

Ўзбекистон Республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

Тошкент архитектура-қурилиш институти

С.А.Тошпулатов, Б.Ю.Махсудов

Сфероидик геодезиядан масалалар тўплами

ўқув қўлланма

Тошкент - 2003

УДК 528.23.8 (075.8)

Муаллифлар: С.А.Ташпулатов, Б.Ю.Махсудов.

Сферик геодезиядан масалалар тўплами.

Ўқув қўлланма.

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Ўқув қўлланма олий ўқув юртларининг геодезия, картография ва кадастр йўналишлари бўйича ўқиётган талабаларига мўлжалланган. қўлланмада ер эллипсоиди сатҳида геодезик масалаларни ечиш схемалари келтирилган.

Такризчилар: Тошкент архитектура-қурилиш институти
доценти, техника фанлари номзоди Ш.Р.Хуррамов,
Геоинформатика ва кадастр миллий маркази бош
мутахассиси, техника фанлари номзоди А.Х. Щайдаров.

Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги турдош
олий ўқув юртлари учун ўқув қўлланма сифатида тавсия этган.

Мундарижа

1. Меридиан ва параллел ёй узунликларини щисоблаш	4
2. Харита трапецияси томонларининг узунликларини ва юзасини щисоблаш	9
3. Сфероидик учбурчакларни ечиш	14
3.1. Сферик учбурчакни Лежандра теоремасидан фойдаланиб ечиш.	15
3.2. Аддитаментлар усули	17
4. Тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечиш	19
4.1. Тўғри геодезик масалани Рунге-Кутта-Ингланд усулида ечиш . .	19
4.2. Ўртача аргументлар формулаларидан фойдаланиб тескари геодезик масалани ечиш (Гаусс усули).	24
5. Геодезик координаталардан ясси тўғри бурчакли Гаусс-Крюгер координаталарига ўтиш ва аксинча	29
5.1. Геодезик координаталардан Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталарига ўтиш (тўғри масала)	30
5.2. Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталаридан фойдаланиб геодезик координаталарни щисоблаш (тескари масала)	32
5.3. Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталарини бир зонадан бошқа зонага қайта щисоблаш	34
5.4. Гаусс-Крюгер проекциясида геодезик ўлчаш натижаларини эллипсоиддан текисликка редукциялаш.	36
5.4.1. Текисликда бошланғич маълумотларни олиш бўйича умумий тушунчалар	36
5.4.2. Томонлар узунликларини ва йўналишларни текисликка редукциялаш формулалари	37
5.4.3. 1-класс триангуляция учбурчагини эллипсоиддан текисликка редукциялаш	43
Адабиётлар	55

Топшириқлар	56
Назорат ишларини бажариш тартиб қоидалари	68

1. Меридиан ва параллел ёй узунликларини щисоблаш.

B_1 ва B_2 кенгликларга эга бўлган нуқталар орасидаги S_M меридиан ёй узунлиги қуйидаги эллиптик интегрални ечиш орқали топилади

$$S_M = \int_{B_1}^{B_2} M dB \quad (1.1)$$

(1.1) интегрални даражали қаторларга ёйиб интеграллаш мумкин [1]. қуйида (1.1) интегрални Симпсон формуласидан фойдаланиб щисоблашни келтирамиз:

$$S_M = \int_{B_1}^{B_2} M dB = \frac{(B_2 - B_1)''}{6\rho''} (M_1 + 4M_{yp} + M_2), \quad (1.2)$$

бунда

$$M_i = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B_i)^{3/2}} = a(1 - e^2) \frac{1 + 0.25e^2 \sin^2 B_i}{1 - 1.25e^2 \sin^2 B_i} \quad (1.3)$$

B_1, B_2 - меридиан ёйининг бошланғич ва охирги нуқталари кенгликлари;
 M_1, M_2, M_{yp} - B_1, B_2 ва $B_{yp} = \frac{B_1 + B_2}{2}$ кенгликлардаги нуқталарнинг меридиан эгрилик радиуслари; $\frac{1}{6\rho''} = 8080228 \times 10^{-13}$.

Щисоблаш натижасини текшириш учун S_M - меридиан ёй узунлигини B_1, B_{yp} ва B_2 нуқталар орасидаги x_1 ва x_2 ёй узунликлари йиғиндиси кўринишида щисоблаймиз (1.1 шакл). (1.2) формулага асосан

$$x_1 = \frac{(B_{\text{впр}} - B_1)''}{6\rho''} (M_{\text{впр}} + 4M_{\text{впр}}'' + M_1),$$

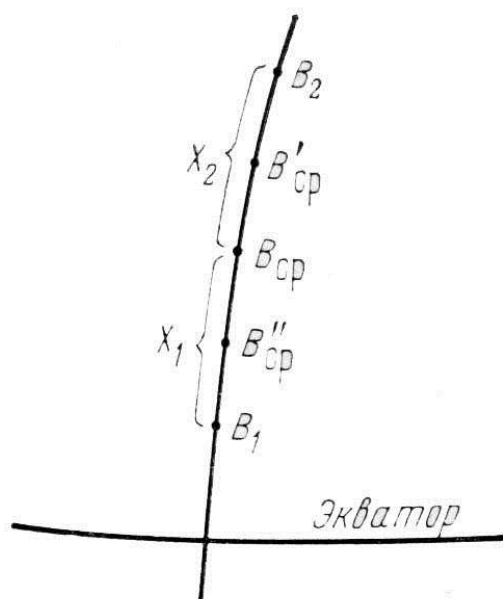
$$x_2 = \frac{(B_2 - B_{\text{впр}})''}{6\rho''} (M_2 + 4M_{\text{впр}}' + M_{\text{впр}}),$$
(1.4)

$$S_{\text{МК}} X_1 \text{ к } X_2,$$

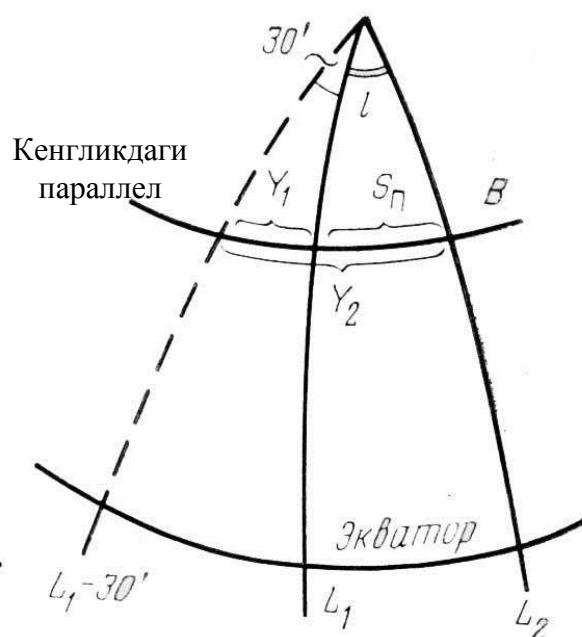
бунда $M'_{\text{впр}}$ ва $M''_{\text{впр}}$ - $M'_{\text{впр}} = \frac{B_2 + B_{\text{впр}}}{2}$ $M''_{\text{впр}} = \frac{B_{\text{впр}} + B_1}{2}$ ва кенгликлардаги нуқталарнинг меридиан эгрилик радиуслари. Улар (1.3) формула орқали ҳисобланади.

(1.2) формула 500 км гача бўлган ёй узунлигини 1-2 см аниқликда ҳисобланишни таъминлайди. Агар ёй узунлиги 500 км. дан катта бўлса, у ҳолда ёйни 500 км. дан катта бўлмаган бўлакларга бўлиб ҳисобланади.

1-Мисол. $B_2=49^\circ 29' 58,938''$ ва $B_1=45^\circ 30' 17,221''$ кенгликлардаги нуқталар орасидаги меридиан ёй узунлигини (1.2) формуладан фойдаланиб ҳисобланг. Олинган натижани (1.4) формула билан текширинг.



1.1 - шакл



1.2 - шакл

Меридиан ёй узунлигини щисоблаш схемаси

№	Формулалар	Щисоблаш натижалари, м	Изош
1	1	2	3
1	a	6378245	(1)-(6) катталиклар Крассовский эллипсоиди учун доимий
2	e^2	0,00669342	
3	$a(1-e^2)$	6335552,727	
4	$1/6\rho''$	$8080228 * 10^{-13}$	
5	$0,25e^2$	0,00167336	
6	$1,25e^2$	0,00836678	
7	B_2	$49^{\circ}29'58,938''$	(7),(8) вариант бўйича олинади
8	B_1	$45^{\circ}30'17,221''$	
9	$B_{\text{ўр}}$	$47^{\circ}30'08,080''$	
10	$1-0,25e^2\sin^2B_1$	1,00085142	
11	$1-0,25e^2\sin^2B_2$	1,00096756	
12	$1-0,25e^2\sin^2B_{\text{ўр}}$	1,00090966	
13	$1-1,25e^2\sin^2B_1$	0,99574290	
14	$1-1,25e^2\sin^2B_2$	0,99516223	
15	$1-1,25e^2\sin^2B_{\text{ўр}}$	0,99545168	
16	M_1	6368056,324	
17	M_2	6372511,409	
18	$M_{\text{ўр}}$	6370290,021	
19	$4M_{\text{ўр}}$	25481160,084	
20	$(B_2 - B_1)''$	14381,717	

21	$(B_2 - B_1)''/6\rho''$	0,011620755	
22	S_M	444165,343M	(21)•(16κ17κ19)

<u>текиириши</u> : x_1 ни щисоблаш			
23	$B_{\ddot{p}}$	47°30'08,079''	
24	B_1	45°30'17,221''	
25	$B''_{\ddot{p}}$	46°30'12,650''	
26	$1\kappa 0,25e^2\sin^2 B''_{\ddot{p}}$	1,00088057	
27	$1-1,25e^2\sin^2 B''_{\ddot{p}}$	0,99559716	
28	$M''_{\ddot{p}}$	6369174,032	
29	$M_{\ddot{p}}\kappa 4M''_{\ddot{p}}\kappa M_1$	38215042,473	(18) κ4 • (28)κ(16)
30	$(B_{\ddot{p}} - B_1)^\circ ' ''$	1°59'50,858''	
31	$(B_{\ddot{p}} - B_1)''$	7190,858''	
32	$(B_{\ddot{p}} - B_1)''/6\rho''$	0,005810378	
33	X_1	222043,812M	
<u>текиириши</u> : x_2 ни щисоблаш			
34	B_2	49°29'58,938''	
35	$B_{\ddot{p}}$	47°30'08,079''	
36	$B'_{\ddot{p}}$	46°30'03,508''	
37	$1\kappa 0,25e^2\sin^2 B'_{\ddot{p}}$	1,00093867	
38	$1-1,25e^2\sin^2 B'_{\ddot{p}}$	0,99530664	
39	$M'_{\ddot{p}}$	6371402,932	
40	$M_2\kappa 4M'_{\ddot{p}}\kappa M_{\ddot{p}}$	38228413,158	(17) κ4 • (39)κ(18)
41	$(B_2 - B_{\ddot{p}})^\circ ' ''$	1°59'50,859''	
42	$(B_2 - B_{\ddot{p}})''$	7190,859''	
43	$(B_2 - B_{\ddot{p}})''/6\rho''$	0,005810378	
44	X_2	222121,532	
45	$X_2\kappa X_1\kappa S_M$	444165,344	(22) κ (45)

Параллел ёй узунлигини щисоблаш

S_n - параллел ёй узунлиги $r = N \cos B$ радиусга тенг бўлган, $L_2 - L_1 = l$ марказий бурчакга таянган айлана ёй узунлигини щисоблаш орқали топилади

$$S_n = \frac{(L_2 - L_1)''}{\rho''} N \cos B = \frac{l''}{\rho''} N \cos B, \quad (1.5)$$

$$N = a \frac{1 - 0,25e^2 \sin^2 B}{1 - 0,75e^2 \sin^2 B} \quad (1.6)$$

бунда L_1 ва L_2 параллел ёйи таянган бошланғич ва охири нукта узоқликлари; N -биринчи вертикал эгрилик радиуси.

Параллел ёй узунлигини тўғри щисобланганлигини текшириш учун $l + 1800''$ ва $1800''$ узоқликлар фарқлари орасидаги Y_2 ва Y_1 параллел ёй узунликлари щисобланади (1.2-шакл)

$$Y_2 = \frac{(l + 1800)''}{\rho''} N \cos B; \quad Y_1 = \frac{1800''}{\rho''} N \cos B \quad (1.7)$$

У шолда $S_n \approx Y_2 - Y_1$ бўлади.

2-Мисол. $B = 54^\circ 32' 19,354''$ кенгликдаги узоқликлар фарқи $l = L_2 - L_1 = 0^\circ 45' 46,882''$ бўлган параллел ёй узунлигини щисобланг.

Параллел ёй узунлигини щисоблаш схемаси

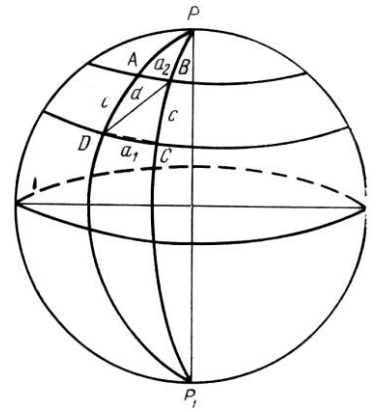
№	Формулалар	Щисоблаш натижалари, м	Изош
1	2	3	4

1	a	6378245	(2)ва(3) вариант бўйича олинади
2	l	$0^{\circ}45'46,882''$	
3	B	$54^{\circ}32'19,354''$	
4	$0,25e^2$	0,00167336	(4)-(5) катталиклар Крассовский
5	$0,75e^2$	0,00502006	эллипсоиди учун доимий

1	2	3	4
6	$1-0,25e^2\sin^2B$	0,99888986	
7	$1-0,75e^2\sin^2B$	0,99666958	
8	N	6392453.854м	
9	$\cos B$	0,58015280	
10	$N\cos B$	3708600,002	
11	l''	2746,882	
12	$1/\rho''$	$4848137 \cdot 10^{-12}$	
13	S_n	49388,390м	(10)•(11)•(12)
<i>текириши</i>			
14	$l''_{\kappa 1800''}$	4546,882''	
15	$(l''_{\kappa 1800''})/\rho''$	0,0220439060	(14)•(12)
16	$1800''/\rho''$	0,0087266466	
17	Y_2	81752,030м	(10)•(19)
18	Y_1	32363,641м	(10)•(16)
19	S_n	49388,389м	(17)-(18)к(13)

Изош: Параллел ёй узунлиги (1.15) формула билан шисоблаганда, $l < 1^{\circ}$ шолда шисоблаш аниқлиги $\pm 0,001$ м га тенг, $l > 1^{\circ}$ бўлган шолларда эса бундай аниқликга эришиш учун тригонометрик функция қийматлари вергулдан сўнг тўққизинчи ва ундан катта бўлган хоналар аниқлигида топилиши лозим.

2. Харита трапецияси томонларининг узушликларини ва юзасини ҳисоблаш.



2.1 - шакл

Харита трапецияси эллипсоид сатҳида L_1 , L_2 узоқликлардан ўтган меридианлар ва B_1 , B_2 кенгликлардан ўтган параллеллар билан чегараланган трапециядир. Демак, харита трапецияси жануб ва шимолдан B_1 ва B_2 кенгликлардан ўтган параллел ёйлари a_1 ва a_2 билан, ғарб ва шарқдан L_1 ва L_2 узоқликлар ўтган меридиан ёйлари c билан чегараланган трапециядан иборат. d -трапеция диагонали бўлсин, a_1 ва a_2 ни ҳисоблашда (1.5) формуладан c ни ҳисоблашда эса (1.1) формуладан фойдаланамиз. Харита трапециясининг томон узушликларининг сантиметр ўлчамида олиш учун ёйлارни узушликларини харита масштабини махражи m га бўлиб, 100 га кўпайтирамиз ва қуйидаги формулаларни ҳосил қиламиз.

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= \frac{100N_1}{m\rho''} \cos B_1 l''; \\ a_2 &= \frac{100N_2}{m\rho''} \cos B_2 l''; \\ c &= \frac{100M_{\text{ыр}}}{m\rho''} \Delta B''; \\ d &= \sqrt{a_1 a_2 + c^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

бунда N_1 , N_2 - B_1 ва B_2 кенгликлардаги нуқталарнинг биринчи вертикал эгрилик радиуслари, $M_{\text{ыр}}$ - $B_{\text{ыр}}$ кенгликлардаги нуқтанинг меридиан эгрилик радиуси

$$B_{\text{ыр}} = \frac{B_1 + B_2}{2}, \quad \Delta B = B_2 - B_1.$$

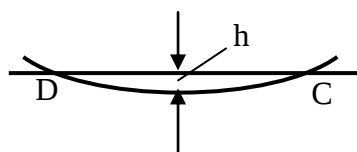
1:100000 ва ундан йирик масштабдаги хариталарда трапеция томонлари тўғри чизик кўринишида тасвирланади, чунки бунда ёй узулиги a_1 билан унинг ватар узулиги $DC = S$ орасидаги фарқ ҳисобга олинмаса ҳам бўладиган

даражада кичик бўлади. Агар бу фарқни билиш керак бўлса уни қуйидаги формуладан фойдаланиб топиш мумкин

$$(a - S) = 8/3(h^2/S), \quad (2.2)$$

бунда h ёйнинг ватар чизиғидан салқиб туриши (2.2 шакл).

$$h = \frac{l^2 \sin 2B_{\text{ыр}} N_{\text{ыр}}}{16\rho^2} \quad (2.3)$$



2.2 - шакл

l - C ва D нуқталарнинг узоқликлар фарқи

$$l = L_C - L_D ;$$

$N_{\text{ыр}}$ кенгликдаги нуқтада биринчи вертикал эгрилик радиуси

$$B_{\text{ыр}} = \frac{B_C + B_D}{2}$$

6-градусли зона чегарасида жойлашган йирик масштабдаги харита томонлари Гаусс проекциясида график аниқлик чегараидан катта бўлган ўзгариш беради. Бу чизикли ўзгариш қуйидаги формула билан щисобланади

$$m - l = \frac{l^2}{2\rho^2} \cos^2 B_{\text{ыр}} \quad (2.4)$$

бунда m - эллипсоидни текисликда тасвирлаш масштаби.

Амалда $1:1000000 \div 1:25000$ масштаблардаги хариталар 6-градусли зоналарда, бундан йирик масштабдаги хариталар 3-градусли зоналарда тасвирланади. Шу сабабли трапеция томонлари узунликларини Гаусс проекциясидаги ўзгаришини щисобга олмаса бўладиган даражада кичик.

3-Мисол. $B_1=50^\circ 00'$ ва $B_2=50^\circ 10'$ кенгликлардан ўтган параллеллар билан чегараланган $1:50000$ масштабдаги харита трапеция ўлчамлари щисобланилсин.

Бу масштабдаги хариталарда узоқликлар интервали $l = 15' = 900''$. $\Delta B = B_2 - B_1 = 10' = 600''$

Щисоблаш схемаси

№	Формулалар	Щисоблаш натижалари, м	Изош
1	2	3	4
1	a	6378245м	(1)-(6) катталиклар Крассовский эллипсоиди учун доимий
2	e^2	0,0066932	
3	$a(1-e^2)$	6335552м	

1	2	3	4
4	$0,25e^2$	0,0016734	(7),(8) вариант бўйича олинади
5	$0,75e^2$	0,0050201	
6	$1,25e^2$	0,00836678	
7	B_2	$50^{\circ}10'00''$	
8	B_1	$50^{\circ}00'00''$	
9	$B_{\text{ўр}}$	$50^{\circ}05'00''$	
10	$\cos B_1$	0,64279	
11	$\cos B_2$	0,64056	
12	$100 \cdot l/m$	9/5	
13	$100 \Delta B/m$	6/5	
14	$1 - 0,25e^2 \sin^2 B_1$	0,99902	
15	$1 - 0,75e^2 \sin^2 B_1$	0,99705	
16	$1 - 0,25e^2 \sin^2 B_2$	0,99901	
17	$1 - 0,75e^2 \sin^2 B_2$	0,99704	
18	$1 - 0,25e^2 \sin^2 B_{\text{ўр}}$	1,00098	
19	$1 - 1,25e^2 \sin^2 B_{\text{ўр}}$	0,99508	
20	N_1	6390847	
21	N_2	6390847	
22	$M_{\text{ўр}}$	6373116	
23	$1/\rho''$	$4848137 \cdot 10^{-12}$	
24	N_1/ρ''	30,984	

25	N_2/ρ''	30,984	
26	$M_{\ddot{y}p}/\rho''$	30,898	
27	a_1	35,849см	(10)•(12)•(24)
28	a_2	35,725см	(11)•(12)•(25)
29	c	37,078см	(13)•(26)
30	$a_1 a_2$	1280,70	
31	c^2	1374,78	
32	d^2	2655,48	
33	d	51,531см	

Харита трапециясининг юзаси куйидаги формула билан щисобланади

$$P = b^2 (L_2 - L_1) [\sin B_2 - \sin B_1 + \frac{2}{3} e^2 (\sin^3 B_2 - \sin^3 B_1) + \frac{3}{5} e^4 (\sin^5 B_2 - \sin^5 B_1) + \frac{4}{7} e^6 (\sin^7 B_2 - \sin^7 B_1) + \dots] \quad (2.5)$$

бунда b - эллипсоид кичик ярим ўқи

(2.5) формуладан фойдаланиб референц - эллипсоиднинг юзасини щисоблаш мумкин, унда $L_2 - L_1 = 2\pi$, $B_1 = 0$, $B_2 = \pi/2$. Красовский эллипсоидининг юзаси $P = 510\,083\,035 \text{ км}^2$.

Берилган масштабдаги харита трапециясининг юзасини (2.5) формуладан фойдаланиб щисоблаш учун трапеция томонлари бўлган параллел ва меридианларни кенглик ва узокликларини билишимиз керак.

4-Мисол. Красовский эллипсоида $B_2 = 50^\circ 20'$ ва $B_1 = 50^\circ 00'$ кенгликлардан ўтган параллеллар билан чегараланган, $l = L_2 - L_1 = 30' = 1800''$ бўлган 1:100000 масштабдаги трапеция юзасини щисоблаш учун (2.5) формулани куйидагича ёзиб оламиз

$$P = \frac{b^2 (L_2 - L_1)}{\rho''} (\sin B_2 - \sin B_1 + I + II + III), \quad (2.6)$$

бунда

$$I = \frac{2}{3} e^2 (\sin^3 B_2 - \sin^3 B_1);$$

$$II = \frac{3}{5}e^4(\sin^5 B_2 - \sin^5 B_1);$$

$$I = \frac{4}{7}e^6(\sin^7 B_2 - \sin^7 B_1).$$

Шисоблаш схемаси

№	Формулалар	Шисоблаш натижалари	Изош
1	2	3	4
1	b	6356,863км	(1)-(5) катталиклар Крассовский эллипсоиди учун доимий
2	e ²	0,00669342	
3	(2F3)e ²	0,00446228	

1	2	3	4
4	(3/5)e ⁴	0,00002688	
5	(4/7)e ⁶	0,00000017	
6	1/ρ''	4848137•10 ⁻¹²	
7	L ₂ - L ₁	1800''	
8	sinB ₂	0,76977104	
9	sin ³ B ₂	0,45612587	
10	sin ⁵ B ₂	0,27027622	
11	sin ⁷ B ₂	0,16015148	
12	sinB ₁	0,77604444	
13	sin ³ B ₁	0,44953332	
14	sin ⁵ B ₁	0,26379698	
15	sin ⁷ B ₁	0,15480242	
16	I	0,00002942	
17	II	0,00000017	
18	III	0,0	
19	b ²	40409707,2км ²	
20	b ² (L ₂ - L ₁)'' / ρ''	352641,9 км ²	
21	sinB ₂ - sinB ₁ κ IκIIκIII	0,00375619	
22	P	1324,590 км ²	(20)•(21)

3. Сфероидик учбурчакларни ечиш.

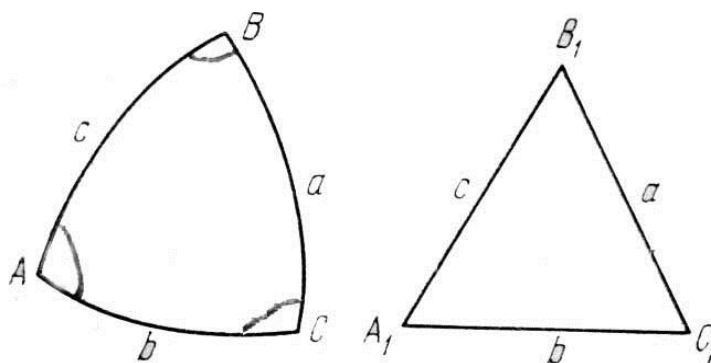
Эллипсоид (сфероид) саттида геодезик чизиклар билан щосил қилинган учбурчакга сфероидик учбурчак дейилади.

Учбурчакни берилган элементларидан фойдаланиб уни қолган барча элементларини (томонлари ва бурчакларини) топиш учбурчакни ечиш щисобланади.

Элементар функциялардан фойдаланиб сфероидик учбурчакни ечиб бўлмайди. Щисоблаш натижаларидан маълумки, томон узунликлари 240 км гача бўлган сфероидик учбурчакларни сферик учбурчаклардек ечиш 10^{-8} нисбий хатолик беради.

Геодезия амалиётида бундай учбурчакларни ечиш учун махсус усуллар (Лежандра теоремаси ва аддитаменталар усули) қўлланилади.

3.1 Сферик учбурчакни Лежандра теоремасидан фойдаланиб ечиш



3.1 - шакл

А.Лежандра томонидан 1787 йилда ишлаб чиқилган учбурчакни сферик ортиқликни инобатга олиб ечиш (Лежандра теоремаси) мощияти қуйидагидан иборат: Сферик учбурчакни А, В, С бурчаклари (3.1 шакл) сферик ортиқлик ξ ни учдан бирига камайтиради, натижада ясси учбурчакнинг A_1 , B_1 , C_1 бурчаклари щосил қилинади, унинг а, b, c томонлари ўзгаришсиз сферик ҳолатда қолдирилиб, синуслар теоремасидан фойдаланиб ясси учбурчакдек

ечилади. Хулоса қилиб айтганимизда сферик учбурчакдан бурчакларга тузатма бериб томонлари ўзгартирилмаган ясси учбурчакга ўтилади.

Ишчи формулалар

$$A_1 = A - \frac{\varepsilon}{3}; \quad B_1 = B - \frac{\varepsilon}{3}; \quad C_1 = C - \frac{\varepsilon}{3}; \quad (3.1)$$

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= fbc \sin A = f \frac{b^2 \sin A \sin C}{\sin B}; \\ \varepsilon &= fD_1; \quad D_1 = \frac{b^2 \sin A \sin C}{\sin B}; \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

$$a = D_{\parallel} \sin A_1; \quad b = D_{\parallel} \sin B_1; \quad c = D_{\parallel} \sin C_1; \quad (3.3)$$

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{\rho''}{2R_m^2}; \quad R_m = \sqrt{M_m N_m}; \\ D_{\parallel} &= \frac{b}{\sin B_1} = \frac{a}{\sin A_1} = \frac{c}{\sin C_1}. \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Юқорида келтирилган ишчи формулаларда “b” томон узунлиги маълум деб қаралади.

5-Мисол. ABC сферик учбурчакнинг $A=50^{\circ}20'19,41''$, $B=62^{\circ}12'44,54''$, $C=67^{\circ}26'58,43''$ бурчаклари ўлчанган бўлиб, пунктлар марказларига келтирилган ва эллипсоид сатҳига проекцияланган бўлсин. Ўлчанган томони (базис томони) узунлиги $b=44797,282$ м, учбурчак жойлашган жойнинг ўртача кенглиги $B_m=48^{\circ}12'$. ABC сферик учбурчак Лежандра теоремасидан фойдаланиб ечилсин.

Сферик ортиқликни щисоблаш

№	Формулалар	Щисоблаш натижалари	Изош
1	2	3	4
1	f	0,002533	В _м асосида 5.1 жадвалдан олинади ε – щисоблашда учбурчак томон узунлиги км.да олинади
2	b^2	2007,04	
3	$\sin A$	0,769831	

4	sinC	0,923542
5	sinA sinC	0,710971
6	b ² sinA sinC	1426,95
7	sinB	0,88681
8	D ₁	1612,95
9	ε	4,086''

Учбурчакни ечиш

Учбурча к учлари	Сферик учбурчакни ўлчанган бурчаклари	$-\frac{\omega}{3}$	Сферик учбурчакни тенглаштирилган бурчаклари	$-\frac{\varepsilon}{3}$	Ясси учбурчак бурчаклари	Ясси учбурчакларини синуслари
B	62°12'44,54''	0,57	62°12'45,11''	-1,36''	62°12'43,75''	0,88467988
A	50°20'19,41''	0,57	50°20'19,98''	-1,36''	50°20'18,62''	0,76982866
C	67°26'58,43''	0,57	67°26'59,00''	-1,37''	67°26'57,63''	0,92354082
Σ	180°00'02,38''	1,71	180°00'04,09''	-4,09		
ε	4,09''					
ωқ	Σ-(180°қδ)қ -1,71					

$$\omega = -(\varepsilon + 180^\circ) + \Sigma$$

Сферик учбурчак томонлари

D_{II}қ50636,714м

a қ 38981,594м

b қ 44797,282м

c қ 46765,073м

3.2 Аддитаментлар усули.

И.Зольднер томонидан 1829 йилда таклиф қилинган бу усул синуслар теоремасига асосланади (3.1-шакл)

$$\frac{\sin \frac{a}{R}}{\sin A} = \frac{\sin \frac{b}{R}}{\sin B} = \frac{\sin \frac{c}{R}}{\sin C} \quad (3.5)$$

Сферик учбурчак томонларини радиан ўлчовида ифодаловчи a/R , b/R , c/R катталиклар Ер радиуси R га нисбатан кичик бўлганлиги учун уларни синус қаторга ёйиш мумкин. қаторни икки хади билан чегаралансак.

$$\frac{a - a^3/6R^2}{\sin A} = \frac{b - b^3/6R^2}{\sin B} = \frac{c - c^3/6R^2}{\sin C} \quad (3.6)$$

Аддитаментлар усулида сферик учбурчакни a , b , c томонларига тузатма бериш йўли билан ясси учбурчакни a' , b' , c' томонлари щосил қилинади ва сферик учбурчакнинг номаълум томонлари топилади.

$A_a = ka^3$; $A_b = kb^3$; $A_c = kc^3$ лар учбурчакни томонларига тузатмалар бўлиб, уларни аддитаментлар дейилади, бунда $k = 1/6R^2$, $R = \sqrt{MN}$ учбурчак жойлашган жой эллипсоид эгрилигининг ўртача радиуси.

Сферик учбурчакни аддитаментлар усулида ечиш кетма-кетлигини келтирамиз:

1. Бошланғич берилган томон b дан унинг аддитаменти A_b ни айириб ясси учбурчак томони b' топилади;
2. Сферик учбурчакни маълум бурчаклари ва b' томонидан фойдаланиб синуслар теоремаси орқали қолган томонлар a' ва c' топилади;
3. Топилган томонлар A_a ва A_c аддитаментлар билан тузатилиб сферик учбурчакнинг номаълум томонлари аниқланади.

Учбурчакнинг аддитаментлар усули билан тўғри ечилганлиги Лежандра теоремаси ёрдамида текширилади.

Ишчи формулалар

b томон узунлиги маълум бўлган шолда

$$b' = b - A_b = b - kb^3 \quad (3.7)$$

$$A_b = kb^3 \quad (3.8)$$

$$a' = \frac{b' \sin A}{\sin B}; \quad c' = \frac{b' \sin C}{\sin B}, \quad (3.9)$$

$$a = a' + ka'^3 = a' + A_a; \quad c = c' + kc'^3 = c' + A_c, \quad (3.10)$$

$$A_a = ka'^3, \quad A_c = kc'^3 \quad (3.11)$$

$$k = 1/6R^2$$

МДХ минтақаси учун $k=409 \times 10^{-8}$ деб олиниши мумкин. А-ларни шисоблаш томон узунликлари км.ларда олинади.

6-Мисол. 5 мисолда берилган қийматлардан фойдаланиб АВС учбурчак аддитаментлар усули билан ечилсин. Шисоблаш натижалари (сферик учбурчак томон узунликлари) 5 мисолда олинган натижалар билан солиштирилсин.

Ечиш схемаси

Учбурчак учлари	Сферик учбурчакни ўлчанган бурчаклари	$-\frac{\omega}{3}$	Сферик учбурчакни тенглаштирилган бурчаклари	Сферик учбурчакни тенглаштирилган бурчакларини синуслари	Ясси учбурчак томонлари b', a', c'	A_s, m	Сферик учбурчак томонлари, м
В	62°12'44,54"	0,57	62°12'45,11"	0,88468295	44796,914	0,368	44797,282
А	50°20'19,41"	0,57	50°20'19,98"	0,76983287	38981,350	0,243	38981,593
С	67°26'58,43"	0,57	67°26'59,00"	0,92354337	46764,654	0,419	46765,073
Σ	180°00'02,38"	1,71	180°00'04,09"				
ϵ	4,09"						
ω_k	$\Sigma-(180^\circ k \delta)_k$ -1,71"						

4. Тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечиш.

4.1 Тўғри геодезик масалани Рунге-

Кутта-Ингланд усулида ечиш.

Биринчи тартибли дифференциал тенгламанинг x_{j+1} нуктадаги ечими, Рунге-Кутта-Ингланд усулида [1] қуйидагича бўлади

$$y_{j+1} = y_j + \frac{1}{6}(k_1 + 4k_3 + k_4), \quad (4.1)$$

бунда

$$k_1 = \Delta x f(x_j, y_j);$$

$$k_2 = \Delta x f\left(x_j + \frac{1}{2}\Delta x, y_j + \frac{1}{2}k_1\right);$$

$$k_3 = \Delta x f\left[x_j + \frac{1}{2}\Delta x, y_j + 0,25(k_1 + k_2)\right];$$

$$k_4 = \Delta x f(x_j + \Delta x, y_j - k_2 + 2k_3),$$

$$\Delta x = x_{j+1} - x_j \quad \text{-интеграллаш қадами}$$

Бир кадамда интеграллаш хатоси (локал хато) қуйидаги формула билан топилади

$$M = \frac{1}{336}(-42k_1 - 224k_3 - 21k_4 + 162k_5 + 125k_6), \quad (4.2)$$

бунда,

$$k_5 = \Delta x f\left[x_j + \frac{18}{27}\Delta x, y_j + \frac{1}{27}(7k_1 + 10k_2 + k_3)\right];$$

$$k_6 = \Delta x f\left[x_j + \frac{1}{5}\Delta x, y_j + \frac{1}{625}(28k_1 - 125k_2 + 546k_3 + 54k_4 - 378k_5)\right]$$

$$\left. \begin{aligned} B_2 - B_1 &= \int_0^S \frac{V^3}{C} \cos A dS \\ L_2 - L_1 &= \int_0^S \frac{V^3}{C} \sec B \sin A dS \\ A_2 - A_1 &= \int_0^S \frac{V^3}{C} \sin B \sec B \sin A dS \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

интегралларни ечишга(4,1)ни қўллаб ишчи формулаларни щосил қиламиз. (4.3) формулада:

$$v = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B} \quad \text{- геодезик кенгликнинг иккинчи функцияси;}$$

$$C = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2}} \quad \text{- эллипсоид меридианининг кутблардаги эгрилик радиуси;}$$

$$e \text{ ва } e' \quad \text{- эллипсоиднинг биринчи ва иккинчи эксцентриситетлари.}$$

Ишчи формулалар

$$\left. \begin{aligned} B_2 &= B_1 + \frac{1}{6}(\Delta B_1 + 4\Delta B_3 + \Delta B_4); \\ L_2 &= L_1 + \frac{1}{6}(\Delta L_1 + 4\Delta L_3 + \Delta L_4); \\ A_2 \pm 180^\circ &= A_1 + \frac{1}{6}(\Delta A_1 + 4\Delta A_3 + \Delta A_4). \end{aligned} \right\}, \quad (4.4)$$

бунда

$$\left. \begin{aligned} \Delta B_i &= S_0 V_i^3 \cos \alpha_i \\ \Delta L_i &= S_0 V_i^3 \frac{\sin \alpha_i}{\cos \varphi_i} \\ \Delta A_i &= \Delta L_i \sin \varphi_i \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

$$v_i = \frac{1 + 0,6\gamma_i}{1 + 0,2\gamma_i}, \quad \gamma_i = \beta \cos^2 \varphi_i;$$

$$S_0 = \frac{S}{c} \rho'' = 0,0322304 \circ S; \quad \beta = 1,25e'^2,$$

$i=1, \dots, 6$ қадамлар тартиб рақами.

Красовский эллипсоиди учун $C=6399698,9$ м, $\beta=0,00842316$.

α_i ва φ_i лар 4.1 жадвалдаги каби топилади.

4.1 жадвал

i	α	φ
1	A_1	B_1
2	$A_1 \mp 0,5\Delta A_1$	$B_1 \mp 0,5\Delta B_1$
3	$A_1 \mp 0,25(\Delta A_1 \mp \Delta A_2)$	$B_1 \mp 0,25(\Delta B_1 \mp \Delta B_2)$
4	$A_1 - \Delta A_2 \mp 2\Delta A_3$	$B_1 - \Delta B_2 \mp 2\Delta B_3$
5	$A_1 + \frac{1}{27}(7\Delta A_1 + 10\Delta A_2 + \Delta A_3)$	$B_1 + \frac{1}{27}(7\Delta B_1 + 10\Delta B_2 + \Delta B_3)$
6	$A_1 + \frac{1}{625}(28\Delta A_1 - 125\Delta A_2 + 546\Delta A_3 + 54\Delta A_4 - 378\Delta A_5)$	$B_1 + \frac{1}{625}(28\Delta B_1 - 125\Delta B_2 + 546\Delta B_3 + 54\Delta B_4 - 378\Delta B_5)$

Координаталар ва азимутни щисоблашда локал хатоликлар қуйидаги формулалар билан топилади.

$$\left. \begin{aligned} M_{\Delta B} &= \frac{1}{336}(-42\Delta B_1 - 224\Delta B_3 - 21\Delta B_4 + 162\Delta B_5 + 125\Delta B_6); \\ M_{\Delta L} &= \frac{1}{336}(-42\Delta L_1 - 224\Delta L_3 - 21\Delta L_4 + 162\Delta L_5 + 125\Delta L_6); \\ M_{\Delta A} &= \frac{1}{336}(-42\Delta A_1 - 224\Delta A_3 - 21\Delta A_4 + 162\Delta A_5 + 125\Delta A_6). \end{aligned} \right\} \quad (4.6)$$

4.2 жадвалда турли координаталар ва масофалар учун ЭЦМда моделлаштириб топилган Рунге-Кутта-Ингланд усулининг аниқлик тавсифлари берилган.

Жадвал $\Delta x = S$ бир каррали интеграллаш қадамида щисоблаш натижаси бўйича тузилган.

Интеграллашнинг локал хатоси M ни (4.2) формула ёрдамида ЭЦМда щисоблашда интеграллаш жараёнинг қадамини автоматик щолда ўзгартириш мумкин. Бир қадамда, берилган ε хатоликда интеграллашнинг ўзгариш схемаси қуйидагича бўлиши мумкин:

4.2. жадвал

Кенглик	Масофа, км	Хатолик		
		$M_{\Delta B} \leq$	$M_{\Delta L} \leq$	$M_{\Delta A} \leq$
$B \leq 65^\circ$	$S \leq 300$	0,1-0,15м	0,1-0,15м	0,003''
	$S \leq 500$	0,3-0,7м	0,3-0,7м	0,03''- 0,04''
$75^\circ \leq B \leq 80^\circ$	$S \leq 100$	0,1м	0,1м	0,3''
	$S \leq 200$	0,16м	0,16м	0,3''

$$\Delta x_{j+1} = \begin{cases} \frac{\Delta x_j}{2}, & \text{агар } M_j > \varepsilon; \\ \Delta x_j, & \text{агар } M_j = \varepsilon; \\ 2\Delta x_j & \text{агар } M_j < \varepsilon. \end{cases}$$

бунда $\Delta x_{j+1} - M \leq \varepsilon$ бўлганда (x_{j+1}, y_{j+1}) нуқтадан ва $M > \varepsilon$ бўлганда (x_j, y_j) нуқтадан олинган интеграллаш қадами катталиги; $i=1, \dots, n$ - қадам тартиб рақами.

Доимий қадамда интеграллаш усулига нисбатан қадамни автоматик шолда танлаш схемасида интеграллаш ечим олиш вақтини 20 - 30% га қисқартиради.

7-Мисол. Бошланғич нуқтани координаталари B_1, L_1 , тўғри азимут A_{12} ва нуқталар орасидаги масофа S орқали кейинги нуқтанинг координаталари B_2, L_2 ларни ва тескари азимут A_{21} ни (4.4), (4.5) формулалар ва 4.1-жадвалдан фойдаланиб ҳисоблаб топилсин. Ечим аниқлиги (4.6) формула ёрдамида баъоалансин.

Бошланғич берилган катталиклар

B_1 қ $50^{\circ}07'40,97''$

S қ $281260,08\text{м}$

L_1 қ $23^{\circ}45'13,43''$

β қ $0,00842316$

$A_{1,2}$ қ A_1 қ $3^{\circ}29'45,83''$

Ечиш схемаси

Формулалар	i					
	1	2	3	4	5	6
S_o	9065,125	9065,125	9065,125	9065,125	9065,125	9065,125
α_1	$3^{\circ}29'45,83''$	$3^{\circ}35'17,18''$	$3^{\circ}35'29,34''$	$3^{\circ}41'38,52''$	$3^{\circ}37'27,47''$	$3^{\circ}32'00,33''$
φ_1	$50^{\circ}07'40,97''$	$51^{\circ}23'23,91''$	$51^{\circ}23'23,18''$	$52^{\circ}39'03,89''$	$51^{\circ}48'37,04''$	$50^{\circ}37'58,02''$
$\cos\alpha_1$	0,9981390	0,9980398	0,9980362	0,9979226	0,9980001	0,9980992
$\sin\alpha_1$	0,0609800	0,0625833	0,0626421	0,0642283	0,0632137	0,0616308
$\cos\varphi_1$	0,6410740	0,6240162	0,6240191	0,6066674	0,6182672	0,6342883
$\sin\varphi_1$	0,7674791	0,78140114	0,7814091	0,7949558	0,7859679	0,7730966
$\cos^2\varphi_1$	0,4109759	0,3893962	0,3893998	0,3680453	0,3822543	0,4023216
γ_1	0,0034617	0,0032719	0,0032800	0,0031001	0,0032198	0,0033888
$1\kappa 0,6\gamma_1$	1,002077	1,001968	1,001968	1,001860	1,001931	1,002033
$1\kappa 0,2\gamma_1$	1,000692	1,000656	1,000656	1,000620	1,000644	1,000677
V_i	1,001384	1,001311	1,001311	1,001239	1,001287	1,001355

V_i^3	1,004157	1,003938	1,003938	1,003721	1,003866	1,004077
$\sin\alpha_i/\cos\varphi_i$	0,09551216	0,1002911	0,1003849	0,1062003	0,1022433	0,0971653
$\Delta B''_i$	9085,87	9082,98	9082,95	9079,96	9081,97	9084,73
ΔB^o_i	2°31'25,87"	2°31'22,98"	2°31'22,95"	2°31'19,96"	2°31'21,97"	2°31'24,73"
$\Delta L''_i$	863,48	910,34	911,19	963,91	928,04	882,01
ΔL^o_i	0°14'23,48"	0°15'10,34"	0°15'11,19"	0°16'03,91"	0°15'28,04"	0°14'42,01"
$\Delta A''_i$	662,70	711,35	712,02	766,27	729,41	681,88
ΔA^o_i	0°11'02,70"	0°11'51,35"	0°11'52,02"	0°12'46,27"	0°12'09,41"	0°11'21,88"

$$\Delta B = \frac{1}{6}(9085,87'' + 4 \cdot 9082,95'' + 9079,96'') = 9082,94'' = 2^{\circ}31'22,94''$$

$$\Delta L = \frac{1}{6}(863,48'' + 4 \cdot 911,19'' + 963,91'') = 912,02'' = 0^{\circ}15'12,02''$$

$$\Delta A = \frac{1}{6}(662,70'' + 4 \cdot 712,02'' + 766,27'') = 712,84'' = 0^{\circ}11'52,84''$$

$$B_2 = B_1 + \Delta B = 50^{\circ}07'40,97'' + 2^{\circ}31'22,94'' = 52^{\circ}39'03,91''$$

$$L_2 = B_1 + \Delta L = 23^{\circ}45'13,43'' + 0^{\circ}15'12,02'' = 24^{\circ}00'25,45''$$

$$A_{21} = A_{12} + \Delta A \pm 180^{\circ} = 3^{\circ}29'45,83'' + 0^{\circ}11'52,84'' = 183^{\circ}41'38,67''$$

$$M_{\Delta B} = 1/336(-381606,5'' - 2034580'' - 190679,1'' + 1471279'' + 1135591'') = 4,4''/336 = 0,013''$$

$$M_{\Delta L} = 1/336(-36266,16'' - 204106,5'' - 20242,11'' + 150342,4'' + 110251,2'') = -21,2''/336 = -0,063''$$

$$M_{\Delta A} = 1/336(-27833,40'' - 159492,4'' - 16091,67'' + 118164,4'' + 85235'') = -18,1''/336 = -0,054''$$

4.2 Ўртача аргументлар формулаларидан фойдаланиб тескари геодезик масалани ечиш (Гаусс усули).

Гаусс усули қуйидаги интеграл остидаги функцияларни

$$\left. \begin{aligned} B_2 - B_1 &= \int_0^S \frac{V^3}{C} \cos A dS \\ L_2 - L_1 &= \int_0^S \frac{V}{C} \sec B \sin A dS \\ A_2 - A_1 &= \int_0^S \frac{V}{C} \sin B \sec B \sin A dS \end{aligned} \right\} \quad (4.7)$$

ўртача аргументлар

$$B_m = \frac{B_1 + B_2}{2}; \quad L_m = \frac{L_1 + L_2}{2}; \quad A_m = \frac{A_{12} \pm 180^{\circ} + A_{21}}{2}.$$

бўйича Тейлор қаторига ёйишга асосланган. (4.7) формулаларда:

$$V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B} \quad - \text{геодезик кенгликнинг иккинчи функцияси};$$

$$c = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2}} \quad - \text{кутбларда эллипсоид меридианининг эгрилик радиуси};$$

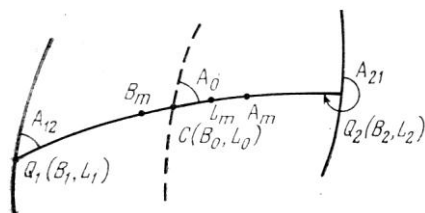
e ва e' - эллипсоиднинг биринчи ва иккинчи эксцентритетлари.

Ўртача аргументлар бўйича қаторларга ёйиш қуйидаги ифодага олиб келади

$$\left. \begin{aligned} B_2 - B_1 &= \left(\frac{dB}{dS} \right)_1 S + \left(\frac{d^2 B}{dS^2} \right)_1 \frac{S^2}{2} + \left(\frac{d^3 B}{dS^3} \right)_1 \frac{S^3}{3!} + \dots; \\ L_2 - L_1 &= \left(\frac{dL}{dS} \right)_1 S + \left(\frac{d^2 L}{dS^2} \right)_1 \frac{S^2}{2} + \left(\frac{d^3 L}{dS^3} \right)_1 \frac{S^3}{3!} + \dots; \\ A_{21} - A_{12} \pm 180^\circ &= \left(\frac{dA}{dS} \right)_1 S + \left(\frac{d^2 A}{dS^2} \right)_1 \frac{S^2}{2} + \left(\frac{d^3 A}{dS^3} \right)_1 \frac{S^3}{3!} + \dots; \end{aligned} \right\} \quad (4.8)$$

қавслар остидаги индекс хусусий хосилалар бошланғич нуқтада, яъни B_1 , L_1 , A_{12} да олинишни кўрсатади. (4.8) да жуфт даражали хосилалар нолга айланади. Янги щосил бўлган қаторлар тез яқинлашади ва ихчам кўринишга келади.

Гаусс усулининг асосий мощияти қуйидагилардан иборат:



4.1 - шакл

(4.1-шакл) C нуқта геодезик чизик S ни B_0 , L_0 координаталар ва A_0 азимут билан тенг иккига бўлсин. $(B_1 - B_0)$ ва $(B_2 - B_0)$ фарқлар учун

қуйидаги қаторларни щосил қиламиз:

$$(B_1 - B_0) = - \left(\frac{dB}{dS} \right)_0 \frac{S}{2} + \frac{1}{8} \left(\frac{d^2 B}{dS^2} \right)_0 S^2 - \frac{1}{48} \left(\frac{d^3 B}{dS^3} \right)_0 S^3 + \dots;$$

$$(B_2 - B_0) = \left(\frac{dB}{dS} \right)_0 \frac{S}{2} + \frac{1}{8} \left(\frac{d^2 B}{dS^2} \right)_0 S^2 + \frac{1}{48} \left(\frac{d^3 B}{dS^3} \right)_0 S^3 + \dots;$$

Иккинчи тенгламадан биринчисини айириб, қуйидагини щосил қиламиз:

$$(B_2 - B_1) = \left(\frac{dB}{dS} \right)_0 S + \frac{1}{24} \left(\frac{d^3 B}{dS^3} \right) S^3 + \dots; \quad (4.9)$$

Шу сингари қуйидагиларни топамиз:

$$\left. \begin{aligned} (L_2 - L_1) &= \left(\frac{dL}{dS} \right)_0 S + \frac{1}{24} \left(\frac{d^3 L}{dS^3} \right) S^3 + \dots; \\ (A_{21} - A_{12} \pm 180^\circ) &= \left(\frac{dA}{dS} \right)_0 S + \frac{1}{24} \left(\frac{d^3 A}{dS^3} \right) S^3 + \dots; \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

(4.9) ва (4.10) ифодаларда хусусий хосилалар S нукта координаталари B_0 , L_0 , A_0 лар бўйича олинади. Лекин ўртача аргументлар геодезик чизикни B_m , L_m , A_m нукталарга тўғри келиб, S нукта билан устма уст тушмайди. Шу сабабли (4.9) ва (4.10) ларга $(B_m - B_0)$, $(L_m - L_0)$ ва $(A_m - A_0)$ фарқлар учун тузатмалар киритиш керак бўлади, яъни $\left(\frac{dB}{dS} \right)$ хусусий хосилалардан $\left(\frac{dB}{dS} \right)_m$ хусусий хосилаларга ўтиш керак бўлади. Бундай ўтишни қуйидаги боғланиш асосида қилиш мумкин. Масалан кенглик учун

$$\left(\frac{dB}{dS} \right)_0 = \left(\frac{dB}{dS} \right)_m - \frac{S^2}{8} \left(\frac{d^2 B}{dS^2} \right)_m \frac{\partial \left(\frac{dB}{dS} \right)_m}{dB} - \frac{S^2}{8} \left(\frac{d^2 A}{dS^2} \right)_m \frac{\partial \left(\frac{dB}{dS} \right)_m}{dA}. \quad (4.11)$$

Шу сингари хусусий хосилаларни боғланиш тенгламаларининг узоқлик ва азимутлар учун щам ёзишимиз мумкин. (4.11), (4.10) ва (4.9) ифодаларда мураккаб бўлмаган ўзгартиришлар ва $(dB/dS)_m$, $(dL/dS)_m$, $(dA/dS)_m$ ларнинг турли тартибдаги хусусий хосилаларини ифодаларига қўйиш орқали қуйидаги ишчи формулаларни щосил қиламиз:

$$S \sin A_m = D[a_1 \bar{l} + a_2 \overline{\Delta B}^2 \bar{l} + a_3 \bar{l}^3] = D \Sigma_1, \quad (4.12)$$

$$S \cos A_m = D[a_4 \bar{l} + a_5 \overline{\Delta B} \bar{l}^2 + a_6 \bar{l}^3] = D \Sigma_2, \quad (4.13)$$

$$\Delta A = \sin B_m [a_7 \bar{l} + a_8 \overline{\Delta B}^2 \bar{l} + a_9 \bar{l}^3] = \sin B_m D \Sigma_3, \quad (4.14)$$

бунда

$$\overline{\Delta B} = (B_2 - B_1)'' \cdot 10^{-4};$$

$$\bar{l} = (L_2 - L_1)'' \cdot 10^{-4};$$

$$D = \frac{593,602160 + \cos^2 B_m}{197,867385 + \cos^2 B_m};$$

$$a_1 = 103422,05 \cos B_m;$$

$$a_2 = 9,5144 \cos B_m + 0,5525 \cos^2 B_m - 0,0087 \cos^5 B_m;$$

$$a_3 = -10,1287 \cos B_m + 10,1287 \cos^3 B_m;$$

$$a_4 = 103422,05 - 696,9116 \cos^2 B_m + 4,6954 \cos^4 B_m - 0,0310 \cos^6 B_m;$$

$$a_5 = -30,3860 + 10,3334 \cos^2 B_m - 0,2061 \cos^4 B_m + 0,0014 \cos^6 B_m;$$

$$a_6 = -0,2048 + 0,4192 \cos^2 B_m - 0,0124 \cos^4 B_m;$$

$$a_7 = 10000 = 10^4;$$

$$a_8 = 2,9381 + 0,0123 \cos^2 B_m;$$

$$a_9 = 1,9587 \cos^2 B_m + 0,0123 \cos^4 B_m.$$

(4.12), (4.13), (4.14) формулалардан фойдаланиб тескари геодезик масаланинг ечимини топамиз:

$$r_m = \arctg \frac{\Sigma_1}{\Sigma_2}; \quad S_1 = \frac{D \Sigma_1}{\sin A_m}; \quad S_2 = \frac{D \Sigma_2}{\cos A_m}; \quad S_{\text{ыр}} = \frac{S_1 + S_2}{2};$$

$$A_{12} = A_m - \frac{1}{2} \Delta A; \quad A_{21} = A_m \pm 180^\circ + \frac{1}{2} \Delta A.$$

Σ_1 ва Σ_2 нинг ишораларини инобатга олиб A_m қуйидагича топилади.

Ишоралар		Азимутни топиш
Σ_1	Σ_2	
қ	қ	A_m қ r_m
қ	-	A_m қ $180^\circ - r_m$
-	-	A_m қ 180° қ r_m
қ	-	A_m қ $360^\circ - r_m$

(4.12), (4.13), (4.14) формулалардан фойдаланиб масофа $S \pm 5 \div 10$ см аниқликда ва азимут $\pm 0,05''$ аниқликда щисобланади.

a_1 ни щисоблашда $\cos B_m$ қиймати ўнликнинг еттинчи шадигача, a_4 ни щисоблашда $\cos B_m$ қиймати ўнликнинг олтинчи шадигача олиниси керак.

қолган а коэффициентларни щисоблашда $\cos B_m$ ни ўнликнинг тўртинчи шадигача олинса кифоя.

8-Мисол. 1 ва 2 нуқталарнинг координаталари B_1, L_1 ва B_2, L_2 (B_2 ва L_2 қийматлари бу мисолда 7-мисолни ечимидан олинади)лардан фойдаланиб нуқталар орасидаги масофа S , тўғри азимут A_{12} ва тескари азимут A_{21} щисоблансин.

Бошланғич берилган катталиклар:

B_1 қ 50°07'40,97''

B_2 қ 52°39'03,91''

L_1 қ 23°45'13,43''

L_2 қ 24°00'25,46''

Ечиш схемаси

Формулалар	Щисоблаш натижалари	Формулалар	Щисоблаш натижалари
1	2	3	4
B_1	50°07'40,97''	$\cos^5 B_m$	0,0946
B_2	52°39'03,91''	$\cos^6 B_m$	0,0590
ΔB	қ2 31 22,94	$\sin B_m$	0,781407
$\Delta B''$	қ9 082,94''	a_1	64537,624
B_m	51°23'22,44''	a_2	6,070

1	2	3	4
L_1	23°45'13,43''	a_3	-3,859
L_2	24°00'25,46''	a_4	103151,380
l	қ0 15 12,03	a_5	-26,393
l''	қ912,03''	a_6	-0,043
$\overline{\Delta B}$	0,908294	a_7	10000,00
$\bar{l}$	0,091203	a_8	2,943

$\overline{\Delta B}^2$	0,8250	a_9	0,765
$\bar{l}^2$	0,0083	D	2,99607176
$\overline{\Delta B}^2 \bar{l}$	0,0752	$a_1 l$	5886,0249
$\overline{\Delta B \bar{l}}^2$	0,0076	$a_2 \overline{\Delta B}^2 \bar{l}$	0,4565
$\overline{\Delta B}^3$	0,7493	$a_3 \bar{l}^3$	-0,0031
$\bar{l}^3$	0,0008	Σ_1	5886,4783
$\cos B_m$	0,624022	$a_4 \overline{\Delta B}$	93691,7795
$\cos^2 B_m$	0,389403	$a_5 \overline{\Delta B \bar{l}}^2$	-0,2006
$\cos^3 B_m$	0,2430	$a_6 \overline{\Delta B}^3$	-0,0322
$\cos^4 B_m$	0,1516	Σ_2	κ93691,5467
$a_7 \bar{l}$	912,0300	$\cos A_m$	0,99803213
$a_8 \overline{\Delta B}^2 \bar{l}$	0,2213	$S_1 = D \Sigma_1 / \sin A_m$	281260,08м
$a_9 \bar{l}^3$	0,0006	$S_2 = D \Sigma_2 / \cos A_m$	281260,08м
Σ_3	912,2519	$S_{\text{вир}}$	281260,08м
$S \sin A_m = D \Sigma_1$	17636,312	$\Delta A = \sin B_m \Sigma_3$	κ712,84''
$S \cos A_m = D \Sigma_2$	280706,597	ΔA	11'52,84''
$tg A_m$	0,06282828	$(1/2)\Delta A$	5'56,42''
A_m	3°35'42,25''	$A_{12} = A_m - (1/2)\Delta A$	3°29'45,83''
$\sin A_m$	0,06270464	$A_{21} = A_m \pm 180^\circ + (1/2)\Delta A$	183°41'38,67''

5. Геодезик координаталардан ясси тўғри бурчакли Гаусс-Крюгер координаталарига ўтиш ва аксинча.

Геодезик тармоқларни текисликда Гаусс-Крюгер проекциясида математик қайта ишлаш учун қуйидагилар бажарилади:

1. бошланғич пункт геодезик координаталаридан фойдаланиб Гаусс-Крюгер проекциясида шу пунктнинг текисликдаги тўғри бурчакли координаталари щисобланади. Щисоблашни тўғри бажарилганлигини

- текшириш учун тескари масала ечилади: тўғри бурчакли координаталардан фойдаланиб геодезик координаталар шисобланади;
- 2.эллипсоид саттидаги бошланғич томон узунлиги ва шу томон геодезик азимутидан текисликдаги томон узунлиги ва шу томон дирекцион бурчагига ўтилади;
- 3.эллипсоид саттига редукцияланган барча ўлчанган йўналишлар, томонларнинг текисликда тасвирлашдаги эгриликлар тузатмалар бериш йўли билан аниқлаштирилади.

Агарда геодезик тармоқ икки қўшни зонада жойлашган бўлса у шолда тўғри бурчакли координаталарни бир зонадан бошқа зонага ўтказиш керак бўлади.

МДХ давлатларида Красовский эллипсоиди қабул қилинганлигини инобатга олиб, юқоридаги масалаларни ечиш ушбу эллипсоид параметрлари асосида амалга ошириш бўйича қуйида мисоллар келтирилади.

Красовский эллипсоиди параметрлари:

катта ярим ўқ $a = 6378245,000$ м,

кичик ярим ўқ $b = 6356863,019$ м,

кутб сиқилиши $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,3} = 0,0033523299$,

биринчи эксцентриситет квадрати $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0,0066934216$

иккинчи эксцентриситет квадрати $e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2} = 0,0067385254$

5.1 Геодезик координаталардан Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталарига ўтиш (тўғри масала).

Ўқ меридианни L_0 бўлган зонада жойлашган нуктани В,L геодезик координаталари бўйича, шу нуктани ясси тўғри бурчакли х,у координаталарини шисоблаш талаб этилсин. Бунинг учун қуйидаги формулалардан фойдаланамиз:

$$\left. \begin{aligned} x &= 6367558,4969 \frac{B''}{\rho''} - \{a_0 - [0,5 + (a_4 + a_6 l^2) l^2] N\} \sin B \times \cos B; \\ y &= [1 + (a_3 + a_5 l^2) l^2] N \cos B. \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

(5.1) формулада қуйидаги белгилашлар қабул қилинган:

$l = \frac{(L - L_0)''}{\rho''}$ - берилган нуқта узоқлиги билан шу нуқта жойлашган зона ўқ

меридиани узоқликлари орасидаги фарқ (радиан бирлигида берилган);

$$N = 6399698,902 - [21562,267 - (108,973 - 0,612 \cos^2 B) \cos^2 B] \cos^2 B;$$

$$a_0 = 32140,404 - [135,3302 - (0,7092 - 0,0040 \cos^2 B) \cos^2 B] \cos^2 B;$$

$$a_4 = (0,25 + 0,00252 \cos^2 B) \cos^2 B - 0,04166;$$

$$a_6 = (0,166 \cos^2 B - 0,084) \cos^2 B;$$

$$a_3 = (0,3333333 + 0,001123 \cos^2 B) \cos^2 B - 0,1666667;$$

$$a_5 = 0,0083 - [0,1667 - (0,1968 + 0,0040 \cos^2 B) \cos^2 B] \cos^2 B$$

1 класс триангуляцияда кенглик ва узоқликлар 0,0001'' гача, х,у-0,001м. гача щисобланади. у-ордината қиймати зонанинг ўз меридианига нисбатан топилади.

А-мисол. Нуқтанинг Вқ51°38'43,9023'', Lқ24°02'13,1360'' геодезик координаталари бўйича ўқ меридиани L₀=21° бўлган зонада х,у тўғрибурчакли координаталари щисоблаб топилсин.

Ечиш схемаси

Щисоблаш тартиб номери	Формулалар	Натижалар
1	2	3
1	B°	51°38'43,9023''
2	B''	185923,9023''
3	B''/ρ''	0,901384549

4	$\sin B$	0,7841868
5	$\cos B$	0,6205248
6	$\cos^2 B$	0,3850510
7	$l^\circ = L - L_0$	$3^\circ 02' 13,1360''$
8	l''	$10933,1360''$
9	$l = l'' / \rho''$	0,053005341
10	N	6391412,451
11	a_0	32088,400
12	a_4	0,05497637
13	a_6	-0,00773241
14	a_3	-0,03814988
15	a_5	-0,02648423
16	$\sin B \cos B$	0,4866073
17	l^2	0,002809566
18	$a_6 l^2$	-0,004922844
19	$a_5 l^2$	-0,0000744
20	$N l^2$	17957,096
21	$6367558,4969 B'' / \rho''$	5739618,7994
22	x	5728374,726 м
23	$l + (a_3 + a_5 l^2) l^2$	0,99989280
24	$[23] l \cos B$	0,03288760
25	$y = [24][10]$	+210198,193 м

5.2 Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталаридан фойдаланиб геодезик координаталарни щисоблаш (тескари масала)

Бу масала 5.1 да кўрилган масалага тескари масала щисобланади. Нуқтанинг тўғри бурчакли координаталари x, y ва зона ўқ меридианнинг узоклиги L_0 берилган бўлсин. Шу нуқтани геодезик координаталарини щисоблаш талаб этилсин. Бу масалани ечиш куйидаги формулалардан фойдаланиб амалга оширилади:

$$\begin{aligned}
B &= B_x - [1 - (b_4 - 0,12z^2)z^2]z^2b_2\rho''; \\
L &= L_0 + l; \\
l &= [1 + (b_3 - b_5z^2)z^2]z\rho'',
\end{aligned}
\tag{5.2}$$

бунда

$$\begin{aligned}
B''_x &= \beta'' + \{50221746 + [293622 + (2350 + 22\cos^2\beta)\cos^2\beta]\cos^2\beta\} \times \\
&\times 10^{-10} \sin\beta \cos\beta \times \rho''; \\
\beta'' &= (x / 6367558,4969)\rho''; \\
z &= y / (N_x \cos B_x); \\
N_x &= 6399698,902 - [21562,267 - (108,973 - 0,612\cos^2 B_x)\cos^2 B_x]\cos^2 B_x; \\
b_2 &= (0,5 + 0,003369\cos^2 B_x)\sin B_x \cos B_x; \\
b_3 &= 0,333333 - (0,166667 - 0,001123\cos^2 B_x)\cos^2 B_x; \\
b_4 &= 0,25 + (0,16161 + 0,00562\cos^2 B_x)\cos^2 B_x; \\
b_5 &= 0,2 - (0,1667 - 0,0088\cos^2 B_x)\cos^2 B_x.
\end{aligned}$$

А-мисол. Нуқтанинг тўғри бурчакли координаталари $x=5728374,726$ м ва $y=210198,193$ м берилган. Ўқ меридиани узоклиги $L_0 \approx 21^\circ$ бўлган зонада шу нуқтанинг геодезик координаталари шисоблансин.

Ечиш схемаси

Шисоблаш тартиб номери	Формулалар	Натижалар
1	2	3
1	$\beta, \text{рад}$	0,899618704
2	β''	185559,6722''
3	β°	51°32'39,6722''

1	2	3
4	$\sin\beta$	0,7830898
5	$\cos\beta$	0,6219086
6	$\cos^2\beta$	0,3867703
7	$B_x, \text{рад}$	0,902070103
8	B_x''	186065,3094

9	B_x°	51°41'05,3094"
10	$\sin B_x$	0,7846121
11	$\cos B_x$	0,6199871
12	$\cos^2 B_x$	0,3843840
13	N_x	6391426,7776
14	b_2	0,24385467
15	b_3	0,26943480
16	b_4	0,31295066
17	b_5	0,13722340
18	$N_x \cos B_x$	3962602,1527
19	z	0,05304550
20	z^2	0,00281382
21	$[1-(b_4-0,12z^2)z^2]z^2b_2$	0,00068556
22	$\rho''[21]$	141,4070
23	B	51°38'43,9024"
24	$[1-(b_3-b_5z^2)z^2]z$	+0,053005342
25	$1=[24]\rho''$	+3°02'13,1362"
26	$L=L_0 + 1$	24°02'13,1362"

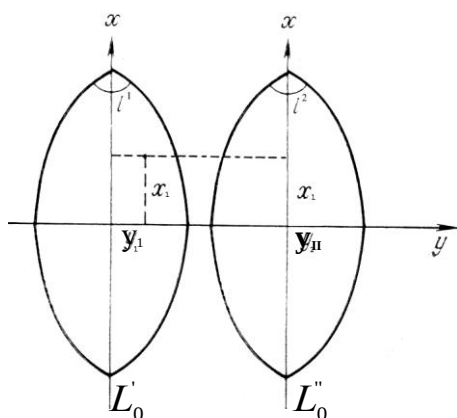
(5.1) формулалар ёрдамида В, L дан х, у га ўтиш 0,001 м аниқликда, (5.2) формулалардан фойдаланиб х, у дан В, L га ўтиш 0,0001" аниқликда амалга оширилади.

Бундай юқори аниқлик 1 класс триангуляция ва полигонометрия пунктларининг координаталарини ҳисоблашда талаб этилади. Юқори аниқлик талаб этилмаган ҳолларда (5.1) ва (5.2) формулалар маълум жиҳатдан соддалаштирилишлари мумкин.

5.3. Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталарини бир зонадан бошқа зонага қайта ҳисоблаш.

Бизга ўқ меридианнинг узоклиги L_0^1 , зонадаги нуктанинг координаталари x_1, y_1 берилган бўлиб, шу нуктанинг L_0^{II} узокликка эга бўлган зонадаги $x_{\text{II}}, y_{\text{II}}$ координаталарини топиш талаб этилсин. Бундай масалага тўғри бурчакли координаталарни бир зонадан бошқа зонага қайта щисоблаш (ўтказиш) масаласи дейилади.

Координаталарни бир зонадан бошқа зонага ўтказишнинг бир неча щил усуллари мавжуд [2]. Улардан щозирги вақтда аниқлик жащатдан юқори ва универсал бўлган усулни кўриб чиқамиз. Ўқ меридианнинг узоклиги L_0^1 бўлган, I зона системасида жойлашган нуктани x_1, y_1 координаталари бўйича шу нуктани (5.2) формулалардан фойдаланиб геодезик координаталари B_1, L_1 ларга



ўтилади. Сўнгра (5.1) формуладан фойдаланиб нуктанинг B_1, L_1 геодезик координаталари бўйича ўқ меридианнинг узоклиги L_0^{II} бўлган зона системасидаги тўғри бурчакли $x_{\text{II}}, y_{\text{II}}$ координаталарига ўтилади.

Щисоблаш натижаларини текширишда координатларни қайта щисоблаш икки марта бажарилади, яъни шарқий зонадан ғарбий зонага ва аксинча ғарбий зонадан шарқий зонага ўтилади.

С-Мисол. Ўқ меридианнинг узоклиги $L_0=21^\circ$ бўлган олти градусли зонада нуктанинг тўғри бурчакли $x_1=5728374,726\text{м}$, $y_1=210198,193\text{м}$ координаталари берилган бўлсин. Бу нукта координаталарини ўқ меридианнинг узоклиги $L_0=27^\circ$ бўлган кўшни зона системасига ўтказиш талаб этилсин.

Мисол юқорида айтилганидек икки босқичда ечилади. Биринчи босқичда (5.2) формуладан фойдаланиб $L_0=21^\circ$ бўлган зонада x_1, y_1 дан B_1, L_1 га ўтилади. Бу масала В-мисолда ечилган бўлиб, қуйидаги натижалар олинган эди: $B_1=51^\circ 38' 43,9028''$, $L_1=24^\circ 02' 13,1362''$. Иккинчи босқичда B_1, L_1 олинган натижалардан фойдаланиб (5.1) формулалар билан $L_0=27^\circ$ бўлган кўшни зона системасида шу нуктани $x_{\text{II}}, y_{\text{II}}$ тўғри бурчакли координаталари щисобланади. Бу масалани ечиш схемаси биз кўрган А-мисолда берилган.

Ечиш схемаси

Шисоблаш тартиб номери	Формулалар	Натижалар
1	2	3
1	L_1	24°02'13,1360"
2	L_0	24°
3	B_I°	51°38'43,9023"
4	B_I''	185923,9023"
5	B_I''/ρ''	0,901384542
6	$\sin B_I$	0,7841868
7	$\cos B_I$	0,6205248
8	$\cos^2 B_I$	0,3850510
9	$l^\circ = L_1 - L_0$	-2°57'46,864"
10	l''	-10666,864"
11	$l, \text{рад}$	-0,051714418
12	N	6391412,451
13	a_0	32088,400
14	a_4	0,05497637
15	a_6	-0,00773241
16	a_3	-0,03814988
17	a_5	-0,02648123
18	$\sin B_1 \cos B_1$	0,4866073
19	l^2	0,002674381
20	$N l^2$	17093,071944

1	2	3
21	$6367558,4969 B''/\rho''$	5739618,8000
22	x_{II}	5728164,378 м
23	$l + (a_3 + a_5 l^2) l^2$	0,99989778
24	$[23] l \cos B_I$	-0,03208680

25	y_{II}	-205079,963 м
----	----------	---------------

Бу ерда щисобни текшириш бўйича мисол келтирилмаган.

5.4 Гаусс-Крюгер проекциясида геодезик ўлчаш натижаларини эллипсоиддан текисликка редукциялаш.

5.4.1 Текисликда бошланғич маълумотларни олиш бўйича умумий тушунчалар.

Геодезик тармоқни Гаусс-Крюгер проекциясида щисоблаш учун эллипсоид сатшида томон узунликлари s_{ik} ва уларнинг геодезик азимутлари A_{ik} ларни махсус формулалардан фойдаланиб текисликдаги томон узунликлари s_{ik} ва уларни дирекцион бурчаклари α_{ik} ларга ўтказиш керак бўлади. Агар геодезик координаталар B_i, L_i, B_k, L_k лардан s_{ik} томон учларининг тўғри бурчакли координатлари x_i, y_i, x_k, y_k ларга ўтилган бўлса, у шолда

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{ik} &= \frac{y_k - y_i}{x_k - x_i} \\ s_{ik} &= \frac{x_k - x_i}{\cos \alpha_{ik}} = \frac{y_k - y_i}{\sin \alpha_{ik}} \\ s_{ik}^2 &= (x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2 \end{aligned} \quad (5.3)$$

Лекин (5.3) формулалардан фойдаланиб α_{ik} ва s_{ik} ларни щисоблаш текисликда томон узунликлари ва дирекцион бурчакларни топиш аниқлигини пасайтиради. Бунга ишонч щосил қилиш учун (5.3) формулаларнинг биринчи ва учинчисини олиб, уларни s_{ik} томон учларини координаталари x, y лар бўйича дифференциаллаб, бизга маълум бўлган қоидалар бўйича ўрта квадратик хатоларга ўтамиз ва $m_{x_i} = m_{y_i} = m_{x_k} = m_{y_k} = m_{xy}$ деб оламиз. Унда дирекцион бурчакни топиш ўрта квадратик хатоси $m_{\alpha_{ik}}$ ва томон узунлигини топиш ўрта квадратик хатоси $m_{s_{ik}}$ қуйидагиларга тенг бўлади

$$m_{\alpha_{ik}} = \frac{m_{xy}}{S} \rho'' \sqrt{2} \quad (5.4)$$

$$m_{s_{ik}} = m_{xy} \sqrt{2} \quad (5.5)$$

2 класс триангуляцияда тўғри геодезик масалани ечиш билан координаталарни текисликда 0,01 м аниқликда топиш мумкин. Агарда $s_{ik} = 20\text{км}$ десак у шолда $m_{\alpha_{ik}} = \pm 0,15''$ ва $m_{s_{ik}} = \pm 0,014\text{м}$ бўлади. (5.4) формуладан кўриниб турибдики томон узунлиги кичрайиши билан дирекцион бурчак α_{ik} нинг хатолиги ошиб боради, шу сабабли томон узунликлари ва дирекцион бурчакларни текисликка ўтказишнинг қуйидаги усуллари тавсия этилади.

5.4.2. Томонлар узунликларини ва йўналишларни текисликка редукциялаш формулалари.

Эллипсоиддаги геодезик чизиқ узунлиги S_{ik} ни Гаусс-Крюгер проекциясида текисликдаги узунлиги s_{ik} га ўтказиш учун қуйидаги умумлаштирилган формула таклиф этилади

$$s_{ik} = m_{ik} S_{ik}, \quad (5.6)$$

бунда m_{ik} - тасвирлашни ўртача масштаби.

Тасвирлаш масштабининг аниқлиги томон узунлиги s_{ik} ва уни зона ўқ меридианидан узоқлиги, яъни томон учларини ўртача ординаталари

$$y_m = (y_i + y_k) / 2$$

га боғлиқ.

(5.6) формулани қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$s_{ik} = S_{ik} + \Delta S_{ik} \quad (5.7)$$

бунда ΔS_{ik} - эллипсоиддаги томон узунлиги S_{ik} га тузатма.

1 класс геодезик тармоқларда ΔS_{ik} қуйидаги формуладан фойдаланиб 0,001м аниқликда щисобланади

$$\Delta S_{ik} = f'_m \left(y_m^2 + \frac{\Delta y^2}{12} + \frac{y_m^4}{12R_m^2} \right) S_{ik}, \quad (5.8)$$

ёки

$$\Delta S_{ik} = \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} + \frac{y_m^4}{24R_m^4} \right) S_{ik}, \quad (5.9)$$

бунда $\Delta y = y_k - y_i$, R_m – ер эллипсоидининг ўртача эгрилик радиуси.

f'_m нинг қиймати томон ўртача кенглиги B_m ёки томон учларининг ўртача абциссаси $x_m = (x_i + x_k)/2$ орқали 5.1-жадвалдан интерполяциялаш йўли билан олинади.

f ва f' қийматлари

5.1-жадвал

Кенгликлар В	$x_{км}$	$f = \frac{\rho''}{2R_m^2}$	$f' = \frac{1}{2R_m^2}$
1	2	3	4
36°	3986	0,0025404	$1,23161 \times 10^{-8}$
38	4208	0,0025392	$1,23106 \times 10^{-8}$
40	4430	0,0025381	$1,23049 \times 10^{-8}$
42	4652	0,0025369	$1,22992 \times 10^{-8}$
44	4874	0,0025357	$1,22935 \times 10^{-8}$
46	5096	0,0025345	$1,22877 \times 10^{-8}$
48	5319	0,0025333	$1,22820 \times 10^{-8}$
50	5541	0,0025322	$1,22763 \times 10^{-8}$
52	5763	0,0025310	$1,22706 \times 10^{-8}$
54	5986	0,0025299	$1,22651 \times 10^{-8}$
56	6209	0,0025287	$1,22597 \times 10^{-8}$
1	2	3	4
58	6431	0,0025277	$1,22544 \times 10^{-8}$
60	6654	0,0025266	$1,22494 \times 10^{-8}$

62	6877	0,0025256	$1,22445 \times 10^{-8}$
64	7100	0,0025246	$1,22398 \times 10^{-8}$
66	7323	0,0025237	$1,22354 \times 10^{-8}$
68	7546	0,0025229	$1,22313 \times 10^{-8}$
70	7769	0,0025221	$1,22274 \times 10^{-8}$
72	7992	0,0025214	$1,22239 \times 10^{-8}$
74	8215	0,0025207	$1,22207 \times 10^{-8}$
76	8439	0,0025201	$1,22178 \times 10^{-8}$
78	8662	0,0025196	$1,22153 \times 10^{-8}$
80	8875	0,0025191	$1,22131 \times 10^{-8}$

2 класс геодезик тармоқларда ΔS_{ik} ни ҳисоблаш учун (5.8), (5.9) формулаларга нисбатан соддароқ формуладан фойдаланилиши мумкин.

$$\Delta S_{ik} = f'_m \left(y_m^2 + \frac{\Delta y^2}{12} \right) S_{ik} = \left(\frac{y_m^2}{2R_m^2} + \frac{\Delta y^2}{24R_m^2} \right) S_{ik} \quad (5.10)$$

3,4 класс геодезик тармоққалрида қуйидаги формуладан фойдаланилади

$$\Delta S_{ik} = f'_m y_m^2 S_{ik} = \frac{y_m^2}{2R_m^2} S_{ik} \quad (5.11)$$

ΔS_{ik} ни ҳисоблашда ордината қийматлари 1 класс геодезик тармоқларда 1 м, 2 классда 10 м ва 3,4 классларда 0,1 км аниқликда олиниши керак. Бунда абсцисса хатолиги тузатмани ҳисоблаш аниқлигига таъсир этмайди.

Геодезик чизиқни тексликда тасвирлашдаги эгрилик учун горизонтал
йўналишига тузатма ҳисоблаш

Томон узунликлари 60км гача бўлган шолларда 1 класс трангуляция ва полигонометрия пунктларида тўғри йўналишга $\delta_{1,2}$ ва тескари йўналишга $\delta_{2,1}$ тузатмалар 0,001'' аниқликда қуйидаги формулалар билан ҳисобланади

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1,2} &= -f_m \Delta x \left(y_m - \frac{\Delta y}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) - \frac{\eta^2 \Delta y \operatorname{tg} B_m}{R_m^3} y_m^2 \rho''; \\ \delta_{2,1} &= +f_m \Delta x \left(y_m + \frac{\Delta y}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) + \frac{\eta^2 \Delta y \operatorname{tg} B_m}{R_m^3} y_m^2 \rho''; \end{aligned} \right\}, \quad (5.12)$$

бунда

$$\begin{aligned} f_m &= \frac{\rho''}{2R_m^2}; R_m = \sqrt{M_m N_m}; \\ \Delta x &= x_2 - x_1; \Delta y = y_2 - y_1 \\ y_m &= \frac{1}{2}(y_1 + y_2); B_m = \frac{1}{2}(B_1 + B_2); \\ \eta^2 &= e'^2 \cos^2 B_m; e'^2 = 0,00673853 \end{aligned} \quad (5.13)$$

f_m - коэффициент 5.1-жадвалдан триангуляция томонининг ўртача кенглиги B_m ёки ўртача абциссаси x_m аргумент бўйича олинади; M_m ва N_m қуйидаги формулалар билан ҳисобланади:

$$M_i = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 B_i)^{3/2}} = a(1-e^2) \frac{1+0.25e^2 \sin^2 B_m}{1-1.25e^2 \sin^2 B_m} \quad (5.14)$$

$$N_m = \frac{a}{(1-e^2 \sin^2 B_m)^{1/2}} = a \frac{1-0.25e^2 \sin^2 B_m}{1-0.75e^2 \sin^2 B_m} \quad (5.15)$$

(5.12) формулаларда $R_m, y_m, \Delta x, \Delta y$ катталиклари км.да ифодаланади; y - ординаталар ўқ меридианига нисбатан олинади. 2,3,4 класс триангуляция ва полигонометрларда (5.12) формула соддалаштириш мумкин

$$\begin{aligned}\delta_{1.2}'' &= -f_m(x_2 - x_1) \left(y_m - \frac{y_2 - y_1}{6} \right); \\ \delta_{2.1}'' &= +f_m(x_2 - x_1) \left(y_m + \frac{y_2 - y_1}{6} \right).\end{aligned}\tag{5.16}$$

Агар $S \leq 50\text{км}$ ва $y \leq 120\text{км}$ бўлса (5.16) формула 1-класс триангуляция ва полигонометрияда қўлланилади.

(5.16) формулани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин

$$\begin{aligned}\delta_{1.2}'' &= -\frac{f_m}{3}(x_2 - x_1)(2y_1 + y_2); \\ \delta_{2.1}'' &= +(x_2 - x_1)(2y_1 + y_2).\end{aligned}\tag{5.17}$$

δ_{ik} тузатмаларни 0,1” аниқликда щисоблашда қуйидаги формуладан фойдаланилади

$$\delta_{1.2}'' = -\delta_{2.1}'' = -0,00253(x_2 - x_1)y_m\tag{5.18}$$

(5.12),(5.16),(5.18) формулалардан фойдаланиб щисобланган $\delta_{1.2}, \delta_{2.1}$ тузатмалар ўлчанган йўналишларга алгебраик қўшилади.

Ўлчанган йўналишларга δ_{ik} тузатмаларни киритиш натижасида учбурчакнинг эгри томонлари орасидаги бурчаклардан бу томон учларини бирлаштирувчи ватарлари орасидаги бурчакларга ўтилади. Натижада учбурчакларнинг йиғиндиси сферик ортиқлик ξ катталигига камаяди. Шу сабабли бурчакларга берилаётган тузатма δ_i лар йиғиндиси тескари ишора билан сферик ортиқликка тенг бўлиши керак, яъни

$$\delta_A + \delta_B + \delta_C = -\xi\tag{5.19}$$

бу ерда δ_i тузатмалар ўнг томон йўналишига бўлган тузатма δ_{ik} билан чап томон йўналишига берилган δ_{ij} тузатмалар фарқи каби топилади

$$\delta_i = \delta_{ik} - \delta_{ij}$$

(5.12),(5.17) ва (5.18) формулалар билан δ_{ik} тузатмаларни щисоблашда 1 класс триангуляция ва полигонометрияда абцисса қийматларини 1-2м аниқликда, 2

классда 10 метр ва ундан паст классдаги геодезик тармоқларда 0,1 км гача бўлган аниқликда бўлиши керак. Ординаталар хатоликлари тузатмаларни щисоблаш аниқлигига таъсир этмайди.

1-класс триангуляция ва полигонометрияларда масофалар ва йўналишларни текисликка редукциялашда тўғри бурчакли координаталарни щисоблаш аниқлигига талаб ортади, шу сабабли координаталарни 1-2 м аниқликда щисоблаш учун тақрибий координаталардан фойдаланиб томонлар ва йўналишларга тақрибий ΔS_{ik} ва δ_{ik} тузатмалар киритилади.

Шундай қилиб 1-класс триангуляция ва полигонометрияларни текисликка ўтиказиш учун координаталар ва тузатмаларни кетма-кет яқинлашиш орқали топилади.

Бундай масалани ечишни кейинги параграфда кўриб чиқамиз.

Геодезик азимутлардан дирекцион бурчакларга ўтиш

Эллипсоид сатҳидаги геодезик чизикнинг текисликдаги бошланғич ва охирги нуқталарини бирлаштирувчи ватар $S_{1,2}$ ни дирекцион бурчаги $\alpha_{1,2}$ ни геодезик чизик азимути орқали щисоблаш қуйидаги формуладан фойдаланиб бажарилади

$$\alpha_{1,2} = A_{1,2} - \gamma_1 + \delta_{1,2} \quad (5.20)$$

бунда γ_1 - 1 нуқтада текисликдаги Гаусс меридианлар яқинлашиш бурчаги; $\delta_{1,2}$ - геодезик чизикни текисликда тасвирлаш эгрилиги учун тузатма (5.12) ёки (5.17) формулалар билан щисобланади.

Берилган нуқтада меридианлар яқинлашиши γ_1 ни щисоблашнинг бир неча хил формулалари мавжуд. Улардан айримларини келтирамиз.

Тўғри бурчакли координаталардан фойдаланиб 1 класс триангуляция ва полигонометрияда γ_1 бурчагини 0,001'' гача щисоблашда қуйидаги формулалардан фойдаланилади

$$\gamma_1 = \{1 - [(0,33333 - 0,00225 \cos^4 B_x) - (0,2 - 0,067 \cos^2 B_x) z^2] z \sin B_x \rho''\} \quad (5.21)$$

Агарда геодезик координаталар B_1 , $l = L_1 - L_0$ берилган бўлса (5.21)

ўрнига

$$\gamma_1 = \{1 + [(0,33333 + 0,00674 \cos^2 B_1) + (0,2 \cos^2 B_1 - 0,0067) l^2 \cos^2 B_1] l \sin B_1 \rho''\} \quad (5.22)$$

формула ишлатилади

(5.21) ва (5.22) формулаларда (5.1) ва (5.2) формулалардаги белгилашлар қабул қилинган γ_1 ни $0,01''$ гача аниқликда ҳисоблашда

$$\gamma = l \sin B + \frac{1}{3} \frac{l^3}{\rho''^2} \sin B \cos^2 B (1 + 3\eta^2) \quad (5.23)$$

формуладан, $0,1''$ аниқликда ҳисоблашда

$$\gamma = l \sin B + \frac{1}{3} \frac{l^3}{\rho''^2} \sin B \cos^2 B \quad (5.24)$$

формуладан, $0,1'$ аниқликда ҳисоблашда

$$\gamma = l \sin B \quad (5.25)$$

формуладан фойдаланиш мумкин (5.22)-(5.25) формулаларда $l = L - L_0$ нукта узоқлиги L билан зона ўқ меридиан узоқлиги L_0 орасидаги фарқ, B -нуктанинг геодезик кенглиги. Шуни такидлаш лозимки, меридианлар яқинлашиш бурчаги γ_1 нинг ишораси l ишораси билан бир хил бўлади.

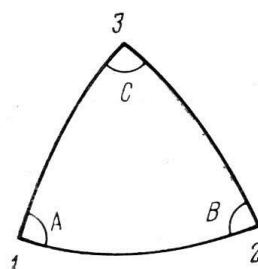
5.4.3. 1-класс триангуляция учбурчагини эллипсоиддан текисликка редукциялаш

1-класс триангуляция учбурчагини эллипсоиддан текисликка редукциялаш куйидаги алгоритмда бажарилиши мумкин.

1. бошланғич 1 нукта геодезик координаталари B_1 , L_1 дан фойдаланиб шу нуктанинг тўғри бурчакли координаталари x_1 , y_1 ҳисобланади (5.1 да мисол келтирилган);

2. тўғри бурчакли x_1, y_1 координаталардан фойдаланиб бошланғич 1-банднинг геодезик координаталари B_1, L_1 щисобланади, бу билан 1-банддаги щисоб текширилади, (5.2 да мисол келтирилган);
3. 1-бандда щисоблаб топилган тўғри бурчакли координаталардан фойдланиб бошланғич 1-бандда (5.21) формула билан меридианлар яқинлашиш бурчаги γ_1 щисобланади;
4. 3-банддаги щисобни текшириш мақсадида (5.22) формуладан фойдаланиб бошланғич 1-бандда геодезик координаталар ёрдамида меридианлар яқинлашиш бурчаги щисобланади;
5. биринчи яқинлашишда учбурчак томон узунликлари щисобланади

$$S_{2.3} = S_{1.2} \frac{\sin A}{\sin C}; \quad S_{1.3} = S_{1.2} \frac{\sin B}{\sin C};$$



6. бошланғич координаталар x_1, y_1 бошланғич томон узунлиги $S_{1.2}$ ва ўлчанган A, B, C бурчаклардан фойдаланиб 1:100000 (ёки бошқа йирикрок) масштабда учбурчак схемаси чизилади. Шу чизмадан график равишда 2 ва 3 нуқталарнинг x_2, y_2, x_3, y_3 координаталари олинади (5.1 шакл);
7. биринчи яқинлашишда $\delta, \Delta S$ (метрда) тузатмалари щисобланади

$$\delta''_{1.2} = -\delta_{2.1} = -0,00253 y_m \Delta x;$$

$$\Delta S = 0,123 y_m^2 S_{1.2}.$$

буларда $y_m = \frac{1}{2}(y_1 + y_2); \Delta x = x_2 - x_1.$

8. биринчи яқинлашишда бошланғич томон дирекцион бурчаги щисобланади

$$\alpha_{1.2} = A_{1.2} - \gamma_1 + \delta_{1.2}.$$

9. биринчи яқинлашишда бурчакларга δ_i тузатмалар щисобланади.

$$\delta_1 = \delta_{12} - \delta_{13}; \quad \delta_2 = \delta_{23} - \delta_{21}; \quad \delta_3 = \delta_{31} - \delta_{32}. \quad (5.26)$$

10. биринчи яқинлашишда учбурчакнинг 2 ва 3 учлари координаталари шисобланади

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x_2 & x_3 &= x_1 + \Delta x_3; \\ y_2 &= y_1 + \Delta y_2 & y_3 &= y_1 + \Delta y_3. \end{aligned} \right\}, \quad (5.27)$$

бунда

$$\begin{aligned} \Delta x_2 &= s_{12} \cos \alpha_{12}; & \Delta x_3 &= s_{13} \cos \alpha_{13}; \\ \Delta y_2 &= s_{12} \sin \alpha_{12}; & \Delta y_3 &= s_{13} \sin \alpha_{13}; \\ S_{12} &= S_{12} + \Delta S_{12}; & S_{13} &= S_{13} + \Delta S_{13}. \end{aligned}$$

11. иккинчи яқинлашишда бошланғич томон 1-2 га ΔS тузатма ва йўналишларга δ_{ik} тузатмаларни шисобланади:

$$\begin{aligned} \delta_{12} &= -f_m(x_2 - x_1) \left(y_m - \frac{y_2 - y_1}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) - \delta'; \\ \delta_{21} &= +f_m(x_2 - x_1) \left(y_m + \frac{y_2 - y_1}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) + \delta'. \end{aligned} \quad (5.28)$$

$$\begin{aligned} \delta_{12} &= -f_m \Delta x \left(y_m - \frac{\Delta y}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) - \delta'; \\ \delta_{21} &= +f_m \Delta x \left(y_m + \frac{\Delta y}{6} - \frac{y_m^3}{3R_m^2} \right) + \delta'. \end{aligned} \quad (5.28a)$$

$$\Delta S = \frac{S}{2} \left(\frac{y_m}{R_m} \right)^2 + \frac{S}{24} \left[\left(\frac{\Delta y}{R_m} \right)^2 + \left(\frac{y_m}{R_m} \right)^4 \right],$$

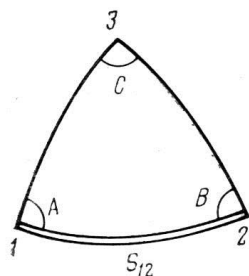
бу ерда

$$\delta' = \frac{\eta^2 (y_2 - y_1) y_m^2 \operatorname{tg} B_m}{R_m^2} \rho'',$$

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2 B_m;$$

$$e'^2 = 0,00673853;$$

$$R_m = \sqrt{MN} = \sqrt{\rho''/2f_m};$$



5.1 - шакл

$$B_m = (B_1 + B_2)/2.$$

$f_m - B_m$ аргумент бўйича 5.1-жадвалдан олинади;

12. иккинчи яқинлашишда(5.26) формуладан

фойдаланиб бурчакларга δ_i тузатмалар ҳисобланади;

13. иккинчи яқинлашишда текисликда бошланғич томон узунлиги ва унинг дирекцион бурчаги α_{12} ҳисобланади.

$$s_{12} = S_{12} + \Delta S;$$

$$\alpha_{12} = A_{12} - \gamma_1 + \delta_{12}.$$

14. иккинчи яқинлашишда s_{13} ва s_{23} томонлар узунлиги ҳисобланади

$$s_{13} = s_{23} \frac{\sin B}{\sin C}; \quad s_{23} = s_{12} \frac{\sin A}{\sin C};$$

15. иккинчи яқинлашишда олинган s ва α қийматлари бўйича (5.21) формулалардан фойдаланиб учбурчакни 2 ва 3 учларини натижавий координаталари ҳисобланади.

Д-мисол.

А ва В мисоллардаги натижалардан фойдаланиб 1 класс трангуляция учбурчагини Красовский эллипсоидидан Гаусс-Крюгер проекциясида текисликка редукциялаш талаб этилсин (5.1 шакл).

Бошланғич маълумотлар

$$B_1 = 51^\circ 38' 43,9023''$$

$$A_{12} = 118^\circ 49' 32,702''$$

$$L_1 = 24^\circ 02' 13,1360''$$

$$\angle A = 61^\circ 43' 07,185''$$

$$x_1 = 5728374,726 \text{ м}$$

$$\angle B = 59^\circ 14' 13,034''$$

$$y_1 = +210198,193 \text{ м}$$

$$\angle C = 59^\circ 02' 41,284''$$

$$S_{12} = 25938,210 \text{ м}$$

$$L_0 = 21^\circ$$

Топширикни 6 банди бажарилгандан сўнг x_2 ва x_3 аргументлар бўйича 5.1-жадвалдан B_2 ва B_3 кенгликларни тақрибий қийматлари олинади

$$B_2 = 51^\circ 32'$$

$$B_3 = 51^\circ 46'$$

Ечим алгоритми

1. бошланғич 1 нуктада тўғри бурчакли координаталардан фойдаланиб меридианлар яқинлашиш бурчаги γ_1 ни ҳисоблаш [(5.21) формула, B_x ва z қийматлари мисол - В ечиш схемаси жадвалидан олинади].

Формула элементлари	Натижалар	Формула элементлари	Натижалар
$\cos B_x$	0,6199871	Z^2	0,00281382
$\cos^2 B_x$	0,3843840	$\sin B_x$	0,7846121
$\cos^4 B_x$	0,1477511	γ_1''	8576,737''
Z	0,05304550	γ_1^0	2°22'56,787''

2. 1-банддаги ҳисобни текшириш. Бошланғич 1 нуктада геодезик координаталардан фойдаланиб меридианлар яқинлашиш бурчаги γ_1 ни ҳисоблаш [(5.22) формуладан фойдаланилади].

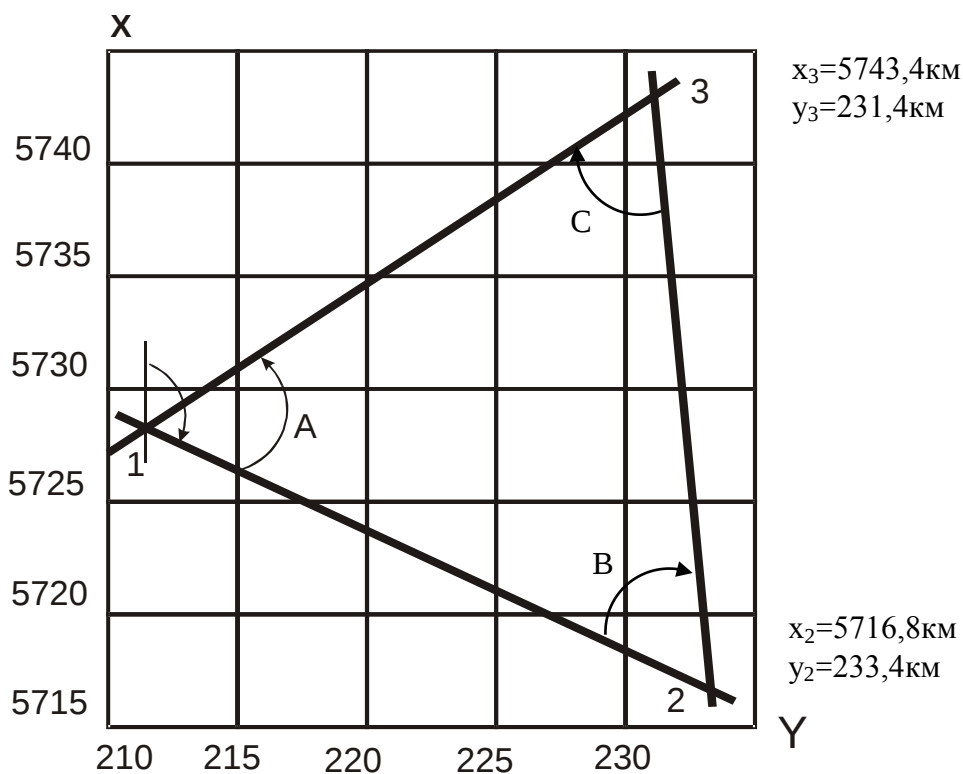
Формула элементлари	Натижалар	Формула элементлари	Натижалар
$\cos B_1$	0,6205248	$\sin B_1$	0,7841868
$\cos^2 B_1$	0,3843840	γ_1''	8576,737
l рад	0,053005341	γ_1^0	2°22'56,737''
l^2	0,002809566		

$$l_{\text{рад}} = \frac{L_1 - L_0}{\rho''} - \text{мисол А ни ечиш схемасидан олинishi мумкин.}$$

3. биринчи яқинлашишда учбурчак томонларини узунликларини ҳисоблаш

Учбурчак бурчак учлари	Эллипсоиддаги бурчаклар	Бурчак синуслари	Томонлар, м
3	59°02'41"	0,85757	25938
1	61°43'07"	0,88063	26635
2	59°14'13"	0,85929	25990

4. бошланғич 1 нукта координаталари, бошланғич томон узунлиги ва учбурчак бурчакларидан фойдаланиб масштабда, масалан 1:100000 масштабда (5.2 шакл) учбурчак схемасини чизиш ва 2, 3 бурчак учларини (нуқталар) координаталарини схемадан график равишда олиш



5. биринчи яқинлашишда γ_{ik} ва ΔS тузатмаларни ҳисоблаш

Белгилашлар (формулар элементлари)	1 2	1	2
		3	
x_1 , км	5728,4	5728,4	5716,8

$x_2, \text{ км}$	5716,8	5743,4	5743,4
$\Delta x = x_2 - x_1$	-11,6	+15,0	+26,6
y_m	+221,8	+220,8	+232,4
$y_1, \text{ км}$	+210,2	+210,2	+233,4
$y_2, \text{ км}$	+233,4	+231,4	+231,4
y_m^2	49135	48753	54010
$S, \text{ км}$	26	26	27
$\delta''_{12} = -0,00253 y_m \Delta x$	+6	-8	-16
$\delta''_{21} = -\delta''_{12}$	-6	+8	+16
ΔS_m	16	16	18

6. биринчи яқинлашишда бошланғич томон дирекцион бурчаги α_{12} ни щисоблаш

$$A_{12} = 118^\circ 49' 33''$$

$$- \gamma_1 = -2^\circ 22' 57''$$

$$+ \delta_{12} = \quad + 6''$$

$$\alpha_{12} = 116^\circ 26' 42''$$

2 ва 3 учбурчак учларини координаталарини биринчи яқинлашишда ва δ_i ва ΔS ларни иккинчи яқинлашишда щисоблаш

5.2-жадвал

№	Белгилаш	1	1	2	Ўқисоблаш ва тўлдириш тартиби
		2	3		
1	2	3	4	5	6
1	α	116°26'42"	116°26'42"	296°26'42"	$\Delta x = S \cos \alpha_{12}$
2	$\angle$, (бурчаклар)		-61°42'07"	+59°14'13"	
3	δ		+14"	-10"	
4	α_{12}	116°26'42"	54°43'49"	355°41'05"	
5	S, км	25,938	25,990	26,635	
6	ΔS , м	16	16	18	
7	s, км	25,954	26,006	26,653	
8	$\cos \alpha_{12}$	-0,44534	+0,57743	+0,99716	
9	$\sin \alpha_{12}$	+0,89536	+0,81644	-0,07524	
10	x ₁ , км	5728,375	5728,375	5716,817	
11	Δx , км	-11,558	+15,016	+26,577	

12	$x_2, \text{ км}$	5716,817	5743,392	5743,394	$\Delta y = S \sin \alpha_{12}$ $y_m = \frac{1}{2}(y_1 + y_2)$
13	$y_1, \text{ км}$	+210,198	+210,198	+233,436	
14	$\Delta y, \text{ км}$	+23,238	+21,232	-2,005	
15	$y_2, \text{ км}$	+233,436	+231,430	+231,431	
16	$y_m, \text{ км}$	+221,817	+220,814	+232,434	
17	$\Delta y / 6, \text{ км}$	+3,873	+3,539	-0,334	
18	$y_m - \Delta y / 6$	+217,944	+217,275	+232,768	
19	$y_m + \Delta y / 6$	+225,090	+224,353	+232,100	

1	2	3	4	5	6
20	$-III_\delta$	-0,09	-0,09	-0,10	$III_\delta = y_m^3 / 3R_m^2$ $\sigma_1 = y_m - \Delta y / 6 - III_\delta$ $\sigma_1 = y_m + \Delta y / 6 - III_\delta$ $\delta'_{12} = -f_m \sigma_1 \Delta x$
21	σ_1	+217,85	+217,18	+232,67	
22	σ_2	+225,60	+224,26	+232,00	
23	B_m	51°37'	51°44''	51°42'	
24	f_m	0,00253123	0,00253116	0,00253118	
25	δ'_{12}	+6,373'' (4)	-8,255 (6)	-15,652 (1)	
26	$-\delta'$	-0,003''	-0,003	+0,000	
27	δ_{12}	+6,370''	-8,258''	-15,652''	
28	δ'_{21}	-6,600	+8,524	+15,607''	$\delta'_{21} = f_m \sigma_2 \Delta x$
29	$+\delta'$	+0,003	+0,003	-0,000	
30	δ_{21}	-6,597	+8,527	+15,607''	
31	$R_m, \text{ км}$	6383,105			
32	$y_m : R_m$	0,0347506			
33	$\Delta y : R_m$	0,0036405			
34	$S/2$	12969 м			
35	$(y_m : R_m)^2$	0,0012076			
36	$S/24$	1081 м			
37	$(\Delta y : R_m)^2 +$ $+(y_m : R_m)^4$	0,00001471			
38	ΔS	15,677M			
39	$s_K S_K \Delta S$	25953,887 м			

7. биринчи яқинлашишда бурчакларга δ_i тузатмаларни ҳисоблаш

$$\delta_1 = \delta_{12} - \delta_{13} = +6'' + 8'' = +14'',$$

$$\delta_2 = \delta_{23} - \delta_{21} = -16'' + 6'' = -10'',$$

$$\delta_3 = \delta_{31} - \delta_{32} = +8'' - 16'' = -8''.$$

8. учбурчакнинг 2 ва 3 учларини биринчи яқинлашишда ва δ , ΔS тузатмаларни иккинчи яқинлашишда ҳисоблаш (5.2-жадвал ва изошда келтирилган).

9. иккинчи яқинлашишда бурчакларга δ_i тузатмаларни ҳисоблаш (5.26 формулалар).

$$\delta_1 = \delta_{12} - \delta_{13} = +6,371'' + 8,258'' = +14,629'',$$

$$\delta_2 = \delta_{23} - \delta_{21} = -15,651'' + 6,597'' = -9,054'',$$

$$\delta_3 = \delta_{31} - \delta_{32} = +8,526'' - 15,606'' = -7,080''.$$

Текшириш: $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = -\varepsilon$, $\varepsilon = fab \sin C = 1,504''$; $\sum \delta_i = -1,505''$.

10. учбурчакнинг текисликдаги аниқ ечими

Учбурчак учлари	Ўлчанган бурчаклар	δ_i	Текисликдаги бурчаклар	Бурчаклар синуслари	Томонлар узунликлари, м
3	59°02'41,284"	-7,080	59°02'34,204"	0,85755210	25953,887
1	61°43'07,185"	+14,628	61°43'21,813"	0,88066533	26653,410
2	59°14'13,034"	-9,055	59°14'03,979"	0,85926752	26005,804
Σ	180°00'01,503"	-1,507	179°59'59,996"		

11. бошланғич томон дирекцион бурчагининг аниқ қиймати

$$A_{12} = 118^\circ 49' 33,702''$$

$$- \gamma_1 = - 2^\circ 22' 56,737''$$

$$+ \delta_1 = + 6,371''$$

$$\alpha_{12} = 116^\circ 26' 42,335''$$

12. учбурчак учларининг якуний координаталари

№	Белгилаш	1	1	2
		2	3	

1.	α		116°26'42,335"	296°26'42,335"
2.	<		-61°43'21,813"	+59°14'03,979"
3.	α_{12}	116°26'42,335"	54°43'20,522"	355°40'46,314"
4.	$\cos \alpha_{12}$	-0,44539999	+0,5775897	+0,99705828
5.	s	25953,887 м	26005,804 м	26653,410 м
6.	$\sin \alpha_{12}$	+0,89536155	+0,81636311	-0,07533495
7.	x_1	5728374,726	5728374,726	5716816,422
8.	Δx	-11558,304	+15019,365	+26577,668
9.	x_2	5716816,422	5743394,091	5743394,090
10.	y_1	4710198,193	4710198,193	4733436,305
11.	Δy	+23238,112	+21230,179	-2007,933
12.	y_2	4733436,305	4731428,372	4731428,372

Изошлар

R_m ни щисоблаш учун 5.2-жадвалдан учбурчак учларининг x_2 , x_3 координаталарини оламиз. x_2 , x_3 координаталардан фойдаланиб 5.1 жадвалдан итерполяция қилиш йўли билан учбурчак 2 ва 3 учларининг B_2 ва B_3 кенгликларини топамиз (B_2 ва B_3 қийматлари берилган бўлса (1 у) формула билан бирданига B_m ни қийматлари щисобланилади).

Мисол $x_2=5717$ км 5.1-жадвалда $B_{ю}=50^\circ$ ва $B_{п}=52^\circ$ оралиғдаги $x_{км}$ қийматлари оралиғида, яъни

$$B_{ю}=50^\circ \text{ да } x_{ю}=5541 \text{ км}$$

$$B_{п}=52^\circ \text{ да } x_{п}=5763 \text{ км}$$

$$\Delta B_{юп}=52^\circ-50^\circ=2^\circ,$$

$$\Delta x_{юп}=5763-5541=222 \text{ км},$$

(индексдаги ю – юқори, п – пастки).

демак кенгликни 2° ортишига абсцисса 222 км га ортяпти.

x_2 билан $x_{ю}$ орасидаги фарқни топамиз.

$$x_{ю2}=x_2-x_{ю}=5717-5541=176 \text{ км}.$$

Энди 176 км абсцисса орттирмасига тўғри келадиган кенглик орттирмасини топамиз

$$\Delta B_{\text{ю}2} = \frac{x_{\text{ю}2} - \Delta B_{\text{юп}}}{x_{\text{юп}}} = \frac{176 \cdot 120'}{222} = 95'$$

$$B_2 = B_{\text{ю}} + \Delta B_{\text{ю}2} = 50^\circ + 95' = 50^\circ + 1^\circ 35' = 51^\circ 35'$$

Худди шу тарика B_3 ни топамиз

$$B_3 = B_{\text{ю}} + \Delta B_{\text{ю}3} = 50^\circ + 109' = 50^\circ + 1^\circ 49' = 51^\circ 49'$$

Томонлар бўйича ўртача кенгликни щисоблаймиз

$$B_{12m} = \frac{B_1 + B_2}{2} = \frac{51^\circ 39' + 51^\circ 35'}{2} = 51^\circ 37';$$

$$B_{13m} = \frac{B_1 + B_3}{2} = \frac{51^\circ 39' + 51^\circ 49'}{2} = 51^\circ 44';$$

$$B_{23m} = \frac{B_2 + B_3}{2} = \frac{51^\circ 35' + 51^\circ 49'}{2} = 51^\circ 42'.$$

B_m қийматлари 5.2 жадвалини n23 га ёзилади.

5.1-жадвалдан B_{12m} , B_{13m} , B_{23m} кенгликлар бўйича f_m қийматларини интерполяциялаш орқали топамиз.

Мисол учун f_{12m} ни $B_{12m} = 51^\circ 37'$ даги қийматини топиш учун $B_{\text{ю}} = 50^\circ$ ва $B_{\text{п}} = 52^\circ$ даги Δf фарқни топамиз, $\Delta f_{\text{юп}} = f_{\text{ю}} - f_{\text{п}} = 0,0025322 - 0,0025310 =$
 $= -0,0000012 = -12 \times 10^{-7}$

$$\Delta f_{12m} = \frac{\Delta f_{\text{юп}} (B_{12m} - B_{\text{ю}})}{(B_{\text{п}} - B_{\text{ю}})} = \frac{-12 \cdot 10^{-7} \cdot 97'}{120'} = -0,00000097 = -9,7 \cdot 10^{-7}.$$

$$f_{12m} = f_{\text{ю}} + \Delta f_{12m} = 0,0025322 - 0,00000097 = 0,00253123.$$

юқоридаги мисолдагидек f_{13m} ва f_{23m} ларни топамиз

$$\Delta f_{13m} = \frac{-12 \cdot 10^{-7} \cdot 104'}{120'} = -10,4 \cdot 10^{-7};$$

$$\Delta f_{23m} = \frac{-12 \cdot 10^{-7} \cdot 102'}{120'} = -10,2 \cdot 10^{-7}.$$

$$f_{13m} = 0,0025322 - 10,4 \cdot 10^{-7} = 0,00253116;$$

$$f_{23m} = 0,0025322 - 10,2 \cdot 10^{-7} = 0,00253118.$$

f_m қийматлари 5,2 жадвални п26 га ёзилади. Сўнггра $R_m = \sqrt{\rho''/2f_m}$ формуладан фойдаланиб R_m қийматлари топилади.

$$R_{12m} = \sqrt{206265/2 \cdot 0,00253123} = 6383,105 \text{ км};$$

$$R_{13m} = 6383,193 \text{ км};$$

$$R_{23m} = 6383,168 \text{ км}.$$

R_m қийматлари 5,2 жадвални п33 га ёзилади.

(5,28) формуладаги $\frac{y_m^3}{3R_m^2}$ шаддини щисоблаймиз, 5,2 – жадвалда ушбу шаддини III_δ

билан белгиланган (5,2 жадвал п20 га ёзилади).

$$\text{III}_{12\delta} = \frac{y_m^3}{3R_m^2} = \frac{221,817^3}{3 \cdot 6383,105^2} = 0,089;$$

$$\text{III}_{13\delta} = 0,088; \quad \text{III}_{23\delta} = 0,103.$$

σ' ни щисоблаш [формула (5.28 а)]

№	Белгилаш	1 2	1 3	2 3	Изошлар
1	e'^2	0,00673853	0,00673853	0,00673853	$\eta^2 = e'^2 \cos^2 B_m$
2	B_m	51°37'	51°44'	51°42'	
3	$\cos^2 B_m$	0,38554138	0,38356013	0,38412605	
4	η^2	0,00259398 ₂	0,00258463 ₁	0,00258844 ₄	

5	tgB_m	1,2634402	1,26773528	1,26621962	5,2 жадвал п14
6	$y_2 - y_1$	+23,238	+21,232	-2,005	
7	y_m	+221,817	+220,814	+232,434	
8	y_m^2	49202,781	48758,823	54025,564	
9		3447,224	3392,120	355,027	(4) · (5) · (6) · (8)
10	R_m	6383,105	6383,193	6383,168	
11	R_m^3	$2,6008417 \times 10^{11}$	$2,6008417 \times 10^{11}$	$2,6008111 \times 10^{11}$	
12	$+ \sigma'$	+0,003	+0,003	+0,000	$[(9)/(11)]\rho''$

Адабиётлар

Китоблар:

1. Яковлев Н.В., Беспалов Н.А., Глумов В.П. Практикум по высшей геодезии, М., Недра 1982 г.
2. Беспалов Н.А. Методы решения задач сфероидической геодезии. М., Недра 1980 г.
3. Морозов В.П. Курс сфероидической геодезии М., Недра 1979 г.
4. Закатов П.С. Курс Высшей геодезии, М., Недра 1976 г.
5. Ташпулатов С.А., Авчиев Ш.К. Сфероидик геодезия Т., 2002 й.

Интернет маълумотлари:

1. Geocentric datum of Australia Technical Manual.
www.anzlik.org.au/icsm/gdatum/xyzcd.html
2. Transformation from local ellipsoidal coordinate system to global ellipsoidal coordinate system.
www.isgi.polyu.edu.hk/cyber-class/geodesy4.htm
3. Conversion of ellipsoidal coordinate to Cartesian coordinates.
www.isgi.polyu.edu.hk/cyber-class/geodesy5.htm
4. Geocentric datum of Australia Technical Manual.

www.anzlik.org.au/icsm/molodens.html

5. Reference Ellipsoids and Geodetic Datum Transformation Parametres (Local to WGS-84).

www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/datum/edlist.html

Икки нукта орасидаги меридиан ва параллел ёй узунликларини щисоблаш
бўйича топшириқлар

Изоц: параллел ёй узунлиги Вўр бўйича щисоблансин

1 - топшириқ

N.№ Вариант	Меридианнинг бошлангич ва охирги нукталарини кенгликлари						Параллел учларининг узоқликлари фарқи (l)		
	B ₁			B ₂					
1	54°	2'	10,13"	56°	0'	10,19"	1°	51'	10,101"
2	54	4	12,00	56	2	21,22	1	47	11,111
3	54	6	17,91	56	4	23,22	1	35	13,901
4	54	8	21,84	56	6	43,90	1	29	14,141
5	54	10	20,1	56	8	51,89	1	21	29,191
6	54	12	40,12	56	10	30,67	1	19	30,117
7	54	14	31,92	56	12	31,77	1	58	31,31
8	54	16	57,12	56	14	47,48	1	59	35,351
9	54	18	14,31	56	16	29,30	1	57	47,201
10	54	20	35,22	56	18	29,69	1	56	31,997
11	54	22	41,42	56	20	37,75	1	43	30,886
12	54	24	29,88	56	22	39,64	1	40	12,129
13	54	26	30,3	56	24	27,25	1	41	39,993
14	54	28	39,12	56	26	29,18	1	39	49,491
15	54	30	21,89	56	28	56,56	1	38	50,511
16	54	32	49,00	56	30	39,01	1	37	19,998
17	54	34	48,11	56	32	41,42	1	36	47,479
18	54	36	21,11	56	34	49,10	1	48	37,456
19	54	38	28,99	56	36	13,13	1	11	57,367
20	54	40	47,41	56	38	14,14	1	27	36,457
21	54	42	51,51	56	40	17,99	1	27	36,245
22	54	44	41,41	56	42	19,20	1	30	45,246
23	54	46	20,22	56	44	51,51	1	20	37,456

24	54	48	28,00	56	46	52,12	1	50	31,246
25	54	50	51,50	56	48	50,51	1	37	36,245
26	54	52	10,51	56	50	21,21	1	31	38,246
27	54	54	11,82	56	52	20,1	1	49	36,21
28	54	56	13,13	56	54	48,4	1	29	59,101
29	54	58	17,18	56	56	49,97	1	37	49,491
30	54	59	5,00	56	58	10,11	1	48	11,546
31	54	0	10,10	56	0	0,92	1	51	10,101
32	54	1	18,18	56	1	59,99	1	45	11,109
33	54	3	19,19	56	1	0,00	1	35	12,121
34	54	5	29,17	56	3	10,18	1	25	13,331
35	54	7	27,18	56	5	15,16	1	15	17,221
36	54	9	29,19	56	7	16,16	1	54	18,183
37	54	11	31,14	56	9	39,99	1	44	16,071
38	54	13	56,79	56	11	49,62	1	34	19,091

1 - топшириқ давоми

N.№ Вариант	Меридианнинг бошлангич ва охирги нуқталарини кенгликлари					Параллел учларининг узоқликлари фарқи (<i>l</i>)			
	B ₁			B ₂					
39	54	15	58,70	56	13	51,52	1	24	59,591
40	54	17	51,31	56	15	19,62	1	14	49,397
41	54	19	39,20	56	17	39,61	1	16	39,917
42	54	21	41,01	56	19	49,62	1	26	41,047
43	54	23	9,161	56	21	59,61	1	36	38,381
44	54	25	8,762	56	23	51,51	1	46	50,501
45	54	27	15,16	56	25	24,19	1	56	40,401
46	54	29	18,92	56	27	27,20	1	59	20,217
47	54	31	19,67	56	29	19,71	1	58	21,297
48	54	33	26,12	56	31	30,32	1	29	17,171
49	54	35	27,12	56	33	30,34	1	39	27,219
50	54	37	27,12	56	35	35,36	1	49	18,161

Харита трапецияси томонларининг узунликлари ва юзасини
 щисоблаш бўйича топшириқлар
 Харита масштаби 1:5 000

2 - топшириқ

N.№ Вариант	Трапеция шимолий ва жанубий томонларининг кенгликлари					
	B ₁			B ₂		
1	54°	13'	45''	54°	15'	0''
2	54	15	0	54	16	15
3	54	16	15	54	17	30
4	54	17	30	54	18	45
5	54	18	45	54	20	0
6	54	20	0	54	21	15
7	54	21	15	54	22	30
8	54	22	30	54	23	45
9	54	23	45	54	25	0
10	54	25	0	54	26	15
11	54	26	15	54	27	30
12	54	27	30	54	28	45
13	54	28	45	54	30	0
14	54	30	0	54	31	15
15	54	31	15	54	32	30
16	54	32	30	54	33	45
17	54	33	45	54	35	0
18	54	35	0	54	36	15
19	54	36	15	54	37	30
20	54	37	30	54	38	45
21	54	38	45	54	40	0
22	54	40	0	54	41	15

23	54	41	15	54	42	30
24	54	42	30	54	43	45
25	54	43	45	55	45	0
26	54	45	0	55	46	15
27	54	46	15	55	47	30
28	54	47	30	55	48	45
29	54	48	45	55	50	0
30	54	50	0	55	51	15
31	55	11	15	55	12	30
32	55	12	30	55	13	45
33	55	13	45	55	15	0
34	55	15	0	55	16	15
35	55	16	15	55	17	30
36	55	17	30	55	18	45
37	55	18	45	55	20	0

2 - топшириқ давоми

N.№ Вариант	Трапеция шимолий ва жанубий томонларининг кенгликлари					
	B ₁			B ₂		
38	55	20	0	55	21	15
39	55	21	15	55	22	30
40	55	22	30	55	23	45
41	55	23	45	55	25	0
42	55	25	0	55	26	15
43	55	26	15	55	27	30
44	55	27	30	55	28	45
45	55	28	45	55	30	0
46	55	30	0	55	31	15
47	55	31	15	55	32	30
48	55	32	30	55	33	45
49	55	33	45	55	35	0
50	55	35	0	55	36	15

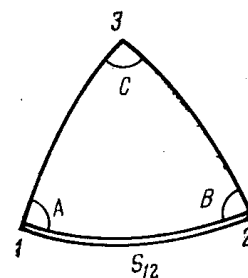
Сферик учбурчакларни ечиш; тўғри ва тескари геодезик масалаларни ечиш;
геодезик координаталардан ясси тўғри бурчакли Гаусс-Крюгер
координаталарига ўтиш ва аксинча тўғри бурчакли Гаусс-Крюгер
координаталаридан геодезик координаталарга ўтиш;
 Гаусс-Крюгер тўғри бурчакли координаталарини бир зонадан бошқа
 зонага қайта щисоблаш бўйича топшириқлар

*A, B, C - учбурчак ички
 бурчаклари,*

*B₁, L₁ – A нуқтанинг геодезик координатаси
 A₁₂ -берилган томоннинг бошлангич азимути*

3,4,5,6 - топшириқлар

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
1	A	52°	50'	22,29"	30750,425
	B	53	24	0,18	
	C	73	45	39,11	
	B ₁	50	7	55,97	
	A ₁₂	303	38	30,39	
	L ₁	24	25	31,55	
2	A	62	12	45,11	46765,064
	B	50	20	19,98	
	C	67	26	59,00	
	B ₁	47	39	3,24	
	A ₁₂	354	13	22,19	
	L ₁	36	18	32,44	
3	A	56	46	4,64	18565,404
	B	75	10	39,57	
	C	48	3	16,75	



	B ₁	50	15	48,84	
	A ₁₂	49	51	24,15	
	L ₁	54	0	19,09	
4	A	54	25	1,25	
	B	62	35	42,05	
	C	62	59	18,45	29081,36
	B ₁	53	54	26,49	
	A ₁₂	174	12	58,81	
	L ₁	24	3	21,16	
5	A	57	15	11,79	
	B	54	15	0,93	
	C	68	29	48,97	30256,481
	B ₁	51	28	2,90	
	A ₁₂	48	58	11,55	
	L ₁	23	42	26,08	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
6	A	42	38	55,10	
	B	76	19	3,73	
	C	61	2	2,29	24177,151
	B ₁	49	58	47,66	
	A ₁₂	204	52	31,62	
	L ₁	48	16	54,00	
7	A	74	58	50,81	
	B	51	0	59,63	
	C	54	0	11,08	25442,157
	B ₁	50	28	49,99	
	A ₁₂	357	31	51,80	
	L ₁	24	7	1,34	
8	A	48	3	16,75	
	B	56	46	4,64	
	C	75	10	39,57	24130,217
	B ₁	50	12	2,33	
	A ₁₂	287	12	0,02	
	L ₁	54	7	4,63	
9	A	59	44	1,21	
	B	62	45	44,75	
	C	57	30	15,92	28568,384
	B ₁	50	22	31,22	
	A ₁₂	249	30	18,93	
	L ₁	24	26	30,14	
10	A	56	46	0,85	

	B	57	51	0,95	
	C	65	22	59,80	37366,352
	B ₁	50	17	5,32	
	A ₁₂	218	31	57,85	
	L ₁	24	23	58,47	
11	A	71	24	57,83	
	B	54	4	1,89	
	C	54	31	1,82	25454,709
	B ₁	50	15	27,79	
	A ₁₂	83	3	51,32	
	L ₁	24	2	42,13	
12	A	71	0	2,67	
	B	56	30	15,40	
	C	52	29	43,33	23582,559
	B ₁	52	10	2,62	
	A ₁₂	296	36	25,15	
	L ₁	24	18	11,12	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	<i>Номи</i>	Берилган қийматлар			S,м
13	A	67	26	59,00	
	B	62	12	45,11	
	C	50	20	19,98	38981,591
	B ₁	47	46	52,65	
	A ₁₂	111	39	12,67	
	L ₁	35	49	36,33	
14	A	76	19	3,73	
	B	61	2	2,29	
	C	42	33	55,10	18722,009
	B ₁	49	46	57,43	
	A ₁₂	308	26	59,13	
	L ₁	48	8	25,64	
15	A	65	37	27,62	
	B	60	25	50,58	
	C	53	56	43,05	22473,056
	B ₁	55	26	6,82	
	A ₁₂	304	21	56,92	
	L ₁	41	58	32,24	
16	A	59	26	55,31	
	B	62	1	5,08	
	C	58	32	1,12	25771,104
	B ₁	51	46	19,06	
	A ₁₂	304	17	0,75	
	L ₁	24	21	11,31	
17	A	58	28	9,90	

	B	58	0	50,01	
	C	63	31	1,61	27219,043
	B ₁	52	15	42,87	
	A ₁₂	0	6	41,83	
	L ₁	23	55	39,38	
18	A	44	35	11,51	
	B	49	47	4,32	
	C	85	37	46,09	22746,726
	B ₁	55	30	0,31	
	A ₁₂	190	30	0,82	
	L ₁	52	7	9,00	
19	A	63	26	16,97	
	B	59	20	17,74	
	C	57	13	27,86	24299,431
	B ₁	54	37	0,00	
	A ₁₂	29	19	16,97	
	L ₁	50	17	10,99	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
20	A	60	25	50,01	
	B	53	56	42,57	
	C	65	37	27,03	23523,243
	B ₁	55	39	10,90	
	A ₁₂	107	19	16,30	
	L ₁	73	10	10,01	
21	A	58	1	0,03	
	B	65	33	40,52	
	C	56	25	20,19	24076,619
	B ₁	54	59	9,00	
	A ₁₂	278	13	14,14	
	L ₁	47	46	0,91	
22	A	53	52	44,90	
	B	60	48	5,30	
	C	65	19	10,19	22232,986
	B ₁	56	11	11,27	
	A ₁₂	181	59	21,00	
	L ₁	49	7	1,01	
23	A	63	26	8,83	
	B	61	34	11,41	
	C	54	59	41,17	23671,616
	B ₁	56	7	0,00	
	A ₁₂	171	57	51,51	
	L ₁	49	49	51,17	
24	A	51	54	33,69	

	B	56	5	5,47	
	C	72	0	22,15	24209,059
	B ₁	55	49	37,18	
	A ₁₂	101	39	42,10	
	L ₁	95	45	0,00	
25	A	61	2	2,35	
	B	42	38	55,05	
	C	76	19	3,80	24076,796
	B ₁	54	59	11,02	
	A ₁₂	186	41	49,99	
	L ₁	61	41	7,17	
26	A	54	20	5,60	
	B	56	37	25,55	
	C	69	2	26,91	22340,850
	B ₁	55	19	0,17	
	A ₁₂	276	4	1,01	
	L ₁	39	36	37,87	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
27	A	57	14	26,63	
	B	37	26	0,84	
	C	85	19	34,17	23988,219
	B ₁	56	0	9,99	
	A ₁₂	17	17	17,17	
	L ₁	51	54	54,00	
28	A	44	7	21,41	
	B	82	13	28,24	
	C	53	39	13,03	23926,518
	B ₁	56	0	27,72	
	A ₁₂	79	19	1,11	
	L ₁	69	0	47,74	
29	A	43	13	58,30	
	B	80	18	48,51	
	C	56	27	12,41	23654,142
	B ₁	54	37	0,01	
	A ₁₂	10	59	60,00	
	L ₁	59	56	19,00	
30	A	24	4	59,61	
	B	12	54	3,01	
	C	34	0	52,40	23426,904
	B ₁	55	19	16,17	
	A ₁₂	192	0	1,00	
	L ₁	61	17	19,00	
31	A	32	22	35,40	

	B	70	22	31,09	
	C	77	14	50,40	24305,323
	B ₁	54	18	0,73	
	A ₁₂	11	29	47,30	
	L ₁	30	31	30,00	
32	A	47	56	13,10	
	B	51	31	32,01	
	C	80	32	12,07	23333,447
	B ₁	54	59	9,10	
	A ₁₂	99	17	19,01	
	L ₁	75	33	31,33	
33	A	56	4	7,10	
	B	39	45	48,21	
	C	84	10	19,31	23856,520
	B ₁	55	1	0,99	
	A ₁₂	185	0	0,94	
	L ₁	39	18	19,71	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
34	A	53	2	28,11	
	B	52	5	2,97	
	C	74	52	31,01	19994,829
	B ₁	55	3	4,00	
	A ₁₂	279	1	3,11	
	L ₁	67	17	49,49	
35	A	41	7	33,03	
	B	30	43	17,04	
	C	108	9	10,10	20406,142
	B ₁	54	31	0,99	
	A ₁₂	0	57	59,60	
	L ₁	49	49	9,00	
36	A	43	2	36,07	
	B	44	9	14,42	
	C	92	48	16,21	21260,604
	B ₁	54	31	0,99	
	A ₁₂	0	57	59,60	
	L ₁	49	49	9,00	
37	A	47	2	11,40	
	B	65	55	0,81	
	C	67	2	49,01	20322,625
	B ₁	55	9	17,17	
	A ₁₂	339	30	0,30	
	L ₁	66	48	0,41	
38	A	46	38	56,40	

	B	66	34	54,71	
	C	66	46	8,01	21368,769
	B ₁	54	54	0,60	
	A ₁₂	272	40	41,00	
	L ₁	41	3	7,78	
39	A	28	59	28,40	
	B	37	23	28,11	
	C	113	37	5,98	21409,982
	B ₁	54	50	40,18	
	A ₁₂	31	30	30,17	
	L ₁	29	0	0,91	
40	A	38	3	20,97	
	B	29	22	39,99	
	C	112	33	57,01	22380,630
	B ₁	55	17	17,98	
	A ₁₂	201	1	4,98	
	L ₁	91	0	30,07	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
41	A	29	27	15,61	
	B	55	51	22,31	
	C	94	41	21,02	22231,512
	B ₁	54	34	1,21	
	A ₁₂	301	18	19,00	
	L ₁	40	41	4,00	
42	A	51	26	52,70	
	B	49	0	24,97	
	C	79	32	45,71	22709,005
	B ₁	55	7	9,17	
	A ₁₂	45	0	9,11	
	L ₁	77	10	10,97	
43	A	49	15	3,41	
	B	52	17	15,53	
	C	78	27	40,59	23988,368
	B ₁	54	21	21,11	
	A ₁₂	204	40	41,00	
	L ₁	41	0	7,07	
44	A	45	26	17,79	
	B	27	15	30,28	
	C	107	18	15,00	23442,132
	B ₁	55	0	1,18	
	A ₁₂	301	10	11,93	
	L ₁	80	16	0,08	
45	A	56	37	18,16	

	B	61	0	15,79	
	C	62	22	23,10	22896,911
	B ₁	54	0	0,72	
	A ₁₂	45	39	0,09	
	L ₁	69	10	11,31	
46	A	72	17	0,97	
	B	81	59	39,01	
	C	25	43	22,13	25119,512
	B ₁	56	55	17,11	
	A ₁₂	159	20	11,19	
	L ₁	31	30	0,00	
47	A	44	7	21,40	
	B	82	13	28,24	
	C	53	39	13,02	23755,124
	B ₁	55	30	1,65	
	A ₁₂	40	40	31,78	
	L ₁	61	17	10,96	

3,4,5,6 - топшириқлар давоми

Вариант	Номи	Берилган қийматлар			S,м
48	A	37	19	14,04	
	B	94	55	55,96	
	C	47	47	48,02	19961,157
	B ₁	55	10	11,18	
	A ₁₂	101	1	32,05	
	L ₁	81	1	16,07	
49	A	37	49	36,01	
	B	113	51	35,91	
	C	28	18	51,04	20128,875
	B ₁	54	56	9,01	
	A ₁₂	10	59	58,20	
	L ₁	59	26	5,06	
50	A	39	3	30,01	
	B	83	53	11,87	
	C	57	3	20,05	20156,527
	B ₁	54	58	10,07	
	A ₁₂	217	20	2,23	
	L ₁	61	29	19,26	

Назорат ишларини бажариш тартиб қоидалари.

Талабанинг назорат иши варианты қуйидагича аниқланади:

- Ўқув шифрининг охирги икки рақами 00 бўлса, 50 вариант;
- 01 дан 50 гача бўлса, мос вариантлар;
- агар 50 дан юқори бўлса, шу икки рақам ташкил қилган сондан 50 айирилади ва қолган сон вариант қилиб олинади.

Масалан, охирги икки рақам 67 бўлсин, у шолда 67-50қ17. Демак 17 вариант қилиб олинади.

Назорат ишларини бажаришда ва расмийлаштиришда қуйидаги қоидаларга риоя қилиш керак:

1. ишнинг сарлавҳасида талабанинг фамилияси, исми-шарифи, назорат ишининг рақами, шифри, институт ва факультетнинг номи, ишининг институтга юборилган санаси ва талабанинг истиқомат қиладиган манзилгоши аниқ-равшан ёзилиши керак;
2. назорат иши алоҳида дафтарда, сиёш билан (қизил рангдан ташқари), тақризчининг изоши учун дафтарнинг четида шошия қолдириб, бажарилади;
3. назорат ишидаги масалаларни ечиш назорат ишларида кўрсатилган рақамлар тартибида жойлаштирилади. Щар бир масалани ечишдан

аввал вариантга мос келувчи масаланинг шарти тўлиқ ёзилиши керак. Бир нечта масалаларнинг шарти умумий шолда берилган бўлса, берилган маълумотларни тегишли вариантга муносиб ёзиш керак;

4. масаланинг ечилиши уларга доир тушунтиришлар билан муфассал изошланиб борилиши, сўзларни қисқартириб ёзмасдан, озода бажарилиши керак, чизмаларни қаламда чизиш лозим.

Юқорида баён қилинган қоидалар бузилиб бажарилган ёки талаба томонидан ўз варианты бўйича бажарилмаган назорат ишлари шисобга олинмайди ва текширилмасдан қайтарилади.

Такриз қилинган ишни олгандан сўнг талаба ундаги хато ва камчиликларни тузатиши лозим.

Агар иш шисобга олинмаса, у қисқа вақт ичида бутунлай қайта ишланиши ёки такризчи томонидан кўрсатилган масалалар янгидан ечилиши керак. Тузатилган иш синовдан ўтмаган иш билан бирга институтга қайтарилиши керак. Шисобга олинган (зачёт қилинган) назорат иши синов ёки имтишонда ўқитувчига кўрсатилади.