

UDK 528.283

## ASTRONOMINIO DIENOVIDINIO NUSTATYMO PAGAL SAULĖS VALANDINĮ KAMPĄ GALIMYBIŲ TYRIMAS

Petras Petroškevičius, Romuald Obuchovski

*Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geodezijos institutas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius-40, Lietuva, el. paštas: gi@ap.vtu.lt*

*Įteikta 2005 12 05, priimta 2005 12 14*

**Santrauka.** Pateikiami astronominio dienovidinio nustatymo galimybių tyrimo rezultatai. Dienovidinio kryptčiai gauti nagrinėjamas astronominio azimuto nustatymo pagal Saulės valandinį kampą metodas. Iširtos geriausios Saulės azimuto nustatymo sąlygos. Išnagrinėta punkto ir Saulės koordinatėjų paklaidų įtaka. Nustatyta Saulės valandinio kampo paklaidos įtakos priklausomybė nuo Saulės deklinacijos ir platumos. Nurodytos platumos ir deklinacijos paklaidų įtakos mažinimo galimybės. Išnagrinėti horizontaliojo kampo tarp pasirinktos kryptties ir Saulės matavimo ypatumai. Išanalizuota Saulės regimojo spindulio ir azimuto kitimo pagreičio pokyčių įtaka. Remiantis gautais tyrimų rezultatais galima pasirinkti tinkamiausią laiką kryptties astronominiam azimutui, o kartu ir astronominio dienovidinio kryptčiai nustatyti, atsižvelgiant į žinomas parametrų paklaidas, punkto platumą ir metų laiką.

**Prasminiai žodžiai:** astronominis dienovidinis, astronominis azimutas, geriausios sąlygos Saulės azimutui nustatyti, astronominio azimuto nustatymas pagal Saulės valandinį kampą.

### 1. Įvadas

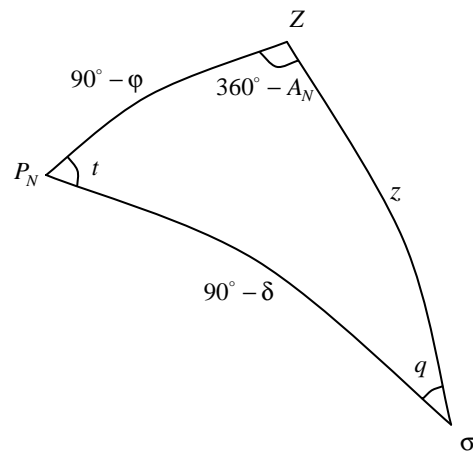
Astronominio dienovidinio krypttį galima nustatyti astronominiais metodais: pagal išmatuotus Saulės zenitinius nuotolius, Šiaurinės valandinį kampą [1] ir kt. [2]. Patogu astronominio dienovidinio krypttį rasti pagal Saulės valandinį kampą nustatant tam tikros kryptties astronominį azimutą [1]. Todėl svarbu iširti šio metodo galimybes, kai kryptties astronominį azimutą siekiama nustatyti  $10''$  ar didesniu tikslumu. Straipsnyje pateikiami atliktų tyrimų rezultatai.

### 2. Azimuto nustatymas pagal Saulės valandinį kampą

Kryptties astronominiam azimutui  $a$  nustatyti teodolitu matuojamas horizontalusis kampas  $Q$  tarp pasirinktos kryptties ir Saulės. Matavimų momentu – Saulės azimutas  $A_N$  atskaičiuojamas nuo kryptties į šiaurę, randamas pagal jos pusiaujines ir punkto astronomines koordinatas sprendžiant pagal paralaksinį trikampį (1 pav.)

$$\tan A_N = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \tan \delta}, \quad (1)$$

čia  $\varphi$  – punkto, kuriame nustatomas azimutas, astronominė platumą;  $t = s - \alpha$  – Saulės valandinis kampas;  $\delta$  ir  $\alpha$  – Saulės regimosios pusiaujinės koordinatės deklinacija ir rektascensija;  $s = T + u$  – vietinis žvaigždžių laikas;  $T$  – chronometro rodmuo ir  $u$  – chronometro pataisa Saulės stebėjimo momentu.



1 pav. Paralaksinis trikampis  
Fig 1. Parallax triangle

Chronometro pataisa gaunama naudojantis laiko signalų priėmimo rezultatais. Signalai priimami prieš ir po matavimų. Pirmiausia ir skaičiuojamos tų momentų chronometro pataisų vietinio žvaigždžių laiko atžvilgiu reikšmės  $u_1$  ir  $u_2$ . Taikomos formulės:

$$u = s - T, \quad (2)$$

$$s = S_0 + UT1 + UT1\mu + \lambda, \quad (3)$$

čia  $S_0$  – žvaigždžių laikas Grinvičo vidutinį vidurnaktį;  $UT1$  – pasaulinis laikas signalo perdavimo momentu;  $UT1\mu$  – vidutinio laiko vienetų pavertimo į žvaigždžių

vienetus pataisa;  $\mu = 1/365,24219879$ ;  $\lambda$  – punkto astronominė ilguma. Chronometro pataisa Saulės stebėjimo momentu skaičiuojama pagal formulę

$$u = u_1 + \omega(T - T_1)^h, \quad (4)$$

čia  $\omega$  – valandinė chronometro eiga –

$$\omega = \frac{u_2 - u_1}{(T_2 - T_1)^h}. \quad (5)$$

Krypties astronominis azimutas skaičiuojamas pagal formulę

$$a = A_N + Q. \quad (6)$$

Nustatytu pasirinktos krypties astronominiu azimutu ir apibrėžiama astronominio dienovidinio kryptis.

Iš (6) formulės išplaukia, kad krypties astronominio azimuto paklaida  $\Delta a$ , išreiškiama formule

$$\Delta a = \Delta A_N + \Delta Q, \quad (7)$$

priklauso nuo Saulės azimuto paklaidos  $\Delta A_N$  ir išmatuoto horizontaliojo kampo paklaidos  $\Delta Q$ . Išsiaiškinsime, kokioms sąlygoms esant Saulės azimutą galima nustatyti tiksliausiai ir kokių ypatumų turi kampo tarp pasirinktos krypties Žemės paviršiuje ir Saulės matavimas.

### 3. Geriausių sąlygų Saulės azimutui nustatyti analizė

Geodezinėje astronomijoje geriausioms sąlygoms išsiaiškinti taikomos lygtys, siejančios nustatomų dydžių paklaidas su išmatuotų bei žinomų dydžių paklaidomis [1]. Tokią lygtį galima parašyti remiantis (1) formule

$$\Delta A_N = \frac{15 \cos \delta \cos q}{\sin z} (\Delta T + \Delta u - \Delta \alpha) + \frac{\sin A_N}{\tan z} \Delta \varphi + \frac{\sin q}{\sin z} \Delta \delta, \quad (8)$$

čia  $q$  – paralaksinis kampas;  $z$  – Saulės zenitinis nuotolis; paklaidos:  $\Delta T$  ir  $\Delta u$  – chronometro atskaitos ir pataisos,  $\Delta \alpha$  ir  $\Delta \delta$  – Saulės rektascensijos ir deklinacijos,  $\Delta \varphi$  – punkto astronominės platumos. Chronometro pataisos paklaida priklauso nuo punkto astronominės ilgumos paklaidos  $\Delta \lambda$ . Šią lygtį ir taikysime analizuodami geriausias sąlygas.

Iš formulės (8) matyti, kad punkto ir Saulės koordinatų bei chronometro atskaitos paklaidų įtaka mažėja didėjant Saulės zenitiniui nuotoliui.

Saulės valandinio kampo paklaidos

$$\Delta t = \Delta T + \Delta u - \Delta \alpha \quad (9)$$

įtaka priklauso nuo formulės (8) koeficiento  $K$  –

$$K = \frac{15 \cos \delta \cos q}{\sin z}, \quad (10)$$

kuris išreiškia Saulės azimuto kitimo greitį. Tikslinga detaliau panagrinėti galimus šio koeficiento pokyčius.

Kaip jau buvo minėta, koeficiento reikšmė mažės didėjant Saulės zenitiniui nuotoliui ir atliekant matavimus Saulei esant arčiau horizonto.  $K$  mažės didėjant Saulės deklinacijos absoliučiajai reikšmei.

Koeficientas  $K = 0$  Saulės vakarinės ir rytinės elongacijos metu ( $q = 90^\circ$  arba  $270^\circ$ ,  $\cos q = 0$ ). Tačiau Saulės elongacija bus, kai  $\delta > \varphi$ . Lietuvos teritorijoje ši sąlyga neišpildoma. Saulės elongacija bus tik punktuose, artimesniuose pusiaujui, kurių platumos reikšmė mažesnė už Saulės deklinaciją. Tokiuose punktuose nustatant azimutą pagal Saulės valandinį kampą elongacijoms artimais momentais galima labai sumažinti Saulės valandinio kampo paklaidos įtaką.

Remiantis penkių elementų formule pagal paralaksinį trikampį galima parašyti

$$\cos \delta \cos q = \sin \varphi \sin z - \cos \varphi \cos z \cos A_N,$$

$$\frac{\cos \delta \cos q}{\sin z} = \sin \varphi - \cos \varphi \cot z \cos A_N,$$

$$K = 15(\sin \varphi - \cos \varphi \cot z \cos A_N). \quad (11)$$

Tuomet Saulei esant pirmajame vertikale gauname

$$K = 15 \sin \varphi. \quad (12)$$

Tokia pat koeficiento reikšmė bus ir Saulei patekiant bei nusileidžiant horizonte. Saulės azimutą patekėjimo ir nusileidimo momentais galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$\cos A_N = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}. \quad (13)$$

Iš (12) formulės išplaukia, kad Žemės poliuje  $K = 15''/s$ .

Saulės viršutinės kulminacijos metu – tikrąjį vidurdienį, kai  $q = 0^\circ$  arba  $180^\circ$ , o  $z_{\min} = |\varphi - \delta|$ , koeficiento  $K$  modulio reikšmė bus maksimali

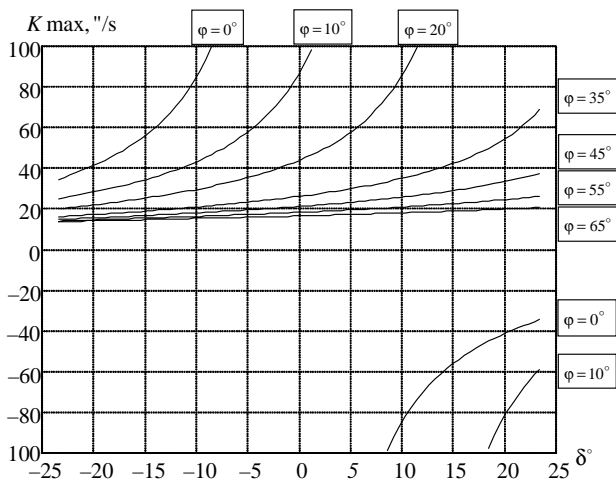
$$K_{\max} = \pm \frac{15 \cos \delta}{\sin |\varphi - \delta|}. \quad (14)$$

Koeficientas  $K_{\max}$  neigiamas, kai  $\delta > \varphi$ .  $K_{\max}$  įvairiais metų momentais ir esant įvairioms platumos reikšmėms pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė.  $K_{\max}$  reikšmės, "/s

Table 1.  $K_{\max}$  values "/s

Platumas, ° ' ,	Žiemos saulėgrįža $\delta_{\min} = -23^{\circ}26'$	Lygiadienis $\delta = 0^{\circ}0'$	Vasaros saulėgrįža $\delta_{\max} = 23^{\circ}26'$
90 00	15,00	15,00	15,00
65 00	13,77	16,55	20,74
56 27	13,98	18,00	25,26
55 00	14,05	18,31	26,29
53 54	14,11	18,56	27,15
45 00	14,80	21,21	37,45
35 00	16,15	26,15	68,66
20 00	20,02	43,86	-229,55
10 00	24,98	86,38	-59,22
0 00	34,60	$\pm\infty$	-34,60



2 pav.  $K_{\max}$  priklausomybė nuo Saulės deklinacijos ir punkto platumos

Fig 2.  $K_{\max}$  value dependence on the Sun declination and point latitude

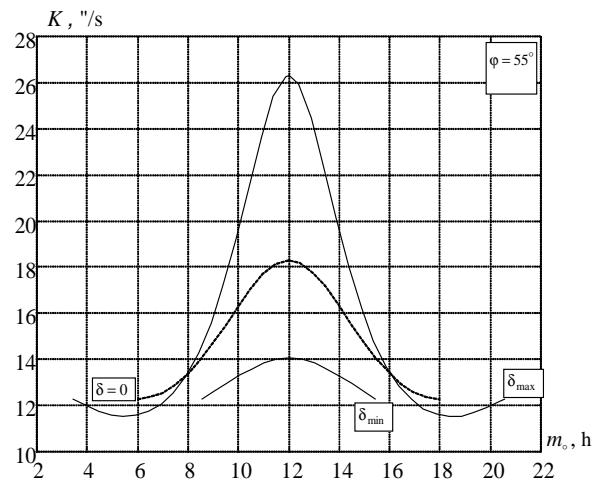
$K_{\max}$  priklausomybė nuo Saulės deklinacijos ir punkto platumos reikšmių parodyta 2 pav.

Remdamiesi 1 lentelėje ir 2 pav. pateikta atliktų tyrimų medžiaga išnagrinėsime koeficiento  $K_{\max}$  reikšmių kitimą laikotarpiu tarp žiemos ir vasaros saulėgrįžų, keičiantis Saulės deklinacijai nuo minimalios iki maksimalios reikšmių, o punktų platumai – nuo  $90^{\circ}$  iki  $0^{\circ}$ . Matyti, kad  $K_{\max}$  absoliučiosios reikšmės didėja mažėjant platumai. Šiuo laikotarpiu punktų, kurių platumas yra tarp  $90^{\circ}$  ir  $\varphi = \delta_{\max}$ ,  $K_{\max}$  reikšmės yra teigiamos ir turi tendenciją didėti. Maksimalios koeficiento reikšmės ir jų pokyčiai, keičiantis Saulės deklinacijai, didėja. Artėjant vasaros saulėgrįžai ir platumos reikšmėms prie  $\varphi = \delta_{\max}$ , koeficiento maksimaliosios reikšmės neribotai didėja. Nagrinėjamosiose platumose yra ir Lietuva ( $\varphi_{\min} = 53^{\circ}54'$ ,  $\varphi_{\max} = 56^{\circ}27'$ ). Jos punktuose  $K_{\max}$  reikšmės gali būti nuo 13,98"/s iki 14,11"/s žiemos saulėgrįžos metu ir nuo 25,26"/s iki 27,15"/s vasaros saulėgrįžos metu, priklausomai nuo platumos reikšmės.

Puntuose, kurių platumas tarp  $\varphi = \delta_{\max}$  ir  $0^{\circ}$ , gali būti Saulės elongacijos, kai  $\delta > \varphi$ . Šiose platumose po žiemos saulėgrįžos  $K_{\max}$  reikšmės yra teigiamos ir neribotai didėja artėjant momentui, kai  $\delta = \varphi$ . Tada  $K_{\max}$  įgyja neigiamas reikšmes, kurių absoliutusis dydis mažėja iki vasaros saulėgrįžos.

Laikotarpiu tarp vasaros ir žiemos saulėgrįžų  $K_{\max}$  keičiasi analogiškai kaip ir pirmąjį pusmetį, tik atvirkščia tvarka.

3 pav. parodytas vidutinės Lietuvos platumos koeficiento  $K$  kitimas nuo Saulės patekėjimo iki nusileidimo tikrojo Saulės laiko  $m_s$  momentais, esant įvairioms Saulės deklinacijos reikšmėms.



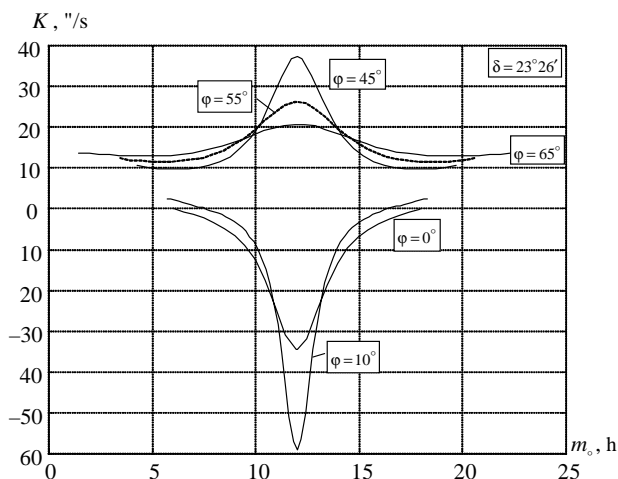
3 pav. Koeficiento  $K$  kitimas per dieną

Fig 3. Coefficient  $K$  variation during the day

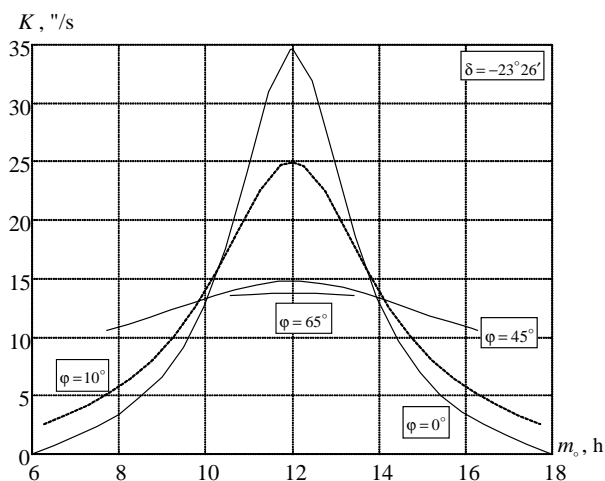
Iš grafiko matyti, kad koeficiento  $K$  reikšmių kreivės simetriškos tikrojo vidurdienio atžvilgiu. Todėl azimutą geriausia nustatyti ryte arba vakare, kai koeficiento reikšmės mažesnės ir Saulės zenitinis nuotolis pakankamai didelis, tačiau neviršija  $80^{\circ}$ . Didesniais zenitiniais nuotoliais padidėja atmosferos svyravimų ir šoninės refrakcijos poveikis. Artėjant žiemos saulėgrįžai, matavimus galima atlikti nenutraukiant jų net vidurdienį, tačiau bendras matavimams tinkantis laikas per dieną didėja artėjant prie vasaros saulėgrįžos.

Kaip keičiasi koeficiento  $K$  reikšmės įvairiose platumose vasaros ir žiemos saulėgrįžų dienomis, parodyta 4 ir 5 pav.

Grafikuose matyti, kad koeficiento  $K$  reikšmių kreivės simetriškos tikrojo vidurdienio atžvilgiu. Koeficiento reikšmės teigiamos, išskyrus platumas, kuriose yra Saulės elongacijos. Laikotarpiu tarp rytinės ir vakarinės elongacijų koeficiento reikšmės neigiamos. Elongacijų momentais koeficiento reikšmė lygi nuliui. Platumose, kuriose nebūna Saulės elongacijų, koeficiento reikšmės mažiausios rytinėmis ir vakarinėmis valandomis. Koeficiento reikšmių per dieną kitimo intervalas siaurėja, didėjant platumos reikšmėms ir metų laikui artėjant prie žiemos saulėgrįžos.



4 pav. Koeficiento  $K$  kitimas vasaros saulėgrįžos dieną  
Fig 4. Coefficient  $K$  variation during summer solstice day



5 pav. Koeficiento  $K$  kitimas žiemos saulėgrįžos dieną  
Fig 5. Coefficient  $K$  variation during winter solstice day

Iš formulės (8) matyti, kad platumos ir Saulės deklinacijos paklaidų įtaka mažėja artėjant prie dienovidinio ir dienovidinyje lygi nuliui. Šių paklaidų įtaką atliekant azimutinius matavimus taip pat galima sumažinti stebint Saulę simetriškai dienovidinio atžvilgiu.

Nustatant krypties astronominį azimutą punkto, kuriame atliekami matavimai, astronominės koordinatės turi būti žinomos. Iš (2) ir (3) formulių matyti, kad ilgumos paklaida turi tiesioginės įtakos chronometro pataisos paklaidai  $\Delta u$ . Todėl atliekant tikslius azimutinius matavimus, ilgumos paklaida turėtų būti kiek įmanoma mažesnė. Panašios įtakos azimuto tikslumui turi ir chronometro atskaitos paklaidos, fiksuojant, kada Saulė kerta vertikalųjį teodolito siūlelį. Be to, chronometro rodmenis tenka fiksuoti ir priimant laiko signalus. Todėl atsižvelgiant į koeficiento  $K$  reikšmes ir siekiant užsibrėžto azimuto tikslumo galima teigti, kad chronometro rodmenis atliekant azimutinius matavimus reikėtų fiksuoti  $0,1^s$  tikslumu.

Saulės regimasis pusiaujišes koordinatas – rektascensiją ir deklinaciją galima rasti astronominiuose metraščiuose.

Siekiant sumažinti visų paklaidų įtaką pirmiausia reikėtų, atsižvelgiant į norimą gauti Saulės azimuto tikslumą ir valandinio kampo paklaidą, nusistatyti leistiną koeficiento  $K$  reikšmę. Ta reikšmė apibrėžtų matavimams tinkamiausias Saulės padėtis. Platumos ir deklinacijos paklaidų įtaką derėtų sumažinti matavimams pasirenkant dienovidiniui simetriškas Saulės padėtis.

Nustatydami azimutą platumose, kuriose esti Saulės elongacijos, didžiausią tikslumą pasiektume atlikdami matavimus rytinės ir vakarinės elongacijos metu. Tuomet visų paklaidų poveikis būtų minimalus.

Atliekant mažesnio tikslumo azimutinius matavimus reikėtų prisilaikyti bent sąlygos, kad Saulės zenitinis nuotolis būtų nuo  $50^\circ$  iki  $80^\circ$ .

#### 4. Horizontaliojo kampo matavimo ypatumų įvertinimas

Antrąją nustatomo krypties astronominio azimuto paklaidos dalį sudaro horizontaliojo kampo  $Q$  tarp pasirinktos krypties ir Saulės paklaida  $\Delta Q$ . Jos dydį lemia ne tik prietaiso tikslumas bei matavimų skaičius, bet ir tinkamas matavimo sąlygų įvertinimas.

Saulės regimasis diskas pakankamai didelis, ir negalima tiksliai nutaikyti į jo centrą, todėl matuojant horizontalųjį kampą fiksuojamas chronometro rodmuo ir atskaičiuojama horizontaliajame skritulyje, kada Saulės disko kairysis arba dešinysis kraštas kerta teodolito vertikalųjį siūlelį. Horizontaliojo skritulio atskaita, atitinkanti kryptį į Saulės centrą, gaunama pridėjus Saulės spindulio pataisą

$$\Delta_R = \frac{R}{\sin z}, \quad (15)$$

čia  $R$  – regimasis Saulės spindulys, kuris per metus keičiasi nuo  $15'45,4''$  liepos pirmosiomis dienomis iki  $16'17,5''$  sausio pirmosiomis dienomis. Tačiau dažnai skaičiuojamas horizontaliojo skritulio atskaitų, gautų vizuojant į priešingus Saulės kraštus, vidurkis ir Saulės spindulio pataisos nepaisoma. Dėl šios priežasties gali atsirasti išmatuoto kampo reikšmės paklaida, nes tarp matavimų, vizuojant į Saulės priešingus kraštus, praeina tam tikras laiko tarpas, per kurį pasikeičia Saulės zenitinis nuotolis. Saulės zenitinio nuotolio kitimo greitis  $v_z$  nustatomas pagal žinomas sferinės astronomijos formules:

$$v_z = 15 \cos \varphi \sin A, \quad (16)$$

$$v_z = 15 \cos \delta \sin q. \quad (17)$$

Iš formulių matyti, kad Saulės zenitinio nuotolio maksimalus greitis bus pirmajame vertikale ir elongacijose:

$$v_{z \max} = 15 \cos \varphi \quad \text{ir} \quad v_{z \max} = 15 \cos \delta. \quad (18)$$

Taigi didžiausias Saulės zenitinio nuotolio kitimo greitis bus pusiaujuje lygiadienio metu – 15"/s. Pirmajame vertikale, 55° platumoje, jis lygus 8,6"/s. Kampo  $Q$  paklaidas, neįvertinus Saulės spindulio pataisos, galima rasti pagal formulę

$$\Delta Q_R = \frac{R}{2} \left( \frac{1}{\sin z_1} - \frac{1}{\sin z_2} \right), \quad (19)$$

čia  $z_1$  ir  $z_2$  – Saulės zenitiniai nuotoliai, vizuojant į priešingus Saulės kraštus. 2 lentelėje pateiktos galimos skirtingų laiko intervalų  $\Delta s$  tarp Saulės stebėjimų ir esant skirtingiems zenitiniams nuotoliams paklaidų reikšmės. Atliekant skaičiavimus laikoma, kad  $z_2 = z_1 + \Delta z$ ,  $\Delta z = v_{z_{\max}} \Delta s$ .

**2 lentelė.** Paklaidos  $\Delta Q_R$  reikšmės ( $\varphi = 55^\circ$ ,  $R = 977,5''$ )

**Table 2.**  $\Delta Q_R$  correction values (when  $\varphi = 55^\circ$ ,  $R = 977,5''$ )

$\Delta s$ , s	$\Delta z$ , "	$z_1 = 50^\circ$ $\Delta Q_R$ , "	$z_1 = 65^\circ$ $\Delta Q_R$ , "	$z_1 = 80^\circ$ $\Delta Q_R$ , "
40	344	0,9	0,4	0,1
80	688	1,8	0,8	0,3
120	1032	2,7	1,2	0,4
160	1376	3,5	1,7	0,6
200	1720	4,4	2,1	0,7
240	2064	5,3	2,5	0,8

Matome, kad paklaida  $\Delta Q_R$  gali būti pastebimos reikšmės, ypač stebint Saulę mažesniais zenitiniams nuotoliams. Paklaida didėja didėjant laiko intervalui tarp vizavimų į Saulę. Laiko intervalui sumažinti būtų tikslinga į abu Saulės kraštus vizuoti esant tai pačiai vertikalojo skritulio padėčiai, tačiau yra metodikų, pagal kurias tai daroma esant skirtingoms vertikalojo skritulio padėtimis. Saulės spindulio pataisą galima apskaičiuoti pagal (19) formulę. Saulės regimasis spindulys astronominiuose metraščiuose pateikiamas kiekvienai dienai.

Kadangi nustatant astronominį azimutą Saulė esti aukščiau virš horizonto, tai matuojant kampą  $Q$ , būtina nustatyti prietaiso horizontaliosios ašies posvirį  $b$  ir jo įtaką horizontaliajai kryptiai į Saulę. Ašies posvyrio pataisa skaičiuojama pagal formulę

$$\Delta Q_b = b \cot z. \quad (20)$$

Horizontaliosios ašies posvyriui nustatyti, kampo matavimo metu vizuojant į Saulę, rodmenys atskaitomi ne tik chronometro bei horizontaliojo skritulio, bet ir uždedamo ant horizontaliosios ašies gulsčiuo skalėje. Tyrimais turi būti nustatyta uždedamojo gulsčiuo padalos vertė.

Matuojant kampą  $Q$  ir norint sumažinti atsitiktines

paklaidas, į Saulę vizuojama keletą kartų. Jeigu prietaisas turi astronominį siūlelių tinklėlį, tai fiksuojami chronometro rodmenys, kada Saulė kerta kelis vertikaliuosius siūlelius. Tačiau Saulės azimutas dažnai skaičiuojamas ne kiekvienam Saulės stebėjimo momentui, o vidutiniam momentui:

$$T_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (21)$$

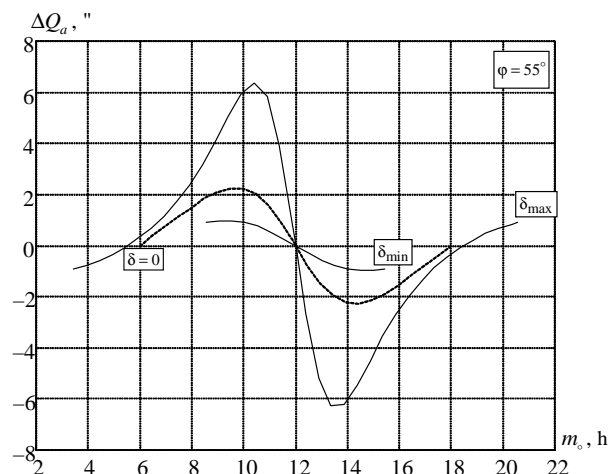
čia  $T_i$  – chronometro atskaitos Saulės stebėjimo momentais;  $n$  – Saulės stebėjimų skaičius;  $T_v$  – vidutinė chronometro atskaita. Tokiu atveju reikia skaičiuoti pagreičio pataisą, nes Saulės azimutas kinta netolygiai. Pagreičio pataisa lanko sekundėmis skaičiuojama pagal formulę [1]

$$\Delta Q_a = \frac{15^2}{2n\rho''} \frac{d^2 A}{dt^2} \sum_{i=1}^n (T_i - T_v)^2, \quad (22)$$

čia  $\rho''$  – sekundžių skaičius radiane;  $\frac{d^2 A}{dt^2}$  – azimuto kitimo pagreitis;  $T_i - T_v$  – chronometro atskaitų skirtumas, išreikštas laiko sekundėmis;

$$\frac{d^2 A}{dt^2} = \frac{1}{2} \left[ \sin 2\varphi \cot z \sin A - \cos^2 \varphi \sin 2A (\cot^2 z + \csc^2 z) \right]. \quad (23)$$

Iš (22) formulės matyti, kad pagreičio pataisa didės didėjant Saulės azimuto kitimo pagreičiui ir laiko intervalui tarp Saulės stebėjimų. Kaip keičiasi pagreičio pataisa per dieną (vietinio tikrojo Saulės laiko momentais) įvairiais metų laikotarpiais, kai vidutinis chronometro atskaitų skirtumas lygus 100<sup>s</sup>, parodyta 6 pav.



**6 pav.** Azimuto pagreičio pataisos kitimas  
**Fig 6.** Variation of acceleration correction

Iš grafikų matyti, kad pagreičio pataisos kreivės yra simetriškos tikrojo vidurdienio momento atžvilgiu. Pataisos reikšmių svyravimo diapazonas didžiausias vasaros saulėgrįžos metu ir mažėja artėjant prie žiemos saulėgrįžos. Laikotarpiu tarp vasaros saulėgrįžos ir lygiadienių didesnę laiko prieš tikrąjį vidurdienį dalį pataisa teigiama, po vidurdienio – neigiama. Laikotarpiu tarp žiemos saulėgrįžos ir lygiadienių prieš vidurdienį pataisa teigiama, po vidurdienio – neigiama.

Nagrinėtoms pataisoms skaičiuoti reikalingas Saulės zenitinis nuotolis, todėl tikslinga Saulės stebėjimų metu atskaityti ir vertikalųjį skritulį.

## 5. Metodo taikymas

Astronominio dienovidinio nustatymo pagal Saulės valandinį kampą metodas Lietuvoje taikomas atliekant geomagnetinio lauko amžių variacijų tyrimus [3, 4], kurie svarbūs siekiant kokybiškai spręsti geofizinius, navigacijos, geodinaminis bei kitus uždavinius. Tam tikslui šešiuose Lietuvos teritorijoje įrengtuose punktuose periodiškai matuojami geomagnetinio lauko parametrai. Tokie matavimai atlikti 1999, 2001 ir 2004 metais. Šiuos darbus koordinuoja Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos. Tyrimus atlieka Vilniaus Gedimino technikos universiteto Geodezijos institutas, bendradarbiaudamas su Varšuvos geodezijos ir kartografijos institutu. Atliekamuose geomagnetinio lauko tyrimuose matavimų rezultatams redukuoti naudojami Belsko (Lenkija) geomagnetinės observatorijos duomenys [5].

Atliekant geomagnetinio lauko tyrimus labai svarbu kampo tarp astronominio ir magnetinio dienovidinių, t. y. magnetinės deklinacijos, nustatymas. Šį dvisienį kampą apibrėžia punkto, kuriame atliekami matavimai, vertikale ir abiejų – astronominio bei magnetinio dienovidinių plokštumos. Astronominio dienovidinio plokštuma lygiagreti su pasirinktos epochos Žemės sukimosi ašimi, o magnetinio dienovidinio plokštuma – tos pačios epochos Žemės magnetinio lauko ašimi. Tikslios magnetinės deklinacijos reikšmės taip pat gaunamos geomagnetinėse observatorijose, tarptautiniuose oro uostuose [6]. Magnetinio dienovidinio plokštuma randama naudojant magnetometrus [3], o astronominio dienovidinio kryptį galima apskaičiuoti pagal Saulės valandinį kampą [1].

## 6. Išvados

1. Nustatant astronominio dienovidinio kryptį pagal Saulės valandinį kampą ir siekiant sumažinti visų paklaidų įtaką, pirmiausia reikia, atsižvelgiant į norimą gauti Saulės azimuto tikslumą ir valandinio kampo paklaidą, nusistatyti leistinas koeficiento  $K$  reikšmes. Šios reikšmės apibrėžia tinkamiausias matavimams Saulės padėtis. Matavimų metu Saulės zenitinis nuotolis neturi viršyti  $80^\circ$ . Platumos ir Saulės deklinacijos paklaidų įtaką galima sumažinti pasirenkant matavimus dienovidiniui simetriškas Saulės padėtis.

2. Nustatant astronominį dienovidinį ir azimutą platumose, kuriose esti Saulės elongacijos, didžiausią

tikslumą galima pasiekti atliekant matavimus rytinės ir vakarinės elongacijos metu. Tuomet visų paklaidų įtaka minimali.

3. Pageidautina, kad prietaisas, naudojamas astronominiam dienovidiniui nustatyti, turėtų gulsčiuką, uždedamą ant horizontaliosios ašies, ir astronominį siūlelių tinklėlį. Matuojant horizontalųjį kampą tarp pasirinktos krypties ir Saulės, uždedamuojų gulsčiuku reikia įvertinti prietaiso horizontaliosios ašies posvirį. Saulės perėjimų momentus reikia fiksuoti  $0,1^s$  tikslumu.

4. Skaičiuojant Saulės azimutą vidutiniam momentui reikia įvertinti Saulės spindulio ir jos azimuto kitimo pagreičio pataisas.

## Literatūra

1. Uralov, S. S. Geodetic astronomy (Курс геодезической астрономии). Moscow: Nedra, 1980. 592 p. (in Russian).
2. Abalakin, V. K.; Krasnorilov, I. I.; Plahov, J. V. Geodetic astronomy and astrometry (Геодезическая астрономия и астрометрия). Moscow: Kartgeocentr–Geodezizdat, 1996. 434 p. (in Russian).
3. Sas-Uhrynowski, A.; Mroczek, S.; Abromavičius, R.; Obuchowski, R. Investigations of the magnetic field over the territory of Lithuania. *Geodesy and Cartography (Geodezija ir kartografija)*, Vol XXVIII, No 3, Vilnius: Technika, 2002, p. 88–94.
4. Jucevičiūtė, V.; Kumetaitis, Z.; Šleiteris, E.; Būga, A.; Obuchowski, R.; Paršeliūnas, E. K.; Petroškevičius, P.; Putrimas, R. Trends of development of the Lithuanian national geodetic control. In: *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie: Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF) held in Ponta Delgada, Euref Publication, No 12, Band 29, ISSN 1436–3445, 2003, p. 273–281.*
5. Kowalik B.; Obuchowski R. Investigation of geomagnetic field on the Lithuanian territory. In: *The 6-th International Conf „Environmental Engineering“ selected papers, Vol 2, Vilnius: Technika, 2005, p. 908–912.*
6. Newitt, L. R.; Barton, C. E.; Bitterly, J. Guide for magnetic repeat station surveys. IAGA, published by Secretary-General of IAGA, WGV-8, NOAA space Environment Center, Boulder, CO 80303–3328, USA, printed in Warsaw, 1996. 112 p.

---

**Petras Petroškevičius.** Professor, Doctor Habil. Vilnius Gediminas Technical University. Dept of Geodesy and Cadastre (Ph, Fax +37052744705), e-mail: [gi@ap.vtu.lt](mailto:gi@ap.vtu.lt).

Author of 1 monograph and more than 100 scientific publications. Participated in many intern conferences.

Research interests: determination of Earth satellites orbits, research of Earth gravity field by means of satellite geodesy and gravimetric methods, establishment of geodetic and gravimetric networks.

---

**Romuald Obuchowski.** Doctoral student. Vilnius Gediminas Technical University. Dept of Geodesy and Cadastre (Ph, Fax +37052744705), e-mail: [gi@ap.vtu.lt](mailto:gi@ap.vtu.lt).

Author of 10 scientific papers.

Research interests: Earth magnetic field investigations.