^{-7} \pm 2^s \cdot 10^{-7}$	
Valmiera—Rīga	1	— 92
	2	— 98
	3	— 92
	4	— 88
	$\Delta S = - 92^s \cdot 10^{-7} \pm 2^s \cdot 10^{-7}$	
Valka—Rīga	1	— 196
	2	— 196
	3	— 173
	4	— 172
	$\Delta S = - 184^s \cdot 10^{-7} \pm 7^s \cdot 10^{-7}$	
Alūksne—Rīga	1	— 33
	2	— 24
	3	— 32
	4	— 15
	$\Delta S = - 26^s \cdot 10^{-7} \pm 4^s \cdot 10^{-7}$	
Koknese—Rīga	1	+ 41
	2	+ 41
	3	+ 17
	4	+ 14
	$\Delta S = + 28^s \cdot 10^{-7} \pm 7^s \cdot 10^{-7}$	
Višķi—Rīga	1	+ 237
	2	+ 242
	3	+ 218
	4	+ 209
	$\Delta S = + 226^s \cdot 10^{-7} \pm 8^s \cdot 10^{-7}$	
Daugavpils—Rīga	1	+ 236
	2	+ 245
	3	+ 228
	4	+ 231
	$\Delta S = + 235^s \cdot 10^{-7} \pm 4^s \cdot 10^{-7}$	
Jēkepils—Rīga	1	+ 178
	2	+ 189
	3	+ 150
	4	+ 169
	$\Delta S = + 172^s \cdot 10^{-7} \pm 8^s \cdot 10^{-7}$	

Novērošanas vietu svārstību laiku diferencu noteiktības raksturošanai aplē-

stas svārstību laika diferencu un diferencu rezultāta vidējās kvadratiskās kļūdas.

Svārstību laika diferencu un rezultāta kļūdas Kabilei—Rīgai.

$\Delta S$	$v$	$v v$
+ 91 . 10 <sup>-7</sup>	+ 5	25
+ 89	+ 3	9
+ 90	+ 4	16
+ 73	- 13	169
$\Delta S = + 86 . 10^{-7}$		$[v v] = 219$

$$m = \pm \sqrt{\frac{219}{4-1}} = \pm 8^s,6 . 10^{-7}$$

$$M = \pm \frac{8^s,6}{\sqrt{4}} = \pm \frac{8,6}{2} = \pm 4^s,3 . 10^{-7}$$

**Novērotā smaguma spēka aplēse.**

Novērošanas vietas atbilstošo smaguma spēku, salīdzinot ar Rīgas (universitātes ģeodāzijas institūtam) noteikto smaguma spēku, izteiks svārstību pamatformulu sakarība,

Rīgai  $S = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  un citam novērošanas

punktam  $S_i = \pi \sqrt{\frac{l}{g_i}}$ ,

no kuņģenes novērotā punkta smaguma spēks:

$g_i = g \frac{S^2}{S_i^2}$ , vai arī izvirzot rindā:

$$g_i = g - 2g \frac{S_i - S}{S} + 3g \left(\frac{S_i - S}{S}\right)^2 - 4g \left(\frac{S_i - S}{S}\right)^3 + \dots$$

Rindu formulā jau 2. kāpes loceklis sava niecīguma dēļ vairs rezultātus ne-

iespaido un tāpēc formula iegūst vienkāršāku veidu:

$$g_i = g - 2g \frac{S_i - S}{S}, \text{ kur:}$$

$g$  — smaguma spēks Rīgā,

$S$  — svārstību laiks Rīgā

un  $S_i$  — „ „ „ noteicamā punktā.

Rīgas smaguma spēks noteikts 1930. g. starptautiskos mērījumos, kas saskaņā ar Baltijas piejūras valšņu ģeodaitiskiem lēmumiem veikti divkārsi. Vienu novērotāju līdz ar visiem instrumentiem devusi Dānija un otru Vācija. Katrs no šiem novērotājiem, no Vācijas profesors Dr. H. Schmehl's un no Dānijas Dr. E. Andersen's, savus novērojumus veikuši pilnīgi neatkarīgi un dažādās vietās dažādos laikos.

Novērojumos pielietāts divu svārstu pretsvārstību paņēmieni. Statīvs slēgta tipa. Katrs novērotājs lietājis 8 svārstus, divus pārus — invara un divus pārus bronzas.

Visiem šiem novērojumiem kā pamatpunkts pieņemts Potsdamas Ģeodāzijas institūts, kur pēc daudz un dažādiem mērījumiem precīzi noteikts absolūtais smaguma spēks,  $G = 981,274$  gali, un tā atrašanās vietas un apkārtnes masu sa-

dalījums nenorāda uz kautik jūtāmām anomālijām.

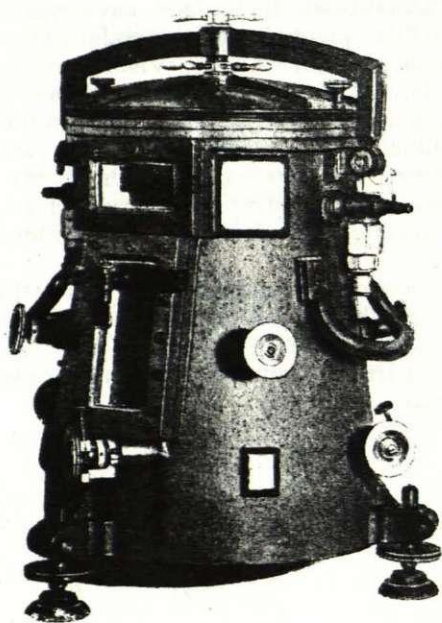
Dānijas novērotāja Dr. E. Andersen'a novērojumu rezultāti, svārstu temperatūru konstantu jaunnoteikšanas dēļ, vēl nav galīgi nolīdzināti.

Vācijas novērotājs prof. Dr. H. Schmehl's ieguvis sekojošus rezultātus:

Svārstu apzīmējumi	Novērošanas vietas							
	Kopenh.	Stokh.	Helsin.	Pulkova	Tallina	Rīga	Kauņa	Danciga
J. 10/11	981,555 <sub>6</sub>	981,845 <sub>5</sub>	981,915 <sub>7</sub>	981,901 <sub>2</sub>	981,840 <sub>1</sub>	981,659 <sub>4</sub>	981,492 <sub>0</sub>	981,448 <sub>6</sub>
J. 12/9	555 <sub>0</sub>	847 <sub>0</sub>	915 <sub>8</sub>	900 <sub>2</sub>	840 <sub>1</sub>	660 <sub>8</sub>	492 <sub>0</sub>	449 <sub>8</sub>
Br. $\frac{1}{2}$	556 <sub>6</sub>	845 <sub>4</sub>	914 <sub>0</sub>	897 <sub>8</sub>	840 <sub>2</sub>	657 <sub>5</sub>	490 <sub>6</sub>	449 <sub>4</sub>
Br. $\frac{3}{4}$	555 <sub>2</sub>	846 <sub>4</sub>	914 <sub>2</sub>	898 <sub>2</sub>	840 <sub>6</sub>	659 <sub>5</sub>	490 <sub>8</sub>	450 <sub>0</sub>
Vidējais:	555 <sub>6</sub>	846 <sub>2</sub>	914 <sub>0</sub>	899 <sub>4</sub>	840 <sub>2</sub>	659 <sub>3</sub>	491 <sub>4</sub>	449 <sub>3</sub>

Svārstu apzīmējumos skaitļi nozīmē svārstus un „Br.“ — bronzas svārstus.

svārstu numurus, bet burts „J“ — invara



14. zīm. Dānijas Ģeodāzijas institūta aparāts.

Latvijas apvidu smaguma spēku novērojumos, dažu tehnisku ērtību dēļ, izejas punktā — Universitātē, novērojumi nav izdarīti uz starptautisko novērojumu

pilāriem astronomisko pulksteņu priekštelpa, bet gan 3,7 m virs tā atrodošās Ģeodāzijas institūta telpās.

Ta tad starptautiskos novērojumos Dr. Schmehl'a noteiktais Rīgas smaguma spēks,  $g = 981,659_3$ , jāreducē par Latvijas novērojumu izejas vietas un starptautisko novērojumu pilāru augstumu diferenci.

Šī redukcija  $\Delta g = -0,000308 \cdot 3,7 = -0,001_1$  gali. Tad novērojumu izejas punkta (Rīgas) smaguma spēks novērojumu augstumā  $g = 981,659 - 0,001 = 981,658$  gali.

Citas novērojumu vietas smaguma spēks,

$$g_i = g - 2g \frac{\Delta S}{S},$$

apzīmējot, kā tas darīts svārstību laiku diferencu apzīmējumos,  $S_i - S$  ar  $\Delta S$ .

Visu svārstu vidējais svārstību laiks Rīgas novērojumiem  $S = 0,508695$ .

Ievietojot skaitliskās vērtības formulā,

$$g_i = 981,658 - 2 \cdot 981,658 \frac{\Delta S}{0,508695} = 981,658 - 3960 \cdot \Delta S$$

Vadoties no šīs skaitliskās izteiksmes, tad arī aplēsti novēroto vietu sma-

guma spēki:

Novērošanas vieta	Svārstību laiku diferences $\Delta S = S_i - S,$ $1^s. 10^{-7}$	Smaguma spēku diferences $\Delta g = -3860 \Delta S,$ galos	Novērošanas vietu smaguma spēki $g_i,$ galos
Kabile . . . . .	+ 86 ± 4	- 0,033 ± 0,002	981,625 ± 0,002
Embūte . . . . .	+ 92 ± 6	- 0,036 ± 0,002	,622 ± 0,002
Ēdole . . . . .	+ 28 ± 4	- 0,011 ± 0,002	,647 ± 0,002
Miķeltornis . . . . .	- 85 ± 4	+ 0,033 ± 0,002	,691 ± 0,002
Kolka . . . . .	- 138 ± 8	+ 0,053 ± 0,003	,711 ± 0,003
Mērsrags . . . . .	- 70 ± 7	+ 0,027 ± 0,003	,685 ± 0,003
Dunte . . . . .	- 28 ± 6	+ 0,011 ± 0,002	,669 ± 0,002
Ainaži . . . . .	- 283 ± 2	+ 0,109 ± 0,001	,767 ± 0,001
Valmiera . . . . .	- 92 ± 2	+ 0,036 ± 0,001	,694 ± 0,001
Valka . . . . .	- 184 ± 7	+ 0,071 ± 0,003	,729 ± 0,003
Alūksne . . . . .	- 26 ± 4	+ 0,010 ± 0,002	,668 ± 0,002
Koknese . . . . .	+ 28 ± 7	- 0,011 ± 0,003	,647 ± 0,003
Višķi . . . . .	+ 226 ± 8	- 0,087 ± 0,003	,571 ± 0,003
Daugavpils . . . . .	+ 235 ± 4	- 0,091 ± 0,002	,567 ± 0,002
Jēkabpils . . . . .	+ 172 ± 8	- 0,066 ± 0,003	,592 ± 0,003

Novērotie smaguma spēki, to salīdzināšanai ar normāliem teorētiskiem novērošanas vietu smaguma spēkiem attiecināmi noteiktai ģeoida, resp. sfairoīda virsai. Praktiski par šādu noteiktu virsu pieņemams jūras līmenis.

Ja normālo smaguma spēku izteiksme, šini gadījumā pielietotā Cassinisa formula, atrisināta ģeoida virsai ar noteikumu, lai ārpus tās nebūtu iespaidojošo masu, tad novēroto smaguma spēku redukcijai uz jūras līmeni krit svarā tikai novērošanas vietas augstums virs jūras līmeņa.

Tā kā masu pievilkšanas spēki ir pretēji proporcionāli atstatumu kvadrātiem, novērošanas vietas un jūras līmeņa augstumu smaguma spēku sakarību izteiks attiecība:

$$\frac{g_0}{g_i} = \frac{(R+H)^2}{R^2} = \left(1 + \frac{H}{R}\right)^2,$$

te  $g_0$  — smaguma spēks uz jūras līmeņa,

$g_i$  — " " " novērošanas augstumā,

H — novērošanas augstums virs jūras līmeņa,  
R — zemes lodes radijs.

*Baltijas piejūras valstīs smaguma spēku pamatpunkts.*



15. zīm Baltijas piejūras valstu smaguma spēku pamatpunktu karte.

Parveidojot šo izteiksmi un atmetot praktiski nenozīmīgos lielumus, smaguma spēka diference

$$\Delta g' = g_0 - g_1 = \frac{2g_0}{R} \cdot H$$

Izteicot skaitliski šo novērojumu vietas bezmasu redukciju

$$\Delta g' = \frac{2 \times 981,66}{6386000} = 0,000308 \cdot H.$$

Te H novērojumu vietas augstums metros.

Divu samērā tuvu punktu novēroto smaguma spēku salīdzināšanai viņi jāattiecina vienam un tam pašam augstumam, ievērojot starp salīdzināšanas līmeni un novērojumu augstumu gulošās masas. Parasti arī te par salīdzināšanas augstumu pieņem jūras līmeni.

Sinī gadījumā lietā Bouguer'a izteiksmi,

$$\Delta g' + \Delta g'' = \frac{2H}{R} \left( 1 - \frac{3}{4} \frac{\delta}{D} \right) g_0,$$

te  $\delta$  — starp jūras līmeni un novērošanas augstumu esošo masu blīvums

un D — visas zemes lodes masas vidējais blīvums = 5,5.

Bouguer'a izteiksme, kā redzams sastāv no divām daļām. Pirmā daļa,

$$\Delta g' = \frac{2g_0}{R} \cdot H, \text{ ir jau apskatītā bezmasu}$$

redukcija, bet otrā, tā sauktais masu iespaids,

$$\Delta g'' = -\frac{3}{4} \cdot \frac{\delta}{D} \cdot \frac{2 \cdot g_0}{R} \cdot H.$$

Novērošanas vietām starpmassu blīvumu  $\delta$  vidēji pieņemot = 2,5,

$$\Delta g'' = -0,000308 \cdot \frac{7,5}{22,0} \cdot H = -0,000105 \cdot H$$

Ļoti nelīdzenās vietās, bez tam vēl jāievēro arī topogrāfiskā redukcija, bet mūsu apstākļos tā jūtamu lomu nespē un tāpēc arī nav ņemta vērā.

Apzīmējot jūras līmenim ar bezmasu redukciju izskaitļoto smaguma spēku ar  $g'_0$ , bet ar Bouguer'a redukciju izskaitļoto ar  $g''_0$ , smaguma spēka anomālijas.

$$\Delta g_1 = g'_0 - \gamma,$$

$$\Delta g_2 = g''_0 - \gamma.$$

Novērošanas vietas	Novērošanas vietu augstumi			Smaguma spēka redukcijas jūras līmenim		
	a) No aparāta līdz zemes virsai, metros.	b) no zemes virsas līdz jūras līmenim, metros	c) kopaugstums metros	Bezmasas redukcija $\Delta g'$ , galos	Massu iespaids $\Delta g''$ , galos	Bouguera redukcija $\Delta g' + \Delta g''$ , galos
Rīga . . . . .	3,7	4,7	8,4	+0,003	0,000	+0,003
Kābile . . . . .	1,5	95,5	97,0	+0,030	-0,010	+0,020
Embūte . . . . .	1,6	125,5	127,1	+0,039	-0,013	+0,026
Ēdole . . . . .	1,1	72,1	73,2	+0,023	-0,008	+0,015
Miķeļtornis . . . . .	1,1	3,3	4,4	+0,001	0,000	+0,001
Kolka . . . . .	1,2	3,8	5,0	+0,002	0,000	+0,002
Mērsrags . . . . .	1,4	5,6	7,0	+0,002	-0,001	+0,001
Dunte . . . . .	1,1	5,7	6,8	+0,002	-0,001	+0,001
Ainaži . . . . .	1,8	6,9	8,7	+0,003	-0,001	+0,003
Valmiera . . . . .	3,2	43,9	47,1	+0,015	-0,005	+0,010
Valka . . . . .	0,0	51,8	51,8	+0,016	-0,005	+0,011
Alūskne . . . . .	0,9	189,2	190,1	+0,059	-0,020	+0,039
Koknese . . . . .	0,7	67,8	68,5	+0,021	-0,007	+0,014
Višķi . . . . .	0,9	112,5	119,4	+0,037	-0,012	+0,025
Daugavpils . . . . .	1,7	93,3	95,0	+0,029	-0,010	+0,019
Jēkabpils . . . . .	1,3	81,9	83,2	+0,026	-0,009	+0,017

Novērojumu vietas	Novērojumu vietu normālais smaguma spēks $\gamma$ , galos	Novērotais jūras līmenim attiecinātais smag. spēks, ņemot vērā starpgulošas masas $g_0'$ , galos	Novērotais jūras līmenim attiecinātais smag. spēks, ievērojot starpgulošas masas $g_0''$ , galos	Smaguma spēka anomālija, ņemot vērā starpgulošas masas $\Delta g_1 = g_0' - \gamma$ , galos	Smaguma spēka anomālija, ņemot vērā starpgulošas masas $\Delta g_2 = g_0'' - \gamma$ , galos
Rīga . . . . .	981,694	981,661	981,661	-0,033	-0,033
Kabile . . . . .	,695	,655	,645	-0,040	-0,050
Embūte. . . . .	,656	,661	,648	+0,005	-0,008
Ēdole . . . . .	,701	,670	,662	-0,031	-0,039
Miķeltornis . . . . .	,747	,692	,692	-0,055	-0,055
Kolka . . . . .	,760	,713	,713	-0,047	-0,047
Mērsrags . . . . .	,726	,687	,786	-0,039	-0,040
Dunte . . . . .	,729	,671	,670	-0,058	-0,059
Ainaži . . . . .	,769	,770	,769	+0,001	0,000
Valmiera . . . . .	,742	,709	,704	-0,033	-0,038
Valka . . . . .	,761	,745	,740	-0,016	-0,021
Alūksne . . . . .	,733	,727	,707	-0,006	-0,026
Koknese . . . . .	,668	,668	,661	0,000	-0,007
Višķi. . . . .	,620	,608	,596	-0,012	-0,024
Daugavpils . . . . .	,603	,596	,586	-0,007	-0,017
Jēkabpils . . . . .	,656	,618	,609	-0,038	-0,047

Senākie novērojumi.

Senāk novēroto smaguma spēku un to anomāliju salīdzināšanai ar šīnī darbā gūtiem rezultātiem agrākos laikos izdarītie novērojumu rezultāti pārlēsti par

jauņu ar šīnī darbā par pamatu pieņemtiem lielumiem, lietājot normālā smaguma spēka aplēsei jau minēto Cassinis formulu.

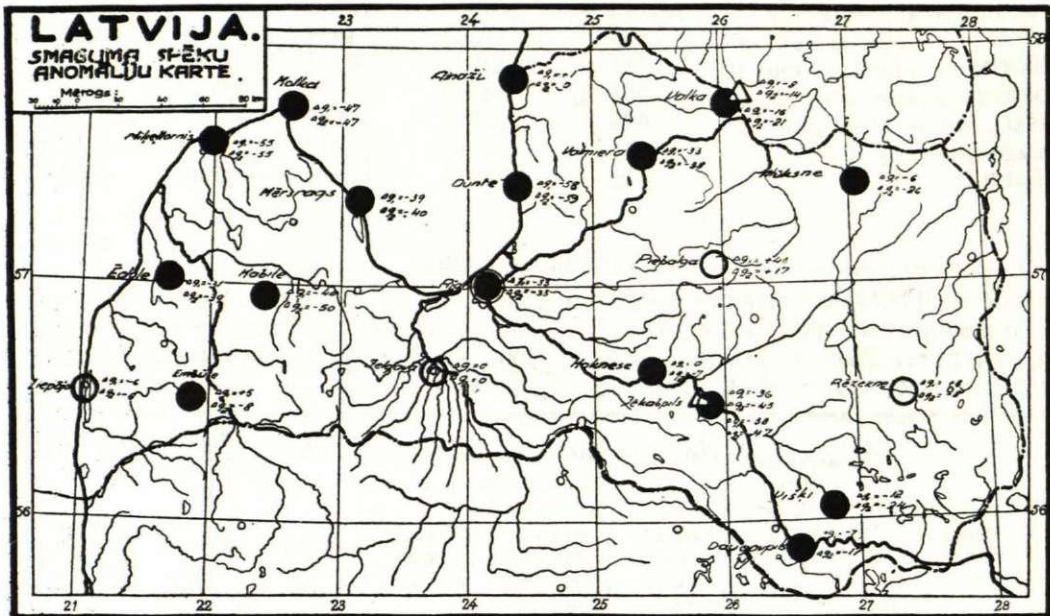
Novērojumu vieta	Novērojumu vietu smaguma spēki $g_i$ , galos	Novērojumu vietu augstumi			Smaguma spēku redukcijas jūras līmenim.		
		a) No aparāta līdz zemes virsai, metros	b) No zemes virsas līdz jūras līmenim, metr.	c) Kopaugstums, metros	Bezmasas redukcija $\Delta g'$ , galos	Massu iespaids $\Delta g''$ , galos	Bouguer'a redukcija $\Delta g' + \Delta g''$ , galos
Valka . . . . .	981,737			55	+0,017	-0,006	+0,011
Jēkabpils . . . . .	,594			83	+0,026	-0,009	+0,017
Jelgava . . . . .	981,668	1,0	3,5	4,5	+0,001	0,000	+0,001
Liepāja . . . . .	,646	12,0	3,0	15,0	+0,005	0,000	+0,005
Piebalga . . . . .	,678	1,4	225,5	226,9	+0,070	-0,024	+0,046
*) Rēzekne . . . . .	,616	5,0	154,1	159,1	+0,049	-0,016	+0,033

\*) Smaguma spēka rezultāts Rēzeknē neprecīzas chronometra korrekcijas noteikšanas dēļ nedrošāks kā citās novērojumu vietās.

Novērojumu vieta	Novērotājs	Novērojumu gads	Novērojumu vietu ģeogrāfiskās koordinātas		Novērojumu vietas normālais smaguma spēks $\gamma$ , galos
			$\varphi$	$l$	
Valka . . . . .	Sergijevskis	1901	57° 46',7	26° 01',8	981,762
*) Jēkabpils. . . . .	Savičs un Smilovs	1866	56° 30',1	25° 46',0	656
Jelgava . . . . .	Jungs	1928	56° 39',0	23° 43',8	981,669
Liepāja . . . . .			56° 30',9	20° 59',9	,657
Piebalga . . . . .			57° 06',5	25° 55',7	,707
Rēzekne . . . . .			56° 30',9	27° 20',0	,657

\*) Jēkabpili novērots smaguma spēks ar Repsolda svārstu.

(Nākošo tabulu sk. 119. lapp.)



16. zīm. Smaguma spēku anomāliju karte.

Tagadējo un senāko novērojumu vietu anomāliju pārskatāmībai sastādīta anomāliju karte.

Smaguma spēku anomāliju kartē ar ● apzīmētas 1933. g. novērojumu vietas, ar ○ — 1928. g. novērojumu vietas un ar △ vissenāko novērojumu vietas; vietu skaitļi — anomālijas miligalos.

Novērojumos iegūtie rezultāti, lai gan neuzrāda sevišķi lielas atšķirības, sa-

lidzinot ar sastopamām atšķirībām zemes lodes dažādās vietās, tomēr diezgan raksturīgi, it īsti savstarpējo attiecību ziņā.

Anomāliju cēloņu varbūtejo izskaidrojumu kā arī rezultātu un to nozīmes tuvāku apskatu varēs dot pēc ciešāka gravimetrisko novērojumu punktu tīkla sastādīšanas un anomāliju rakstura sīkākām pētījumiem.

Novērojumu vietas	Novērojumu vietu normālais smaguma spēks $\gamma$ , galos	Novērotais jūras līmenim attiecinātais smaguma spēks, neņemot vērā starpgulošās masas $g_0'$ , galos	Novērotais jūras līmenim attiecinātais smaguma spēks, ievērojot starpgulošās masas $g_0''$ , galos	Smaguma spēka anomālija, neņemot vērā starpgulošās masas $\Delta g_1 = g_0' - \gamma$ , galos	Smaguma spēka anomālija, ņemot vērā starpgulošās masas $\Delta g_2 = g_0'' - \gamma$ , galos
Valka . . . . .	981,762	981,754	981,748	-0,008	-0,014
Jēkabpils . . . . .	,656	,620	,611	-0,036	-0,045
Jelgava . . . . .	981,669	981,669	981,669	0,000	0,000
Liepāja . . . . .	,657	,651	,651	-0,006	-0,006
Piebalga . . . . .	,707	,748	,724	+0,041	+0,017
Rēzekne . . . . .	,657	,665	,649	+0,008	-0,008