



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Методические указания
к выполнению курсовой работы на тему
«Теоретическое и практическое применение
методов геодезической астрономии»
по дисциплине

**«Геодезическая астрономия с
основами астрометрии»**

Авторы
Редичкин Н.Н.,
Редичкин И.Н.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия», специализация «Инженерная геодезия».

В методических указаниях содержатся работы, в которых рассматриваются теоретические вопросы и методы решения практических задач геодезической астрономии, необходимые для выполнения курсовой работы. Приведены формулы, варианты заданий и пояснения к их выполнению.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ВГиФ» Редичкин Н.Н.,

к.т.н., доцент кафедры «ВГиФ» Редичкин И.Н.





Оглавление

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ	4
РАБОТА № 1	5
РАБОТА № 2	12
РАБОТА № 3	16
РАБОТА № 4	19
РАБОТА № 5	20
РАБОТА № 6	22
РАБОТА № 7	23
РАБОТА № 8	27
РАБОТА № 9	30

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Геодезическая (практическая) астрономия рассматривает методы определения астрономических координат точек земной поверхности (астрономических широт, долгот и астрономических азимутов избранных направлений).

Определение астрономических координат точек на земной поверхности сводится к определению положения отвесной линии в пространстве относительно окружающих звезд (при условии, что экваториальные координаты этих звезд известны) или положения светил на небесной сфере относительно зенита места наблюдений.

Положения светил относительно зенита могут быть определены с помощью горизонтальных координат: Z — зенитных расстояний, A — азимутов ориентирных направлений.

При этом необходимо учитывать то, что видимые положения светил непрерывно изменяются (вследствие суточного вращения Земли) и зависят от времени. Это обстоятельство вызывает необходимость фиксировать моменты времени, в которые были измерены горизонтальные и вертикальные углы светила.

Для обеспечения требуемой точности определения координат пунктов, угловые измерения выполняют высокоточными, переносными астрономо-геодезическими инструментами, а для регистрации времени используют специальные часы (хронометры, хронографы, секундомеры и др.)

Работы следует выполнять на листах формата А4, сопровождая необходимыми рисунками и пояснениями. Все вычисления производятся по схемам и формулам, приведенным в настоящих указаниях. При вычислении применяются современные многофункциональные калькуляторы. Текстовую часть задания набирают шрифтом Times New Roman, через 1,5 интервала. Исходные данные, а также окончательные результаты должны быть выделены. Исправления, коррекция и зачеркивание части текста или отдельных букв, цифр и символов недопустимы!

РАБОТА № 1

Тема: Основные круги и точки небесной сферы, связанные с отвесной линией и осью мира.

1) Задания:

- а) Изобразить основные круги и точки небесной сферы, связанные с отвесной линией и осью мира (рис. 1).
- б) Изобразить основные круги и точки небесной сферы, связанные с осью мира и эклиптической (рис. 2).
- в) Решить сферические треугольники по трем известным элементам.
- г) Решить прямоугольные сферические треугольники.

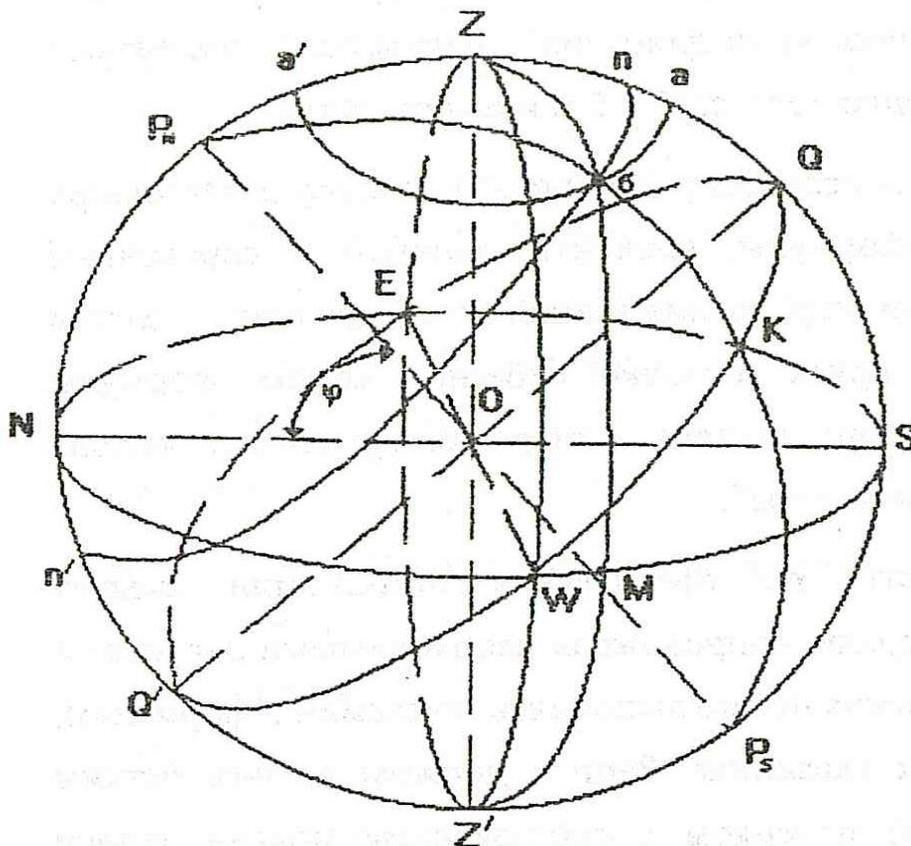


Рис. 1

плоскости горизонта под углом φ – широта пункта наблюдений. Ось мира пересекает небесную сферу в двух точках: P_N – северный полюс мира и P_S – южный полюс мира;

Все остальные линии образуются от пересечения плоскостей двух больших кругов небесной сферы.

Плоскость, проходящая через ось мира и отвесную линию, пересекает сферу по большому кругу ($P_N Z P_S Z' P_N$), который называется **небесным меридианом**;

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно оси мира, пересекает сферу по большому кругу, который называется **небесный экватор** ($Q W Q' E Q$);

Плоскости небесного меридиана и небесного горизонта пересекаются по линии (NS) которая называется **полуденной линией**. Полуденная линия пересекает сферу в двух точках: N - точка севера и S - точка юга;

Линия, образованная от пересечения плоскостей небесного меридиана и небесного экватора (QQ') пересекает сферу в двух точках: Q – верхняя точка экватора и Q' – нижняя точка экватора;

Линия, образованная от пересечения плоскостей небесного горизонта и небесного экватора (WE) пересекает сферу в двух точках: W - точка запада и E – точка востока;

Плоскость, проходящая через отвесную линию и точки востока и запада, пересекает небесную сферу по большому кругу, который называется: **1-й вертикал** ($Z W Z' E Z$);

Плоскость, проходящая через отвесную линию и светило, пересекает сферу по большому кругу, который называется **вертикалом светила** ($Z \zeta Z' Z$);

Плоскость, проходящая через ось мира и светило, пересекает сферу по большому кругу, который называется **кругом склонений** или **часовым кругом** ($P_N \zeta P_S P_N$);

Плоскость, проходящая через светило перпендикулярно отвесной линии пересекает небесную сферу по малому кругу, который называется **альмукуантаратом светила** или **кругом равных высот** ($a \zeta a' a$);

Плоскость, проходящая через светило перпендикулярно оси мира, пересекает небесную сферу по малому кругу, который называется **суточной параллелью светила** ($p \zeta p' p$).

б) Изображаем, уже известные нам из задания «а», следующие круги, линии и точки небесной сферы: отвесную линию, ось мира, меридиан, экватор, точки Q , Q' , P_N , P_S , Z и Z' .

Под углом $\varepsilon = 23.5^\circ$ к плоскости небесного экватора наклонена плоскость эклиптики. Эклиптикой называется большой круг небесной сферы, по которому происходит видимое (кажущееся) годичное движение Солнца.

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного меридиана по линии EE' , где E — точка летнего солнцестояния, а E' — точка зимнего солнцестояния.

Перпендикулярно плоскости эклиптики проходит ось эклиптики ($P_N P_S$), где P_N — Северный полюс эклиптики, а P_S — Южный полюс эклиптики;

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора по линии ($\gamma \underline{\Omega}$), где γ — Овен, точка весеннего равноденствия, а $\underline{\Omega}$ — Весы, точка осеннего рав-

ноденствия;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось мира ($P_N P_S$) и точки солнцестояний (E, E'), называется **колюр солнцестояний**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось мира ($P_N P_S$) и точки равноденствий (γ, Ω), называется **колюр равноденствий**;

Б — **светило**, $P_N \text{Б} P_S$ — **круг склонений**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось эклиптики ($\Pi_N \Pi_S$) и точки равноденствий (γ, Ω), называется **кругом эклиптической широты равноденственных точек**;

Большой круг небесной сферы, который проходит через ось эклиптики ($\Pi_N \Pi_S$) и светило (Б), называется **кругом эклиптической широты светила** (Б).

в) Сферическим треугольником называется фигура, образованная от пересечения трех больших кругов небесной сферы (рис. 3).

Для решения сферических треугольников используют следующие правила и формулы сферической тригонометрии:

1) Формулы косинуса стороны.

Правило: Косинус стороны равен произведению косинусов двух других сторон, сложенному с произведением синусов этих сторон на косинус угла между ними. Например, формула: $\cos \alpha = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$.

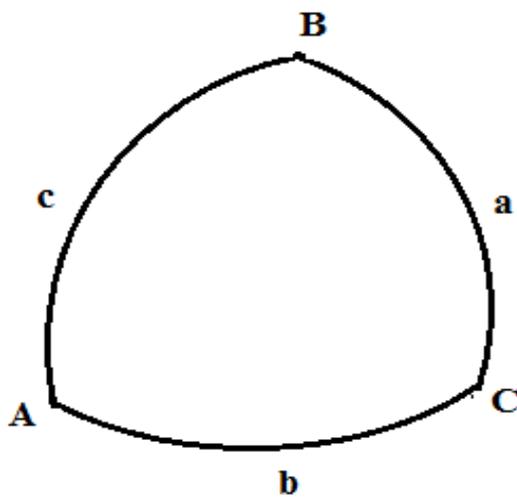


Рис. 3

2) Формулы синусов.

Правило: Произведение синуса стороны на синус прилежащего угла, равно произведению синусов противолежащих элементов. Например, формула:

$$\sin \alpha \sin B = \sin b \sin A.$$

3) Формула пяти элементов.

Правило: Произведение синуса стороны на косинус прилежащего угла равно произведению косинуса противолежащей этому углу стороны на синус третьей стороны, минус произведение синуса противолежащей этому углу стороны на косинус третьей стороны и на косинус угла между ними. Например, формула:

$$\sin \alpha \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A.$$

4) Формулы четырех элементов (котангенсов).

Правило: Для четырех элементов треугольника, расположенных рядом, правило читается так: Произведение котангенса крайней стороны на синус внутренней, равно

произведению косинусов внутренних элементов плюс произведение синуса внутреннего угла на котангенс крайнего угла. Например, для элементов A, c, B, a , формула имеет вид: $\operatorname{ctg} \alpha \sin c = \cos c \cos B + \sin B \operatorname{ctg} A$.

Исходные данные для решения этой задачи необходимо выбрать из табл. 1 по номеру варианта.

В табл. 1 даны стороны сферического треугольника. Необходимо найти значения углов A, B, C этого треугольника. Для контроля правильности решения необходимо использовать формулу: $\sin \alpha \sin B = \sin b \sin A$.

Таблица 1

№ варианта	a			b			№ варианта	a			b			c		
	°	'	''	°	'	''		°	'	''	°	'	''	°	'	''
1	43	04	30	60	17	20	16	49	18	22	72	32	18	58	11	12
2	44	15	45	61	23	27	17	50	27	37	73	05	23	56	27	23
3	42	27	13	62	29	32	18	35	31	45	74	21	31	69	08	25
4	41	51	26	63	32	18	19	34	56	28	75	51	46	68	53	49
5	40	32	07	64	36	12	20	33	02	43	76	15	04	70	21	59
6	45	16	54	65	41	05	21	32	43	12	77	36	18	69	49	03
7	46	21	48	59	43	09	22	31	57	49	78	58	13	68	59	27
8	41	50	23	58	51	41	23	30	36	23	79	47	33	69	15	45
9	40	02	18	57	39	52	24	51	06	15	62	12	41	71	16	29
10	43	52	33	56	05	38	25	53	11	26	64	10	08	68	17	24
11	39	23	16	66	11	43	26	54	43	31	65	22	51	70	03	46
12	38	57	33	67	43	29	27	55	37	14	66	45	27	71	38	53
13	37	51	42	68	58	52	28	57	26	31	68	04	42	60	53	18
14	36	27	14	63	51	47	29	49	37	52	63	15	47	67	14	25
15	44	51	36	57	32	18	30	37	45	16	71	38	26	59	27	36

г) Решение прямоугольных сферических треугольников.

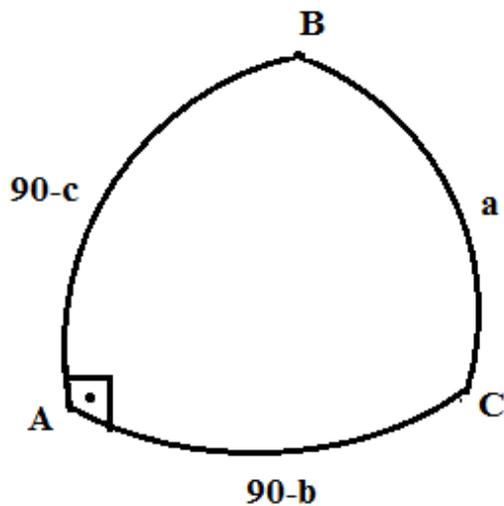


Рис. 4

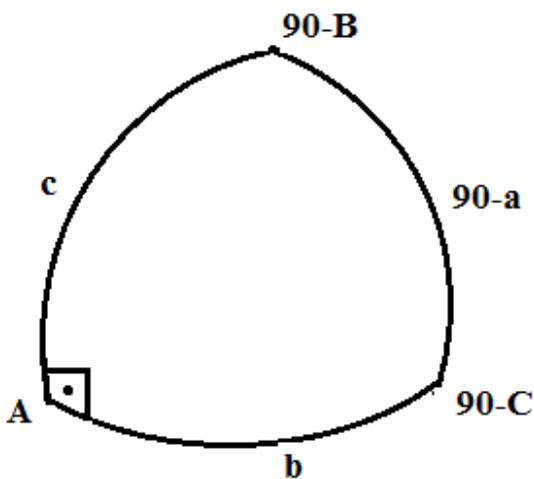


Рис. 5

Методические указания:

Решение прямоугольного сферического треугольника необходимо выполнять с использованием мнемонического правила Непера.

1) Если треугольник подписать следующим образом (рис. 4): катеты как дополнение до 90° , а остальные элементы оставить без изменений, то правило Непера читается так:

Косинус какого-либо элемента равен произведению котангенсов ближних к нему элементов или синусов дальних, например:

$$\cos(90 - b) = \text{ctg } C \text{ ctg } (90 - c) = \sin B \sin a$$

2) Если прямоугольный сферический треугольник подписать следующим образом (рис. 5): катеты оставить без изменений, а остальные элементы подписать как дополнение до 90° , то синус какого-либо элемента будет равен произведению тангенсов ближних к нему элементов или косинусов дальних, например:

$$\sin b = \text{tg } \text{ctg}(90 - C) = \cos(90 - B) \cos(90 - a).$$

Исходные данные для решения этой задачи необходимо выбрать из табл. 2 по номеру варианта.

Таблица 2

№ варианта	а ° ' "	b ° ' "	№ варианта	а ° ' "	b ° ' "	№ варианта	а ° ' "	b ° ' "
1	83 27 15	59 01 33	11	72 18 21	48 53 29	21	63 36 57	39 17 29
2	82 34 43	58 12 45	12	71 15 16	47 36 16	22	62 42 28	38 21 38
3	81 46 52	57 24 54	13	70 23 20	46 28 35	23	61 57 31	37 45 49
4	80 51 09	56 35 08	14	69 30 35	45 33 07	24	60 08 02	36 50 08
5	79 03 18	55 46 16	15	68 45 41	44 13 24	25	59 11 51	35 06 14
6	77 22 38	53 07 36	16	67 52 08	43 05 43	26	58 23 44	34 13 27
7	76 38 45	52 16 49	17	66 01 54	42 43 54	27	57 33 28	33 26 36
8	74 55 04	50 31 45	18	65 10 24	41 56 04	28	56 47 32	38 31 47
9	53 13 04	38 07 18	19	64 25 13	40 08 15	29	55 54 15	39 45 54
10	67 21 43	42 31 29	20	59 18 27	36 29 44	30	54 19 47	23 51 47

В табл. 2 даны две стороны прямоугольного сферического треугольника. Необходимо найти остальные три элемента этого треугольника. Для контроля правильности решения необходимо использовать формулу: $\cos C = \sin B \cos c$.

РАБОТА № 2

Тема: Изучение звёздного неба и особенностей суточного движения звезд.

Задания:

а) Руководствуясь ксерокопией макета карты звёздного неба, следует научиться опознавать на небе наиболее яркие звёзды и созвездия. Изучить их латинские названия (список ярких звезд дан в табл. 3). Из табл. 3 следует отобрать те звезды, которые имеют названия. Опознавать на карте эти звёзды, выделить красным цветом и подписать. Запомнить названия созвездий, в которые входят эти звёзды.

Таблица 3

№ по АЕ	Сокращенное обозначение	α (J 2000.0)			Годовые изменения α, s	δ (J 2000.0)			Годовые изменения $\delta, ''$	Название звезды	Созвездие
		h	m	s		°	'	''			
1	2	5			6	7			8	9	
N4	α Umi	2	31	48.704	+62.39	+89	15	50.72	+16.16	Полярная	
2	α And	0	08	23.265	+3.111	+29	05	25.58	+19.87		
4	γ Peg	00	13	14.154	+3.095	+15	11	00.80	+20.00	Альгениб	
15	β Cet	0	43	35.372	+3.010	- 17	59	11.82	+19.72		
27	β And	1	09	43.931	+3.374	+35	37	13.95	+19.02		
592	α Eri	1	37	42.852	+2.229	- 57	14	12.18	+18.22		
48	β Ari	1	54	38.401	+3.324	+20	48	28.82	+17.49		
53	γ And	2	03	53.963	+3.703	+42	19	46.99	+17.15		
54	α Ari	2	07	10.403	+3.393	+23	27	44.66	+16.90		
55	β Tri	2	09	32.625	+3.586	+34	59	14.24	+16.90		
57a	\circ Cet	2	19	20.723	+3.034	- 2	58	39.46	+19.72		
74	α Cet	3	02	16.773	+3.142	+ 4	05	22.93	+13.97		
83	α Per	3	24	19.365	+4.307	+49	51	40.34	+12.60	Альгений	
97	η Tau	3	47	29.073	+3.576	+24	06	18.38	+10.94		
100	ζ Per	3	54	07.922	+3.783	+31	53	01.01	+10.48		
101	ϵ Per	3	57	51.227	+4.041	+40	00	36.72	+10.19		
103	γ Eri	3	58	01.763	+2.802	- 13	30	30.71	+10.08		
119	α Tau	4	35	55.237	+3.448	+16	30	33.39	+7.03	Альдебаран	
132	ι Aur	4	56	59.617	+3.915	+33	09	57.93	+5.46		
140	β Eri	5	07	50.972	+2.952	- 5	05	11.23	+4.47		
142	β Ori	5	14	32.268	+2.886	- 8	12	05.98	+3.98	Ригель	
143	α Aur	5	16	41.353	+4.440	+45	59	52.90	+3.38	Капелла	
148	γ Ori	5	25	07.857	+3.221	+ 6	20	58.74	+3.05	Беллятрикс	
149	β Tau	5	26	17.511	+3.797	+28	36	26.67	+2.80	Нат	
150	β Lep	5	28	14.720	+2.573	- 20	45	34.09	+2.70		
152	δ Ori	5	32	00.398	+3.068	- 0	17	56.88	+2.47		
153	α Lep	5	32	43.802	+2.648	- 17	49	20.26	+2.41		
605	ν Ori	5	35	25.974	+2.937	- 5	54	35.61	+2.17		
157	ϵ Ori	5	36	12.809	+3.047	- 1	12	07.02	+2.10		
158	ζ Agl	5	37	38.681	+3.589	+21	08	33.06	+1.96		
606	α Col	5	39	38.947	+2.175	- 34	04	27.01	+1.77		
160	ζ' Ori	5	40	45.505	+3.030	- 1	56	33.55	+1.71		
162	χ Ori	5	47	45.387	+2.848	- 9	40	10.75	+1.09		
167	α Ori	5	55	10.307	+3.250	+ 7	24	25.35	+0.46	Бетельгейзе	

Продолжение табл. 3

170	β Aur	5 59 31.720	+4.403	+44 56 50.78	+0.08	Менкалинен	
171	θ Aur	5 59 43.283	+4.093	+37 12 44.69	- 0.02		
182	β CMa	6 22 41.969	+2.644	- 17 57 21.37	- 1.96		
186	γ Gem	6 37 42.725	+3.466	+16 23 57.43	- 3.29		
188	ε Gem	6 43 55.923	+3.690	+25 07 51.91	- 3.80		
190	α CMa	6 45 08.871	+2.643	- 16 42 57.99	-5.10	Сириус	
198	ε CMa	6 58 37.548	+2.359	- 28 58 19.50	-5.05		
200	δ CMa	7 08 23.480	+2.441	- 26 23 35.55	-5.87		
612	π Pup ⁷	7 17 08.554	+2.120	- 37 05 51.08	- 6.60		
613	η CMa	7 24 05.699	+2.375	- 29 18 11.23	- 7.16		
208	β CMi	7 27 09.039	+3.253	+ 8 17 21.50	- 7.45		
211	α Gem	7 34 35.997	+3.824	+31 53 18.53	- 8.11	Кастор	
213	α CMi	7 39 18.113	+3.139	+ 5 13 30.06	- 9.41	Процион	
216	β Gem	7 45 18.946	+3.666	+28 01 34.26	- 8.91	Поллукс	
615	ζ Pup ⁹	8 03 35.052	+2.110	-40 00 11.64	- 10.26		
221	ρ Pup ¹⁰	8 07 32.645	+2.556	- 24 18 15.45	- 10.52		
245	α Hya	9 27 35.247	+2.949	- 8 39 31.15	- 15.72		
253	ε Leo	9 45 51.071	+3.398	+23 46 27.21	- 16.70		
261	α Leo	10 08 22.315	+3.191	+11 58 01.89	- 17.69	Регул	
264	γ ' Leo	10 19 58.337	+3.301	+19 50 29.56	- 18.30		
278	c UMa	11 03 43.666	+3.668	+61 45 03.22	- 19.50	Дубга	
280	ψ UMa	11 09 39.798	+3.357	+44 29 54.60	- 19.58		
281	δ Leo	11 14 06.495	+3.185	+20 31 25.30	- 19.77		
293	β Leo	11 49 03.580	+3.058	+14 34 19.35	- 20.13	Денебола	
299	ε Crv	12 10 07.485	+3.093	- 22 37 11.15	- 20.01		
302	γ Crv	12 15 48.366	+3.092	- 17 32 30.97	- 19.97		
311	β Crv	12 34 23.238	+3.160	- 23 23 48.31	- 19.88		
318	CVnsg ²	12 56 01.664	+2.800	+38 19 06.21	-19.40		
319	ε Vir	13 02 10.602	+2.987	+10 57 32.88	-19.30		
643	γ Hya	13 18 55.293	+3.271	- 23 10 17.66	-18.92		
644	i Cen	13 20 35.822	+3.388	- 36 42 44.32	-18.91		
326	α Vir	13 25 11.587	+3.167	- 11 09 40.71	-18.71	Слика	
336	η Boo	13 54 41.074	+2.857	+18 23 51.72	-17.96		
650	θ Gen	14 06 40.951	+3.547	- 36 22 12.03	-17.60		
345	α Boo	14 15 39.677	+2.738	+19 10 56.71	-18.65	Арктур	
356	ε Boo	14 44 59.220	+2.621	+27 04 27.11	-15.07		
655	α^2 Lib ²	14 50 52.713	+3.327	- 16 02 30.42	-14.81		
365	β Lib	15 17 00.420	+3.235	- 9 22 58.54	-13.13		
373	α CrB	15 34 41.276	+2.542	+26 42 52.94	-11.98	Гемма	
660	γ Lupm	15 35 08.449	+4.014	- 41 10 00.61	-11.90		
377	α Ser	15 44 16.087	+2.959	+ 6 25 32.31	-11.17		
663	π Sco	15 58 51.120	+3.639	- 26 06 50.75	-10.16		
664	δ Sco	16 00 20.008	+3.556	- 22 37 18.04	-10.05		
389	β Sco pr	16 05 26.233	+3.496	- 19 48 19.50	- 9.66		
392	δ Oph	16 14 20.743	+3.149	- 3 41 39.55	- 9.09		
665	σ Sco	16 21 11.317	+3.655	- 25 35 34.17	- 8.43		
666	α Sco	16 29 24.439	+3.686	- 26 25 55.15	- 7.77	Антарес	
400	β Her	16 30 13.201	+2.581	+21 29 22.56	- 7.69		
667	τ Sco	16 35 52.960	+3.743	- 28 12 57.72	- 7.25		

Продолжение табл. 3

404	ζ Oph	16 37 09.542	+3.309	- 10 34 01.56	- 7.09		
405	ζ Her	16 41 17.202	+2.264	- 31 36 10.62	- 6.38		
668	α TrA	16 48 39.869	+6.391	- 69 01 39.82	- 6.23		
669	ε Sco	16 50 09.820	+3.894	- 34 17 35.72	- 6.30		
413	η Oph	17 10 22.685	+3.445	- 15 43 29.46	- 4.24		
674	λ Sco	17 33 36.534	+4.078	- 37 06 13.72	-2.37		
424	α Oph	17 34 56.076	+2.787	+12 33 36.14	-2.44		
676	χ Sco	17 42 29.276	+4.154	- 39 01 48.09	- 1.60		
427	β Oph	17 43 28.358	+2.966	+ 4 34 02.26	- 1.31		
678	γ Sgr	18 05 48.491	+3.855	- 30 25 26.69	+0.29		
679	δ Sgr	18 20 59.655	+3.841	- 29 49 41.33	+1.77		
680	ε Sgr	18 24 10.327	+3.981	- 34 23 04.73	+1.95		
451	λ Sgr	18 27 58.246	+3.702	- 25 25 18.15	+2.22		
453	α Lyr	18 36 56.332	+2.032	+38 47 01.17	+3.48	Вега	
682	σ Sgr	18 55 15.924	+3.718	- 26 17 48.23	+4.70		
684	ζ Sgr m	19 02 36.699	+3.813	- 29 52 49.12	+5.37		
463	ζ Aql	19 05 24.611	+2.758	+13 51 48.43	+5.52		
465	π Sgr	19 09 45.836	+3.565	- 21 01 25.06	+5.94		
479	δ Cyg	19 44 58.527	+1.876	+45 07 50.64	+8.89		
480	γ Aql	19 46 15.585	+2.852	+10 36 47.77	+8.94		
482	α Aql	19 50 47.002	+2.927	+ 8 52 06.03	+9.68	Альтаир	
497	γ Cyg	20 22 13.704	+2.155	+40 15 24.14	+11.64		
506	α Cyg	20 41 25.917	+2.047	+45 16 49.31	+12.97	Денеб	
508	ε Cyg	20 46 12.684	+2.430	+33 58 12.92	+13.61		
527	β Agr	21 31 33.538	+3.155	- 5 34 16.25	+15.96		
532	ε Peg	21 44 11.164	+2.947	+ 9 52 29.92	+16.61		
694	δ Cap	21 47 02.448	+3.306	- 16 07 38.27	+16.45		
539	α Agr	22 05 47.038	+3.080	- 0 19 11.47	+17.58		
558	η Peg	22 43 00.143	+2.819	+30 13 16.52	+18.89		
702	α PsA	22 57 39.055	+3.306	- 29 37 20.10	+19.13	Фомальгаут	
565	β Peg	23 03 46.464	+2.915	+28 04 58.10	+19.57		
566	α Peg	23 04 45.658	+2.992	+15 12 18.90	+19.41		

б) Вычислить угловое (дуговое) расстояние L между двумя звездами (3 пары), номера которых (в соответствии с номером варианта) приведены в табл. 4.

Формула для вычислений $L_1; L_2; L_3$ имеет вид:

$$\arccos L = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos[(\alpha_2 - \alpha_1) * 15].$$

где $\delta_i; \alpha_i$ – координаты звезд, номера которых выдает преподаватель.

в) Для пункта «Ростов» ($\varphi = 47^\circ 15'$) выбрать из табл.3 по две звезды: незаходящих, восходящих и заходящих, не восходящих, имеющих элонгации, проходящих первый вертикал над горизонтом и под горизонтом.

Примечание: одну звезду из числа восходящих и заходящих выбрать с положительным склонением (δ), а вторую с отрицательным.

Для решения этой задачи применяем формулы:



- 1) Звезда незаходящая, если $\delta > (90^\circ - \varphi)$;
- 2) Звезда восходящая и заходящая, если $-(90^\circ - \varphi) < \delta < +(90^\circ - \varphi)$;
- 3) Звезда незвосходящая, если $\delta < -(90^\circ - \varphi)$;
- 4) Звезда имеет элонгации, если $\delta < \varphi$;
- 5) Звезда проходит первый вертикал над горизонтом, если $0 < \delta < \varphi$;
- 6) Звезда проходит первый вертикал под горизонтом, если $-(90^\circ - \varphi) < \delta < 0$.

Используя выбранные звезды, построить чертеж небесной сферы и указать на нем суточные параллели выбранных звезд.

РАБОТА № 3

Тема: Определение горизонтальных координат звезд (Z, A) в кульминациях и на некоторый момент звездного времени.

Задания:

а) Для звезд, выбранных из табл. 4 по номеру варианта, составить табл. 5.

При решении этого задания необходимо воспользоваться следующими данными и формулами:

1) Для звезды, находящейся в верхней кульминации, когда часовой угол $t = 0^h$:
Южная звезда (при $\varphi > \delta$) имеет координаты:

$$S = \alpha; \quad Z = \varphi - \delta; \quad A = 0.$$

Северная звезда (при $\varphi < \delta$) имеет координаты:

$$S = \alpha; \quad Z = \delta - \varphi; \quad A = 180^\circ.$$

2) Для звезды, находящейся в нижней кульминации, когда часовой угол $t = 12^h$:
Звезда, склонение которой $-\varphi < \delta < 90^\circ$, имеет координаты:

$$S = \alpha \pm 12^h; \quad Z = 180^\circ - (\varphi + \delta); \quad A = 180^\circ.$$

Звезда, склонение которой $\delta < -\varphi$, имеет координаты:

$$S = \alpha \pm 12^h; \quad Z = 180^\circ + (\varphi + \delta); \quad A = 0.$$

Таблица 5

Координаты звезд в кульминациях для пункта «Ростов» ($\varphi = 47^{\circ}15'$)						
Положение звезды		№ по Астрономическому ежегоднику				
Верхняя кульминация	S					
	A					
	Z					
				Под горизонтом		
φ		$47^{\circ}15'$	$47^{\circ}15'$	$47^{\circ}15'$	$47^{\circ}15'$	$47^{\circ}15'$
δ						
$\varphi + \delta$						
Нижняя кульминация	S					
	A					
	Z					
						Под горизонтом

б) Для пункта «Ростов» ($\varphi = 47^{\circ}15'$) вычислить зенитные расстояния и азимуты для звезд, выбранных по номеру варианта из табл. 4. Координаты (Z, A) необходимо определить на момент звездного времени $S = 14^{\text{h}} 28^{\text{m}} 53^{\text{s}}$.

Методические указания: Для решения этой задачи применяют формулы:

$$Z = \arccos \{ \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos[(S - \alpha) * 15] \},$$

$$A' = \arctg \left| \left(\frac{\cos \delta \sin t}{\cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi} \right) \right|.$$

В формуле для A' величина $t = [(S - \alpha) * 15]$, кроме того в этой формуле необходимо определить четверть, в которой находится азимут, тогда:

$A = A'$, если числитель имеет знак «+» и знаменатель знак «+»;

$A = 180^{\circ} - A'$, если числитель имеет знак «+», а знаменатель знак «-»;

$A = 180^{\circ} + A'$, если числитель имеет знак «-» и знаменатель знак «-»;

$A = 360^{\circ} - A'$, если числитель имеет знак «-», а знаменатель знак «+».

Для контроля правильности вычислений используют формулу:

$$\sin Z \sin A = \cos \delta \cos t.$$

Все вычисления необходимо поместить в табл. 6.



Таблица 6

№ варианта	№ звезды по Астрономическому ежегоднику					
Элементы формул						
$\sin\delta$						
$\cos\delta$						
$\sin\varphi$						
$\cos\varphi$						
$\sin t$						
$\cos t$						
Z						
A						
$\sin Z \sin A$						
$\cos\delta \sin t$						

РАБОТА № 4

Тема: Определение звездного времени S_0 .

Задания:

а) Определить среднее звездное время в 0^h всемирного на дату наблюдений (№ в. ноября 20__г.).

В соответствии с резолюцией XVIII Генеральной ассамблеи МАС (1982г.) гринвичское среднее звездное время S_0^m в 0^h ИТ1 определяется следующей формулой:

$$S_0^m = 6^h 41^m 50^s.54841 + 236^s.555367908d + 0^s.093104 \left(\frac{d}{36525} \right),$$

где d – число суток, протекших от эпохи J 2000.0, январь 1, 12^h ИТ1 (J.D.2451545.0).

б) Определить истинное звездное время в 0^h всемирного на дату наблюдений.

Эта величина обычно обозначается через S_0 и определяется по формуле:

$$S_0 = S_0^m + N,$$

где N – нутация в прямом восхождении, величина которой колеблется в пределах $\pm 1.2^s$ и определяется по формуле:

$$N = \frac{9.21'' \cos \Omega - 17.23'' \sin \Omega}{15},$$

где Ω — долгота восходящего узла лунной орбиты.

Для определения Ω существует формула:

$$\Omega = 259^\circ 10' 79'' - 1934^\circ 08' 31.23'' * T + 7.48'' * 0,008'' * T^3,$$

где T — промежуток времени (в столетиях) от 1950 года до момента наблюдений.

РАБОТА № 5

Тема: Переход от одной системы измерения времени к другой и обратно.

Задания:

а) Звезда α Тау наблюдалась в среднее Ростовское ($\lambda=2^h 39^m$) время $m=$ ___^h ___^m ___^s, "№ в." ноября 20___г. Найти для данного момента звездное время $s =$ ___^h ___^m ___^s.

Для вычислений применяются две группы формул:

Первая

$$s = s^0 + m + mk,$$

$$s = S^0 - \lambda k,$$

$$k = 1/365.2422.$$

Вторая

$$s = S + \lambda,$$

$$T^0 = m - \lambda,$$

$$S = S^0 + T^0 T^0 k.$$

Порядок вычислений

S_0	15 ^h 32 ^m 04.69 ^s
λ	0 26.13
s_0	15 31 38.56
m	16 28 12.81
mk	2 42.34
s	8 02 33.71

Порядок вычислений

m	16 ^h 28 ^m 12.81 ^s
λ	2 39 04.50
T_0	13 49 08.31
$T_0 k$	2 16.21
S_0	15 32 04.69
λ	2 39 04.50
s	8 02 33.71

Примечание. Исходные данные (m) выбирают из табл. 7 по номеру варианта, а S_0 – из работы № 4.

Таблица 7

№ варианта	m	№ варианта	m
1	16 ^h 28 ^m 12.81 ^s	16	20 ^h 24 ^m 17.08 ^s
2	16 39 21.47	17	20 57 36.48
3	16 53 42.15	18	21 11 25.11
4	17 09 58.65	19	21 29 33.21
5	17 21 05.83	20	21 46 52.36
6	17 42 35.96	21	22 18 44.57
7	18 13 08.77	22	22 37 06.69
8	18 32 14.58	23	22 51 19.71
9	18 49 25.16	24	23 05 28.82
10	19 03 31.49	25	23 26 30.97
11	19 35 47.92	26	23 44 40.05
12	19 56 51.12	27	14 16 58.19
13	20 15 03.66	28	14 33 05.23
14	16 13 43.57	29	15 23 47.89
15	17 35 56.82	30	19 27 38.65

б) Определить местное среднее время m в г. Ростове-на-Дону на момент звездного времени s (получено в п. «а») «№ в.» ноября 20__г.

Для вычислений применяются две группы формул:

Первая

$$m = (S - S_0) - (S - S_0) * v,$$

$$s_0 = S_0 - \lambda k,$$

$$v = 1/366,2422.$$

Вторая

$$m = T_0 + \lambda,$$

$$T_0 = (S - S_0) - (S - S_0) * v,$$

$$S = s - \lambda.$$

Порядок вычислений

$- S_0$ λk	
S_0 s	
$-(s-s_0)$ $(s-s_0)v$	
m	

Порядок вычислений

$- s$ λ	
S S_0	
$-(S-S_0)$ $(S-S_0)v$	
$T_0 + \lambda$	
m	

РАБОТА № 6

Тема: Составление рабочей эфемериды Полярной звезды.

Задание: Составить рабочую эфемериду Полярной звезды с интервалом 20^м на «№ в.» ноября 20__г. для наблюдений в г. Ростове-на-Дону ($\varphi=47^{\circ}15'$; $\lambda=2^{\text{h}} 39^{\text{m}}$) на промежуток времени от $T_{\text{д}}=18^{\text{h}}$ до $T_{\text{д}}=24^{\text{h}}$.

Выполнение работы и все вычисления осуществляют с использованием Астрономического Ежегодника, в котором приведена «Таблица высот и азимутов Полярной». По этой таблице, для всех широт Земли и различных моментов звездного времени, можно определить горизонтальные координаты Полярной (Z и A).

Для определения звездного времени начала составления эфемерид, используется формула: $s = S_0 + (T_{\text{д}} - 3^{\text{h}}) + (T_{\text{д}} - 3^{\text{h}}) * k * \lambda$,

где S_0 – необходимо взять из работы № 4.

Результаты вычислений помещают в табл. 8.

Таблица 8

№ п/п	s	A	Z
1	18 ^h 15 ^m		
2	35		
·			
·			
·			
18	0 15		

РАБОТА № 7

Тема: Определение астрономического азимута по часовому углу Солнца.

Задание: Вычислить азимут Земного предмета по результатам наблюдений Солнца в г. Ростове-на-Дону ($\varphi=47^{\circ}15'$; $\lambda=2^h 39^m$).

Формулы и порядок вычислений:

1. Вычисляют направление на Солнце (A) по формулам:

$$\operatorname{tg} A' = \left(\frac{1}{x-y} \right); \quad x = \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} t}; \quad y = \frac{\cos \varphi \operatorname{tg} \delta}{\sin t}.$$

Четверть, в которой находится направление на Солнце, определяем по величине t — часового угла Солнца и знаку $\operatorname{tg} A$.

а) если $0 < t < 12^{\circ}$, и:

$\operatorname{tg} A'$ имеет знак «плюс»,
то A' лежит в 3-й четверти,
 $A_0 = 180^{\circ} + \operatorname{arctg} A'$.

$\operatorname{tg} A'$ имеет знак «минус»,
то A' лежит в 4-й четверти,
 $A_0 = 360^{\circ} - \operatorname{arctg} A'$.

а) если $12^{\circ} < t < 24^{\circ}$, и:

$\operatorname{tg} A'$ имеет знак «плюс»,
то A' лежит в 1-й четверти,
 $A_0 = \operatorname{arctg} A'$.

$\operatorname{tg} A'$ имеет знак «минус»,
то A' лежит во 2-й четверти,
 $A_0 = 180^{\circ} - \operatorname{arctg} A'$.

2. Вычисляют «Место Севера» (M_N) по формуле:

$M_N = P - A$, где P — отсчет по горизонтальному кругу при наведении на Солнце.

3. Вычисляют азимут Земного предмета (A) по формуле:

$A = B - M_N$, где B — отсчет по горизонтальному кругу при наведении на Земной предмет.

Схема вычислений азимута

$\sin \varphi$	
$\operatorname{tg} t$	
x	
$\cos \varphi$	
$\operatorname{tg} \delta$	
$\sin t$	
y	
$\operatorname{tg} A' [1/(x-y)]$	

A'	
четверть	
A_0	
P	
M_N	
B	
A	

Дополнительные пояснения:

а) Исходные данные для вычислений выбирают из табл. 9 по номеру варианта.

б) Видимые координаты Солнца (δ и t) вычисляют следующим образом:

1) склонение и часовой угол Солнца в момент наблюдений можно найти, если имеется Астрономический ежегодник (АЕ) на текущий год.

2) если АЕ нет и требуемая точность определения азимута Земного предмета не

превышает 5-10", то можно пользоваться постоянной эфемеридой Солнца. Фрагменты эфемериды приведены в табл. 10. В этой таблице на каждую дату даны значения видимого склонения Солнца (округленные до секунд), а также значения вспомогательной величины E (округленные до десятых долей секунды времени). Рядом с этими величинами помещены их часовые изменения.

Эфемерида называется «постоянной», потому что ею можно пользоваться в течение ряда лет, вводя поправки за начало года. Поправки за начало года приведены в табл. 11.

Таблица 9

Вариант	Отсчет по хронометру	Отсчет по горизонтальному кругу при наведении		Ухр	Дата
		На Солнце	На Земной предмет		
1	2	3	4	5	6
1	17 ^h 45 ^m 24.0 ^s	3° 06' 03.9"	254° 14' 42.3"	0	21.05
2	17 52 53.5	4 30 06.4	254 14 45.1	0	21.05
3	18 15 51.5	8 40 09.1	254 14 40.3	0	21.05
4	18 21 42.5	9 43 22.2	254 14 43.7	0	21.05
5	16 03 11.0	341 46 23.0	254 34 13.5	0	24.05
6	16 10 05.0	343 31 52.5	254 34 22.5	0	24.05
7	16 23 38.0	346 50 30.6	254 34 17.8	0	24.05
8	16 30 48.0	348 31 11.4	254 34 22.0	0	24.05
9	16 55 43.5	354 02 06.9	254 34 18.1	0	24.05
10	17 03 49.5	355 43 25.6	254 34 28.3	0	24.05
11	17 28 04.5	0 34 33.6	254 34 32.6	0	24.05
12	17 35 39.0	2 02 19.5	254 34 15.1	0	24.05
13	17 48 37.0	4 29 28.9	254 34 27.2	0	24.05
14	17 52 49.0	5 16 08.4	254 34 33.1	0	24.05
15	18 01 13.5	7 17 53.8	254 34 22.2	0	24.05
16	18 05 26.0	7 33 55.2	254 34 21.0	0	24.05
17	15 31 04.0	57 25 21.9	338 46 56.4	0	27.05
18	15 34 29.5	58 27 27.4	338 47 06.1	0	27.05
19	15 50 32.0	63 03 43.9	338 47 32.1	0	27.05
20	15 57 50.5	65 02 21.5	338 47 30.8	0	27.05

Таблица 10

Постоянная эфемериды Солнца

Дата	Видимое склонение (δ)	Часовые изменения v	Величина E	Часовые изменения v'
1	2	3	4	5
10.05	+17° 33' 56"	+39.4"	12 ^h 03 ^m 37.6 ^s	+0.10 ^s
11.05	17 49 33	38.7	12 03 39.8	+0.08
12.05	18 04 52	37.9	12 03 41.4	+0.05
13.05	18 19 53	37.2	12 03 42.4	+0.03
14.05	18 34 35	36.4	12 03 42.8	+0.01
15.05	18 48 58	35.6	12 03 42.6	-0.02
16.05	19 03 03	34.8	12 03 41.8	-0.04
17.05	19 16 48	34.0	12 03 40.5	-0.07
18.05	19 30 13	33.1	12 03 38.6	-0.09
19.05	19 43 19	32.3	12 03 36.1	-0.12
20.05	19 56 04	31.5	12 03 33.0	-0.14
21.05	20 08 29	30.6	12 03 29.4	-0.16
22.05	20 20 34	29.7	12 03 25.3	-0.18
23.05	20 32 17	28.9	12 03 20.6	-0.21
24.05	20 43 39	28.0	12 03 15.4	-0.23
25.05	20 54 40	27.1	12 03 09.7	-0.25
26.05	21 05 20	26.2	12 03 03.6	-0.27
27.05	21 15 37	25.3	12 02 57.0	-0.29
28.05	21 25 32	24.3	12 02 49.9	-0.30
29.05	21 35 05	23.4	12 02 42.4	-0.32
30.05	21 44 16	22.5	12 02 34.4	-0.34
31.05	21 53 04	21.5	12 02 26.1	-0.36
01.06	22 01 29	20.6	12 02 17.3	-0.37

Таблица 11

Поправки к за начало года

Год	k		Год	k	
	h m s	В долях часа		h m s	В долях часа
2015	-10 51 44	-10.862	2027	-11 36 44	-11.612
2016	+7 19 31	+7.326	2028	+6 34 31	+6.575
2017	+1 30 46	+1.513	2029	+0 45 46	+0.763
2018	-4 17 59	-4.300	2030	-5 02 59	-5.050
2019	-10 06 44	-10.112	2031	-10 51 44	-10.862
2020	+8 04 31	+8.075	2032	+7 19 31	+7.326
2021	+2 15 46	+2.263	2033	+1 30 46	+1.513
2022	-3 32 59	-3.550	2034	-4 17 59	-4.300
2023	-9 21 43	-9.362	2035	-10 06 44	-10.112
2024	+8 49 31	+8.825	2036	+8 04 31	+8.075
2025	+0 00 47	+0.013	2037	+2 15 46	+2.263
2026	-5 47 59	-5.800	2038	-3 32 59	-3.550

Таблица 12

Схема вычислений δ и t :

Тхр	Отсчет по хронометру	Етабл.	Из табл. 10 на дату
u	Поправка хронометра	v_0'	Часовые изменения E из табл. 10
n+1+1	Номер пояса +1 ^h за декрет +1 ^h л.в.	Kv_0	
M	$T_{хр} + u - (n+1+1)$	E_0	$E_0 = E_{табл.} + Kv_0'$
M ^h	Значения M в долях часа	$v'F$	$v' = v_0'$, если $F < 12^\circ$, $v' = v_0 + v_1/2$, если $F > 12^\circ$
K ^h	Из табл. 11 для текущего года	E	$E = E_0 + v'F$
F ^h	$F^h = M^h + K^h$		
δтабл.	Из табл.10 на дату		
v_0	Часовые изменения δ из табл. 10		
V_0k	В секундах	λ	Долгота пункта
δ_0	$\delta_0 = \delta_{табл.} + V_0k$	m	$m = M + \lambda$
VF	$V = V_0$, если $F < 12^h$, $V = V_0 + v_1/2$, если $F > 12^h$	t^h	$m + E$
δ	$\delta = \delta_0 + VF$	t°	$t^\circ = t \cdot 15$

РАБОТА № 8

Тема: Приближенное определение широты места наблюдения по измеренным зенитным расстояниям Полярной звезды.

Задание: Используя результаты наблюдений Полярной звезды (табл. 13), вычислить широту места наблюдений.

Таблица 13

Пункт: Геополигон. $\tau=2.48''$; $i=[(л+п)-40] \cdot \tau/2$. $\lambda=2^h 39^m$. 15.06.+№ варианта								
№ в.	Круг	Уровень	Хронометр	Вертикальный круг	Ux	t°,C	B (мм)	Mz
1	КП	8.0-33.3	19 01 08	324 52 45	+3 05	+15.0	753.5	359 58 02
		7.4-32.9	19 05 45	324 53 47				
	КЛ	8.2-33.8	19 10 55	35 00 32				
		8.0-33.3	19 16 25	34 59 39				
2	КП	12.1-29.0	17 39 43	324 36 35	+1 28	+18.0	746.6	0 00 26
		11.6-28.5	17 41 25	324 36 56				
	КЛ	8.4-25.5	17 44 16	35 23 29				
		7.8-24.8	17 45 57	35 23 38				
3	КП	8.3-31.9	15 45 37	324 16 45	+0 42	+12.5	745.5	359 59 00
		8.3-31.9	15 47 37	324 16 30				
	КЛ	8.6-32.1	15 53 47	35 40 17				
		8.2-31.8	15 56 08	35 39 30				
4	КП	10.2-27.5	18 01 40	324 40 29	+1 28	+18.0	746.6	0 00 26
		10.3-25.9	18 03 20	324 41 18				
	КЛ	9.0-26.4	18 05 59	35 18 52				
		9.4-27.0	18 07 27	35 18 36				
5	КЛ	8.6-33.4	16 32 50	35 33 33	+3 00	+14.7	756.0	359 58 02
		9.0-34.0	16 45 00	35 31 32				
	КП	7.0-32.2	17 03 00	324 27 26				
		6.0-31.2	17 09 25	324 28 43				
6	КЛ	8.4-25.7	17 49 58	35 22 17	+1 28	+18.0	746.6	0 00 26
		8.3-25.8	17 51 39	35 21 56				
	КП	10.6-27.9	17 54 44	324 39 31				
		10.4-27.8	17 56 59	324 39 58				
7	КЛ	6.8-31.8	17 39 15	35 21 42	+3 01	+4.7	756.0	0 01 07
		6.9-31.9	17 43 43	35 20 45				
	КП	8.2-33.3	17 57 30	324 38 10				
		8.1-33.1	18 03 40	324 39 30				
8	КЛ	5.5-34.8	20 38 48	34 43 40	+0 08	+14.5	750.5	0 01 07
		5.4-34.8	20 41 29	34 42 03				

Продолжение таблицы 13

№ в.	Круг	Уровень	Хронометр	Вертикальный круг	Ux	t°,C	B (мм)	Mz
8	КП	5.5-35.0	20 45 29	325 20 05	+0 08	+14.5	750.5	0 01 07
		5.7-35.2	20 48 20	325 20 47				
9	КЛ	5.3-35.0	20 19 40	34 48 24	+0 08	+15.0	750.5	0 00 26
		5.5-34.9	20 26 09	34 46 48				
	КП	5.3-34.7	20 32 06	325 16 47				
		5.3-34.7	20 34 50	325 17 27				
10	КЛ	10.0-27.7	18 23 56	35 14 57	+1 28	+18.0	746.6	0 00 46
		9.7-27.5	18 26 16	35 14 27				
	КП	10.4-28.1	18 29 27	324 47 08				
		10.4-28.1	18 31 16	324 47 33				
11	КЛ	8.0-31.5	11 57 48	43 17 45	-0 17	+15.0	756.0	0 00 46
		7.5-32.0	12 00 41	43 17 55				
	КП	7.7-31.0	12 20 26	316 36 48				
		8.1-30.0	12 25 26	316 36 33				
12	КЛ	5.0-40.1	12 03 28	43 18 44	-0 17	+15.0	756.0	0 00 46
		5.5-42.3	12 04 31	43 18 33				
	КП	6.0-40.0	12 27 13	316 36 35				
		6.1-39.5	12 28 44	316 36 13				
13	КП	7.5-31.2	16 23 27	316 35 02	-0 18	+15.0	756.0	0 00 46
		7.7-31.0	16 24 49	316 35 27				
	КЛ	8.0-32.0	16 40 58	43 19 52				
		8.5-31.5	16 58 43	43 18 18				
14	КП	6.7-40.2	16 26 22	316 35 30	-0 18	+15.0	756.0	0 00 54
		6.8-35.0	16 32 04	316 35 42		+15.0		
	КЛ	6.8-37.0	17 01 02	43 18 11		+15.0		
		6.0-35.0	17 02 07	43 18 03		+15.0		
15	КП	8.2-31.5	19 35 44	317 03 46	-0 19	+15.0	756.0	0 00 46
		8.1-30.5	19 39 21	317 04 07		+15.0		
	КЛ	8.0-32.0	19 48 42	42 50 56		+15.0		
		8.3-33.3	19 50 31	42 50 24		+15.0		
16	КП	7.5-35.0	16 24 08	316 35 15	-0 18	+15.0	756.0	0 00 54
		7.3-31.3	16 29 13	316 35 36				
	КЛ	7.5-32.5	16 49 52	43 19 05				
		7.8-32.2	17 01 35	43 18 07				

Все вычисления помещаем в табл.14.

Таблица 14

Порядок вычислений широты:

Схема вычисления

Формулы	КЛ		КП		Формулы	КЛ		КП	
	1	2	3	4		1	2	3	4
T					Z				
u					$h=90-Z$				
s					I				
L, R					II				
Mz					III				
ζ					φ				
r_a					φ_{cp}				

Пояснения к табл. 14:

а) $\varphi = h+I+II+III$;

б) ζ — отсчет по вертикальному кругу при наведении на Полярную плюс-минус место зенита Mz (из табл. 13);

в) $r_a, I, II, III, \delta, \alpha$ — выбирают из Астрономического Ежегодника;

г) $\Delta'' = 90^\circ - \delta; t = s - \alpha; s = T + u.$

РАБОТА № 9

Тема: Приближенное определение азимута земного предмета по часовому углу Полярной звезды.

Задание: Вычислить азимут земного предмета (з.п.), используя результаты наблюдений Полярной звезды (табл. 15).

Таблица 15

$\lambda=3^h 48^m$, $\varphi=54^\circ 26' 24.5''$, дата: 15.06+№ варианта. Варианты с 1-го по 10-й: $u_1=+9.22^s$ в $T_1=17^h 06^m$, $w^h = -0.011^s$ Варианты с 11-го по 20-й: $u_1=+8.33^s$ в $T_1=17^h 10^m$, $w^h = -0.007^s$									
№ в.	Круг	Объект набл.	T	Гор. круг	№ в.	Круг	Объект набл.	T	Гор. круг
1	КЛ	з.п.		20°10'41"	11	КП	з.п.		230°24'37"
		Пол.	0 32 25.0	268 57 57			Пол.	21 07 22.3	120 09 33
	КП	Пол.	0 53 02.3	88 50 28		КЛ	Пол.	21 22 45.0	300 07 15
		з.п.		200 10 46			з.п.		50 24 32
2	КЛ	з.п.		20 10 42	12	КП	з.п.		230 24 37
		Пол.	0 36 35.0	268 56 52			Пол.	21 10 09.0	120 09 14
	КП	Пол.	0 49 50.0	88 51 45		КЛ	Пол.	21 19 18.7	300 07 47
		з.п.		200 10 48			з.п.		50 24 33
3	КП	з.п.		210 15 51	13	КЛ	з.п.		60 30 39
		Пол.	1 04 16.3	98 50 49			Пол.	21 36 05.0	310 11 22
	КЛ	Пол.	1 29 37.7	278 39 59		КП	Пол.	21 53 24.0	130 08 22
		з.п.		30 15 47			з.п.		240 30 47
№ в.	Круг	Объект набл.	T	Гор. круг	№ в.	Круг	Объект набл.	T	Гор. круг
4	КП	з.п.		210 14 52	14	КЛ	з.п.		60 30 39
		Пол.	1 07 36.3	98 49 27			Пол.	21 39 30.0	310 10 45
	КЛ	Пол.	1 21 35.0	278 43 20		КП	Пол.	21 49 40.0	130 09 06
		з.п.		30 15 45			з.п.		240 30 47
5	КЛ	з.п.		40 20 25	15	КП	з.п.		250 35 26
		Пол.	2 29 51.3	288 18 50			Пол.	22 10 20.0	140 09 20
	КП	Пол.	2 50 22.2	108 10 23		КЛ	Пол.	22 26 16.3	320 05 16
		з.п.		220 20 29			з.п.		70 35 20

6	КЛ	з.п.		40 20 25	16	КП	з.п.		250 35 25
		Пол.	2 33 50.3	288 17 09			Пол.	22 13 01.0	140 09 44
	КП	Пол.	2 44 20.7	108 12 54		КЛ	Пол.	22 23 31.0	320 05 57
		з.п.		220 20 32			з.п.		70 35 18
7	КЛ	з.п.		0 00 20	7	КЛ	з.п.		80 40 43
		Пол.	17 25 40.0	249 28 11			Пол.	22 36 20.0	330 08 08
	КП	Пол.	17 40 40.0	69 30 12		КП	Пол.	22 52 15.0	150 03 52
		з.п.		179 59 58			з.п.		260 40 48
8	КЛ	з.п.		0 00 22	18	КЛ	з.п.		80 40 44
		Пол.	17 28 30.0	249 28 53			Пол.	22 39 05.7	330 07 20
	КП	Пол.	17 38 00.0	69 30 34		КП	Пол.	22 49 37.0	150 04 36
		з.п.		179 59 56			з.п.		260 40 52
9	КП	з.п.		190 05 49	19	КП	з.п.		270 45 24
		Пол.	23 40 41.3	79 13 21			Пол.	23 04 51.0	160 04 40
	КЛ	Пол.	23 58 47.0	259 06 27		КЛ	Пол.	23 19 55.0	339 59 41
		з.п.		10 05 43			з.п.		90 45 38
10	КП	з.п.		190 05 48	20	КП	з.п.		270 45 25
		Пол.	23 43 52.3	79 12 12			Пол.	23 07 34.0	160 03 51
	КЛ	Пол.	23 55 11.7	259 07 47		КЛ	Пол.	23 16 42.3	340 00 42
		з.п.		10 05 42			з.п.		90 45 15

Порядок выполнения задания:

1) Формулы для вычислений:

$$A=a+Q; \quad Q=M-P; \quad a=-y/\cos(\varphi+x),$$

где M — средний отсчет по горизонтальному кругу при наведении на земной предмет;

P — средний отсчет по горизонтальному кругу при наведении на Полярную звезду;

$$x=\Delta''\cos t; \quad y=\Delta''\sin t; \quad \Delta''=90^\circ-\delta; \quad t=(T_{\text{ср.}}+u)-\alpha; \quad u=u_1+\omega(T_{\text{ср.}}-T_1);$$

α, δ — координаты Полярной на дату наблюдений;

$T_{\text{ср.}}$ — средний отсчет по хронометру (звездному);

φ — широта места наблюдений;

u_1, T_1, ω — исходные данные.

2) Схема вычислений дана в табл. 16.



Таблица 16

Формулы	Вычисления	Формулы	Вычисления	Формулы	Вычисления
$T_{\text{ср.}}$		y		M	
u		$\sin t$		P	
$T_{\text{ср.}} + u$		Δ		Q	
a		$\cos t$		a	
t^h		x		A	
t°		$\cos(x+\varphi)$			