



**ВОЕННО-ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ГЕНЕРАЛЬНОГО ШТАБА**

---

**РУКОВОДСТВО  
ПО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ  
ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ  
ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОЙСК**

**Часть 2**

**АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

**РЕДАКЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ ВТС  
МОСКВА--1982**

*Внимание! Внести исправления согласно списку опечаток.*

### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
110	11-я снизу (в формуле)	$M_{\varphi} = \frac{\Delta}{[bb]} = 9,9$	$P_{\varphi} = \frac{\Delta}{[bb]} = 9,99$
187	1-я формула сверху	$X = \frac{(Л+П)_o + o(Л+П)}{2}$	$x = \frac{(Л+П)_o + o(Л+П)}{2}$
210	8-я снизу (в колонке „2“)	<i>a</i>	<i>b</i>
284	15-я сверху	Для выполнения	Для вычисления
284	4-я снизу (в формуле)	<i>n</i> 3	<i>n</i> —3
287	1-я снизу	$z_{\eta} = 1,08$	$z_{\eta} = -1,08$
317	4-я снизу (в колонке „14“)	0	1,0
339	1-я снизу (в колонке „51“)	+7,74	+7,44

К зак. П-294

# РУКОВОДСТВО

ПО АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ  
ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ  
ВОЙСК

Часть 2

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ И ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

*Утверждено начальником  
Военно-топографического управления Генерального штаба*



Руководство по астрономо-геодезическим работам при топогеодезическом обеспечении войск, ч. 2, предназначается для использования в частях и подразделениях Военно-топографической службы и топогеодезических служб видов Вооруженных Сил. В нем приведено описание астрономических и гравиметрических приборов и изложены методы определения широт, долгот, азимутов (дирекционных углов) направлений, ускорений силы тяжести и составляющих уклонений отвесных линий.

Вторая часть Руководства разработана коллективом авторов Военно-топографической службы Советской Армии.

Ответственный редактор **Н. Н. ВОРОНКОВ.**

---

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Астрономические и гравиметрические измерения при топогеодезическом обеспечении войск выполняются с целью определения астрономических и геодезических азимутов (или дирекционных углов) направлений, астрономических координат пунктов, составляющих отклонений отвесных линий и ускорений силы тяжести.

2. Астрономические азимуты направлений определяются со средними квадратическими ошибками 1, 2, 3, 5, 10, 15, 30 и 60". Азимуты с точностью 1—3" определяются теодолитами АУ-2"/10" и ДКМЗ-А. Для определения азимутов с точностью 5—60" могут использоваться теодолиты типа Т1 и Т2, снабженные приспособлениями для астрономических наблюдений.

3. Геодезические азимуты (дирекционные углы) из астрономических наблюдений получают со средними квадратическими ошибками от 1 до 10" способами непосредственного определения геодезического азимута или по результатам определения астрономического азимута и астрономической долготы. В последнем случае средние квадратические ошибки, вычисленные по внутренней сходимости, не должны превышать: 0,5" — для астрономического азимута (см. ст. 109) и 0,03" — для долготы (см. ст. 94) при точности геодезического азимута 1"; 1" — для астрономического азимута и 0,06" — для долготы при точности геодезического азимута 2". Для получения геодезических азимутов (дирекционных углов) со средней квадратической ошибкой 3" и более значения средних квадратических ошибок определения астрономических азимутов и составляющих отклонения отвесной линии в первом вертикале не должны превышать величин, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Точность геодезического азимута (дирекционного угла)	Точность астрономического азимута	Точность составляющей отклонения отвесной линии	
		широта менее 60°	широта более 60°
3"	2"	1"	1"
5	3	2	1
10	5	5	2
15	10	5	5
30	30	5	5
60	60	Поправка Лапласа не учитывается	

При непосредственном определении геодезических азимутов с точностью 1—3" используются теодолиты АУ-2"/10" или ДКМЗ-А и хронометры 6МХ или «Альтаир». Лично-инструментальная разность

определяется дважды на основном пункте. Для азимутов, определяемых с точностью  $3''$ , разрешается лично-инструментальную разность определять дважды на пунктах Лапласа.

Для определения геодезических азимутов с точностью 5 и  $10''$  могут применяться теодолиты типа Т1 или Т2 и двухстрелочные секундомеры типа 51СД. Лично-инструментальная разность не определяется.

4. Составляющие уклонения отвесной линии определяются со средними квадратическими ошибками 0,5; 1; 2 и  $5''$ . Для их определения с точностью 0,5 и  $1''$  применяется астрономо-геодезический метод. Составляющие уклонения отвесной линии с точностью 1, 2 и  $5''$  могут определяться по специальным картам.

Для определения составляющих уклонения отвесной линии с точностью  $0,5''$  астрономо-геодезическим методом астрономические координаты пункта определяются из наблюдения звезд способами Талькотта и Цингера. Разрешается также применять способы, предусмотренные Инструкцией о построении государственной геодезической сети СССР. Средние квадратические ошибки астрономических координат, вычисленные по внутренней сходимости, не должны превышать  $0,03''$ —для долготы и  $0,3''$ —для широты. Прямоугольные координаты астропункта определяются с ошибкой не более 5 м. Для получения составляющих уклонения отвесной линии с точностью  $1''$  астрономические координаты могут также определяться способом Мазаева. Средние квадратические ошибки астрономических координат не должны превышать  $0,06''$ —для долготы и  $1''$ —для широты. Прямоугольные координаты определяются со средней квадратической ошибкой не более 10 м.

Определение астрономических координат выполняется теодолитами АУ-2"/ $10''$  и ДКМЗ-А. Лично-инструментальная разность определяется дважды при точности определения долготы  $0,03''$ . Расхождение двух значений лично-инструментальных разностей должно быть не более  $0,08''$ , а средние квадратические ошибки их определения (определения долгот основных пунктов) не должны превышать  $0,015''$ . При точности долгот  $0,06''$  лично-инструментальная разность определяется один раз. Ее средняя квадратическая ошибка должна быть не более  $0,03''$ .

5. Ускорение силы тяжести в системе 1971 г. определяется со средними квадратическими ошибками 0,5; 1; 2 и 5 мГал. Ускорение силы тяжести с точностью 0,5 и 1 мГал определяется гравиметрами ГНК-К2 (ГАС-7Ш) и ГНШ-МТ2 (ГМТ-1) от пунктов государственной гравиметрической сети I, II и III классов. Ускорение силы тяжести с точностью 2 и 5 мГал можно определять по гравиметрическим картам масштабов 1 : 200 000 (с сечением до 2 мГал) и 1 : 1 000 000 (с сечением до 5 мГал) соответственно. Для получения ускорения силы тяжести по гравиметрической карте масштаба 1 : 200 000 высоты точек должны быть известны с точностью 2 м, при использовании карты масштаба 1 : 1 000 000 — 5 м.

**РАЗДЕЛ 1**

**АСТРОНОМИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**



## Глава I

### АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ\*

#### Астрономический теодолит АУ-2"/10"

6. Астрономический теодолит АУ-2"/10" предназначен для высокоточных определений широт, долгот и азимутов. Основные технические характеристики теодолита приведены в приложении 17.

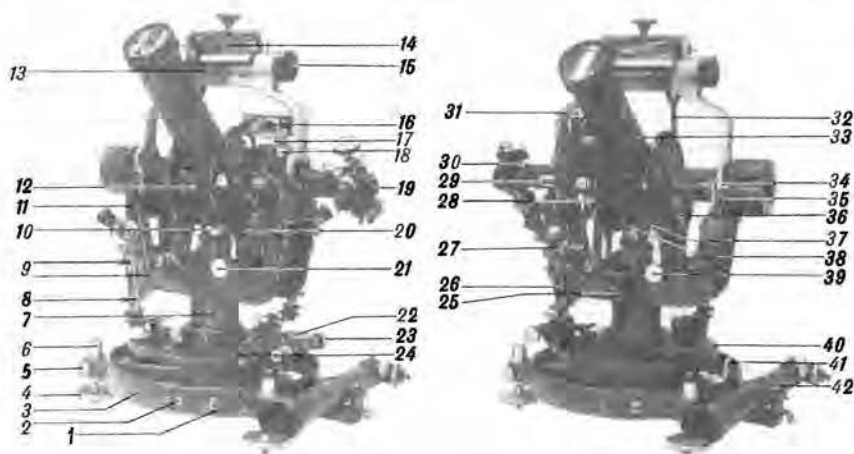


Рис. 1. Астрономический теодолит АУ-2"/10"

1 — выключатель освещения сетки нитей повертывающей трубы; 2 — разъем для подключения питания теодолита; 3 — подставка теодолита; 4 — подъемный винт; 5 — закрепительный винт подъемного винта; 6 — гайка; 7 — бакса; 8 — зажимной винт обоймы; 9 — кронштейн микроскопа-микрометра; 10 — регулировочный винт (грибок) алидады; 11 — подставка зрительной трубы; 12 — куб; 13 — накладной уровень; 14 — зеркало накладного уровня; 15 — крышка накладного уровня; 16 — зеркало талькоттовского уровня; 17 — талькоттовский уровень; 18 — уровень при алидаде вертикального круга; 19 — окуляр микрометра; 20 — закрепительный винт талькоттовского уровня; 21 — установочный винт уровня при алидаде вертикального круга; 22 — закрепительный винт алидады горизонтального круга; 23 — наводящий винт алидады горизонтального круга; 24 — окно для снятия грубых отсчетов по горизонтальному кругу; 25 — переключатель электрического освещения; 26 — микроскоп-микрометр горизонтального круга; 27 — откидная вилка; 28 — кожух вертикального круга; 29 — микроскоп-верньер вертикального круга; 30 — закрепительный винт тубуса микрометра; 31 — элевационный винт талькоттовского уровня; 32 — вилка для поддержания накладного уровня; 33 — зрительная труба; 34 — горизонтальная ось зрительной трубы; 35 — лагера; 36 — ложная (разгрузочная) лагера; 37 — закрепительный винт зрительной трубы; 38 — противовес; 39 — наводящий винт зрительной трубы; 40 — кожух горизонтального круга; 41 — головка конической шестеренки; 42 — повертывающая труба

\* Описание теодолитов Т1, Т2 и Т5, их поверки и исследования даны в Руководстве, ч. I.

Нижняя часть теодолита (рис. 1) представляет собой массивную кольцообразную подставку 3 с тремя подъемными винтами 4. Люфт подъемных винтов исключается гайками 6. После горизонтирования прибора подъемные винты закрепляются винтами 5. В центре подставки смонтирована коническая вертикальная ось теодолита, а под ней механический центрир. С внешней стороны кольца подставки на кронштейне укреплен поверительная труба 42. На подставке расположены гнезда 2 для вилки шнура электрического освещения и выключатель 1 освещения сетки нитей поверительной трубы.

На уступе вертикальной оси лежит горизонтальный круг, на котором кроме основного кольца делений нанесены через  $1^\circ$  деления для приближенной установки на заданный отсчет. Круг можно вращать непосредственно рукой. Для точной установки круга на заданный отсчет служит коническая шестеренка с головкой 41.

Сверху на вертикальную ось надета бакса 7. С баксой жестко связаны подставки 11 зрительной трубы, на которых смонтированы кронштейны 9 микроскопов-микрометров 26 горизонтального круга.

В верхней части баксы имеется регулировочный винт (грибок) 10, с помощью которого регулируют зазор между осью и втулкой, несущей алидаду. Грибок имеет шкалу с делениями. В выбранном положении он закрепляется стопорным винтом. На баксе укреплен также кожух 40 горизонтального круга, на котором смонтированы закрепительный винт 22 и наводящий винт 23 алидады горизонтального круга. В кожухе имеются два окна под микроскопами-микрометрами и одно застекленное окно 24 для снятия по индексу приближенных (до  $0,1^\circ$ ) отсчетов по горизонтальному кругу.

На подставке расположен переключатель 25 электрического освещения поля зрения микроскопов-микрометров и сетки нитей зрительной трубы. Буквенные индексы на переключателе обозначают: О — свет выключен, Т — освещение трубы, М — освещение микроскопов-микрометров.

Горизонтальная ось 34 вращения зрительной трубы — полая, укладывается своими цапфами на лагеры 35. Одна из лагерь имеет юстировочные винты, стяжной и распорный, для исправления неравенства подставок горизонтальной оси. Для разгрузки лагерь от избыточного веса трубы (сверх 2 кг на каждую лагерь) в подставке смонтированы ложные разгрузочные лагеры 36, ролики которых входят в кольцевые канавки на оси и силой пружин стремятся поднять ось. В центральной части горизонтальная ось имеет куб, к одной из граней которого привинчен фланец объективного колена 33 зрительной трубы, к противоположной грани — противовес 38.

На горизонтальной оси неподвижно укреплен вертикальный круг, закрытый кожухом 28, и надеты муфта с талькоттовским уровнем 17 и муфта, несущая раму с микроскопами-верньерами 29 вертикального круга. На раме с микроскопами-верньерами установлен уровень 18.

В один из концов полой горизонтальной оси вставляется тубус контактного или обычного окулярного микрометра с окуляром 19.

Фокусировка зрительной трубы производится перемещением тубуса микрометра в ее полости. Затем положение тубуса фиксируется закрепительным винтом 30.

На цапфы горизонтальной оси ставится накладной уровень 13, который поддерживается вилкой 32. Уровень имеет боковые и вертикальные исправительные винты под крышкой 15. В той части ампулы уровня, где подписан нуль, имеется камера для изменения длины пузырька. При установленном накладном уровне минимальное зенитное расстояние, которое можно измерить теодолитом, равно  $17^\circ$ .

Талькоттовский уровень также имеет камеру для изменения длины пузырька, расположенную в стороне нуля шкалы. После закрепления уровня закрепительным винтом 20 пузырек приводится на середину уровня элевационным винтом 31. При отпущенном закрепительном винте откидная вилка 27 ограничивает вращение талькоттовского уровня.

Отсчеты по концам талькоттовского уровня производятся по его изображениям в зеркале 16.

Уровень на раме микроскопов-верньеров вертикального круга бескамерный, имеет цену деления  $6-10''$ . Для исправления величины места зенита служат юстировочные винты. После закрепления алидады вертикального круга закрепительным винтом пузырек уровня при алидаде приводится на середину установочным винтом 21.

Зрительная труба теодолита — центральная ломаная. Труба снабжена закрепительным винтом 37 и наводящим винтом 39.

**7. Микроскопы-микрометры 26** горизонтального круга имеют по два биссектора. Каждый микроскоп прикреплен к кронштейну посредством двух обойм, стягиваемых зажимными винтами 8.

Барабаны микроскопов-микрометров разделены на  $30 \times 2$  частей (рис. 2), цена одного деления  $2''$ . Оцифровка барабана сделана

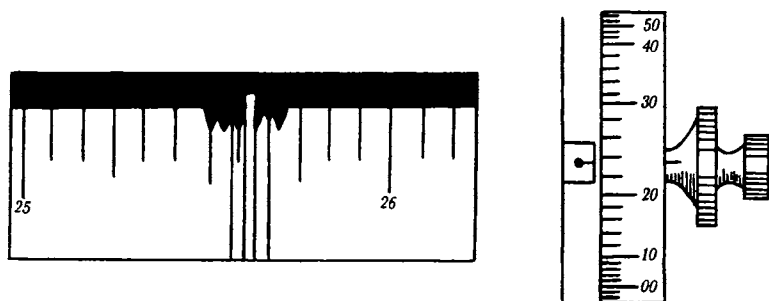


Рис. 2. Отсчет по горизонтальному кругу и барабану микроскопа-микрометра.  
Отсчет по лимбу —  $25^\circ 36'$ .

Отсчет по барабану микрометра — 21,7



через пять делений, которые имеют подписи: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 00, 10, 20, 30, 40 и 50, соответствующие десяткам секунд. Расстояния между соседними зубцами гребенки микроскопа-микрометра соответствуют 2' на горизонтальном круге; перемещение биссектора на один зубец соответствует одному обороту барабана. В средней части гребенки имеется глубокий вырез для обозначения нульпункта. Гребенка может перемещаться с помощью исправительных гаек.

Для снятия отсчета по горизонтальному кругу левый биссектор микроскопа-микрометра наводят на «младший» штрих горизонтального круга и отсчитывают по кругу градусы и минуты, используя в качестве индекса вырез в гребенке, а по барабану микроскопа-микрометра — десятки секунд и единицы делений. Затем правый биссектор наводят на «старший» штрих горизонтального круга и по барабану микроскопа-микрометра отсчитывают десятки секунд и единицы делений. Для получения отсчета по горизонтальному кругу надо к отсчитанным градусам, минутам и десяткам секунд приписать сумму двух отсчетов единиц делений барабана.

#### Пример

Отсчет при наведении левого биссектора на „младший“ штрих . . . . .	25°36'21,7 <sup>0</sup>
Отсчет при наведении правого биссектора на „старший“ штрих . . . . .	23,0 <sup>0</sup>
Отсчет по горизонтальному кругу . . . . .	25°36'24,7"

В том случае, когда при наведении биссекторов микроскопа-микрометра на «младший» и «старший» штрихи лимба отсчеты по барабану микрометра имеют различные значения десятков секунд, то от большего отсчета вычитают 5 делений.

#### Пример

Отсчет при наведении левого биссектора на „младший“ штрих . . . . .	48°53'33,9 <sup>0</sup>
Отсчет при наведении правого биссектора на „старший“ штрих . . . . .	40,5 <sup>0</sup>
Отсчет по горизонтальному кругу . . . . .	48°53'39,4"

Отсчет по вертикальному кругу производится с помощью микроскопов с верньерными шкалами после приведения установочным винтом пузырька уровня при алидаде вертикального круга на середину. Круг имеет наименьшее деление 5'. Градусные деления подписаны. Верньер имеет 30 основных и два дополнительных штриха. Шкала верньера с номинальной точностью отсчета 10" подписана от 0 до 30 через каждые 5 делений.

8. Коробку 14 контактного микрометра (рис. 3) вместе с сеткой подвижных и неподвижных нитей можно поворачивать на 90°, используя позиционный сектор 15 с делениями через 1°. При этом винты 12 и закрепительный винт водильца 13 должны быть ослаблены. С помощью микрометричного винта с отсчетным барабаном

11 коробку контактного микрометра можно поворачивать на несколько градусов. Для этого необходимо ослабить винты 12 и завернуть закрепительный винт водильца 13. Положение коробки фиксируется винтами 12.

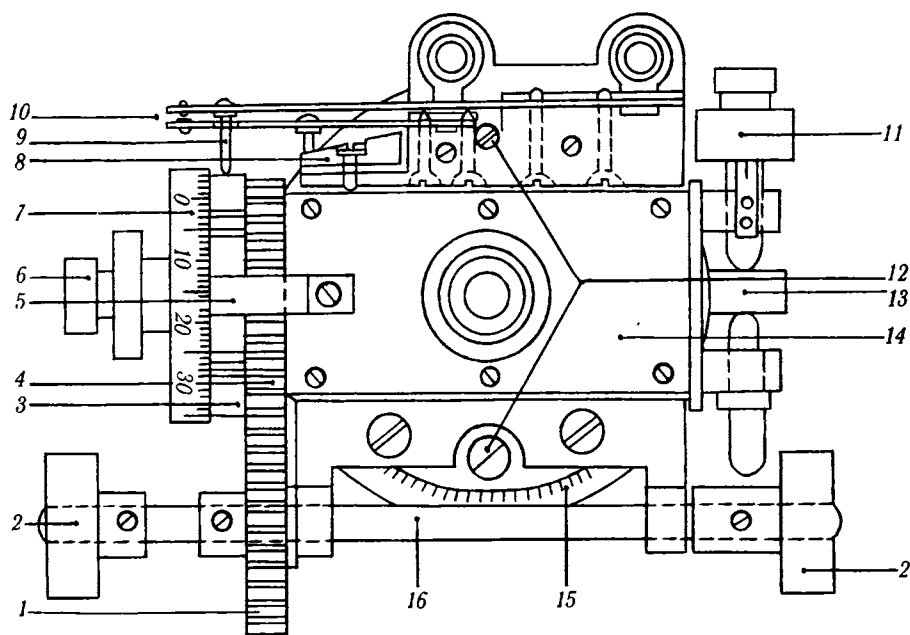


Рис. 3. Контактный микрометр астрономического теодолита АУ-2"/10"

1 — зубчатое колесо; 2 — маховички; 3 — контактный барабан; 4 — зубчатое колесо; 5 — отчетный индекс; 6 — зажимная головка; 7 — отчетный барабан контактного микрометра; 8 — регулировочная шайба; 9 — размыкатель контактов; 10 — контактная пара; 11 — отчетный барабан микрометрического винта; 12 — закрепительные винты; 13 — водилец; 14 — коробка микрометра; 15 — позиционный сектор с делениями; 16 — ось вращения маховичков

Контактное устройство состоит из контактного барабана 3 с пятью рабочими и одним маркировочным выступами и контактной пары 10 с размыкателем 9. При помощи шайбы 8 с косым срезом устанавливается торможение контактного барабана размыкателем. Система из контактного барабана 3, отчетного барабана 7 и зубчатого колеса 4 надета на конический хвостовик микрометрического винта и зажата головкой 6 с резьбой. При ослабленной головке 6 возможен поворот системы на хвостовике винта. Для отсчета по барабану служит индекс 5. Вращение микрометрическому винту передается от оси 16 с маховичками 2 через пару зубчатых колес 4 и 1.

9. Сетка нитей, показанная на рис. 4, состоит из подвижной нити  $l_1 l_2$ , биссекторов и неподвижных нитей. Неподвижная

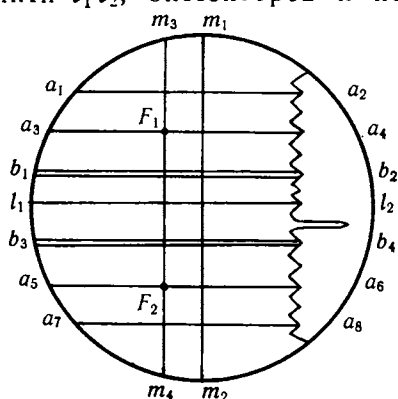


Рис. 4. Поле зрения окуляра контактного микрометра теодолита АУ-2"/10"

при определении долготы по способу Цингера.

нить  $m_1 m_2$  проходит через центр поля зрения окуляра контактного микрометра. Параллельно ей натянута нить  $m_3 m_4$ . Симметрично относительно нуля гребенки параллельно подвижной нити расположены два биссектора  $b_1 b_2$  и  $b_3 b_4$  и ограничительные нити  $a_1 a_2$ ,  $a_3 a_4$ ,  $a_5 a_6$  и  $a_7 a_8$ . Ограничительные нити предназначены для наблюдения звезд при определении долготы по способу Деллена. Точки  $F_1$  и  $F_2$  пересечения координатной нити  $m_3 m_4$  с ограничительными нитями  $a_3 a_4$  и  $a_5 a_6$  используются

### Астрономический теодолит ДКМЗ-А

10. Астрономический теодолит ДКМЗ-А предназначен для высокоточных определений широт, долгот и азимутов. Основные технические характеристики теодолита приведены в приложении 17. Общий вид теодолита ДКМЗ-А на штативе (а и б) и на центрировочной плите (в) показан на рис. 5.

Теодолит устанавливается на подставке, обеспечивающей возможность приближенного горизонтирования и центрирования прибора. Неподвижное основание 19 теодолита покоится тремя плоскими опорами на соответствующих им выступах 2 верхней части 20 подставки. Основание прибора прижимается к верхней части подставки центральным замком путем поворота рычага 26 в левую сторону. Приближенное горизонтирование теодолита осуществляется перемещением верхней части подставки по сферической поверхности нижней части 21 подставки и контролируется по круглому уровню 22 или 44. Приближенное центрирование выполняется с помощью механического центра 23 перемещением нижней части подставки по диску 25 головки штатива. Положение верхней части подставки относительно нижней и положение нижней части подставки относительно диска головки штатива фиксируется станковым винтом 24. Точное центрирование выполняется с помощью оптического центра 40, встроенного в алидадную часть теодолита.

Точное горизонтирование теодолита осуществляется с помощью трех эксцентриков, вращаемых головками 27. Для точного горизонтирования теодолита служит цилиндрический уровень 16 при алидаде с ценой делений около 10".

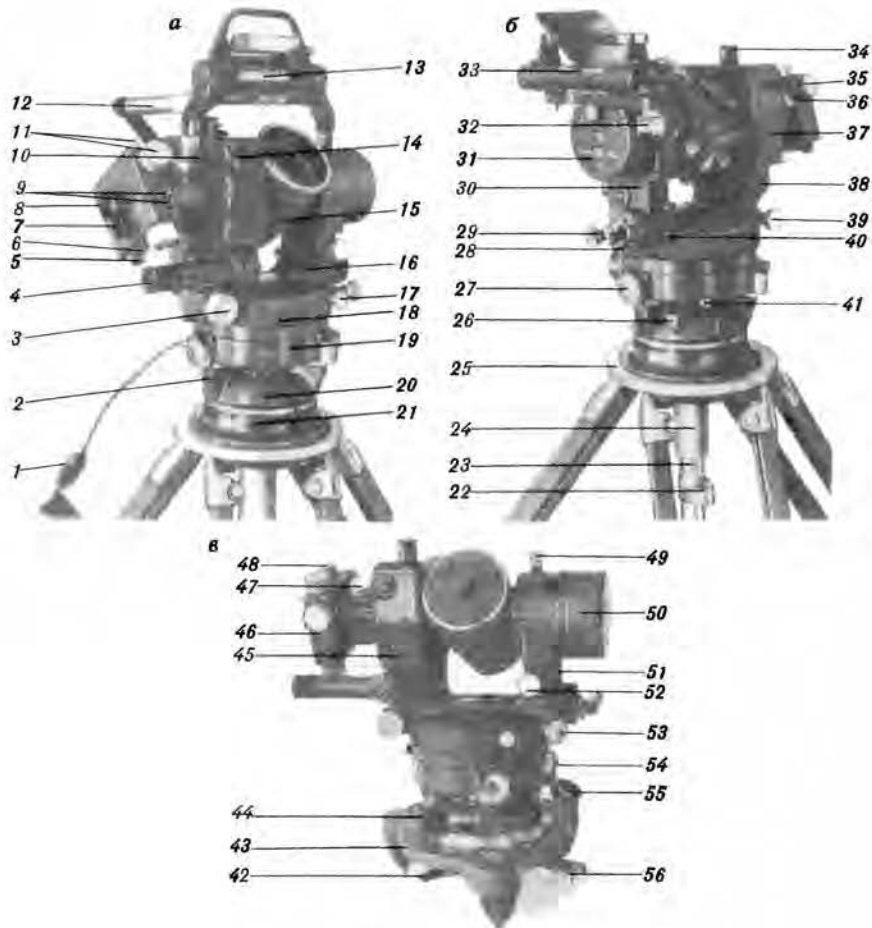


Рис. 5. Астрономический теодолит ДКМЗ-А

1 — проходной выключатель; 2 — выступ подставки теодолита; 3 — головка оптического микрометра; 4 — микроскоп оптического микрометра; 5 — крышка лампы для освещения шкалы барабана контактного микрометра; 6 — рычаг для отведения контактов от барабана микрометра; 7 — лупа шкалы контактного микрометра; 8 — окуляр зрительной трубы; 9 — штепсельный разъем контактной пары микрометра; 10 — отверстие для освещения контактного уровня при алидаде вертикального круга; 11 — приводные ручки каретки контактного микрометра; 12 — осветитель накладного уровня; 13 — накладной уровень; 14 — резьбовая пробка для предохранения исправительных винтов уровня при алидаде вертикального круга; 15 — зрительная труба; 16 — цилиндрический уровень при алидаде горизонтального круга; 17 — закрепительный винт алидады горизонтального круга; 18 — алидада горизонтального круга; 19 — основание теодолита; 20 — верхняя часть подставки теодолита; 21 — нижняя часть подставки теодолита; 22 — круглый уровень механического центра; 23 — механический центрир; 24 — становой винт; 25 — диск головки штатива; 26 — рычаг; 27 — головка эксцентрика; 28 — гнезда осветителя горизонтального и вертикального кругов и микрометра; 29 — иллюминатор; 30 — полая колонка алидадной части; 31 — противовес; 32 — элевационный винт уровня Талькотта; 33 — уровень Талькотта; 34 — вращающаяся призма; 35 — разъем осветителя сетки нитей; 36 — закрепительный винт микрометра; 37 — крышка осветителя сетки нитей; 38 — полая колонка алидадной части; 39 — установочный винт уровня при алидаде вертикального круга; 40 — оптический центрир; 41 — разъем для подключения электропитания теодолита; 42 — рычаг управления выдвижным стержнем центрировочной плиты; 43 — центрировочная плита; 44 — круглый уровень теодолита; 45 — полая колонка алидадной части; 46 — контактный микрометр; 47 — головка для фокусировки зрительной трубы; 48 — реостат лампы освещения шкалы барабана контактного микрометра; 49 — закрепительный винт зрительной трубы; 50 — противовес; 51 — полая колонка алидадной части; 52 — наводящий винт зрительной трубы; 53 — наводящий винт алидады горизонтального круга; 54 — головка перестановки горизонтального круга; 55 — крышка головки перестановки горизонтального круга; 56 — фиксирующий рычаг для установки теодолита на центрировочной плите

При наблюдении со столба используется центрировочная плита 43. Теодолит крепится на плите с помощью подставки, аналогичной подставке штатива. Положение верхней части подставки относительно нижней, жестко связанной с центрировочной плитой, фиксируется с помощью рычага 56. Плита центрируется посредством подвижного стержня, управляемого рычагом 42.

Алидадная часть 18 теодолита несет две полые колонки 51 и 45 с подшипниками качения оси вращения зрительной трубы. Один конец (полый) горизонтальной оси является продолжением зрительной трубы 15 и заканчивается контактным микрометром 46; другой ее конец несет противовес 50 или уровни Талькотта 33.

Алидадная часть теодолита, включающая цилиндрическую ось и кольцо опорных шарикоподшипников, фиксируется относительно основания прибора, а следовательно, и горизонтального круга закрепительным винтом 17 и вращается вокруг вертикальной оси с помощью наводящего винта 53. Перестановка горизонтального круга производится головкой 54, защищенной откидной крышкой 55.

Горизонтальная ось зрительной трубы фиксируется относительно колонки закрепительным винтом 49. Вращение зрительной трубы может производиться наводящим винтом 52. Фокусирование зрительной трубы достигается перемещением фокусирующей линзы с помощью головки 47, расположенной на окулярном колене трубы.

Микроскоп 4 оптического микрометра горизонтального и вертикального кругов жестко связан с колонкой 45. Под микроскопом располагается головка 3 оптического микрометра.

В полости колонки 45 расположен контактный уровень при алидаде вертикального круга; ампула уровня освещается через застекленное отверстие 10. Изображения концов пузырька уровня передаются системой призм на вращающуюся призму 34. Алидада вертикального круга вместе с уровнем при ней вращается вокруг горизонтальной оси винтом 39. Отсчет по вертикальному кругу производится при совмещенных концах пузырька уровня. Для юстировки уровня при алидаде вертикального круга (поверка  $M_2$ ) служат два исправительных винта, защищенных резьбовой пробкой 14.

Юстировка уровня при алидаде горизонтального круга производится исправительными винтами, находящимися под резьбовой пробкой, расположенной рядом с иллюминатором 29 для освещения оптического микрометра горизонтального и вертикального кругов.

Теодолит снабжен контактным микрометром. Каретка микрометра приводится в движение любой из четырех приводных ручек 11; при наблюдении используются одновременно две диаметрально расположенные ручки.

Сетка нитей (рис. 6,а) состоит из подвижных нитей — одиночной и биссектора, и неподвижных нитей. Нити сетки могут устанавливаться в горизонтальное или вертикальное положение путем поворота всего микрометра вокруг оптической оси. Микрометр закрепляется с помощью винта 36 (см. рис. 5). Контактный микрометр работает на десяти рабочих оборотах микрометричного винта, номера которых (05—15) считываются со шкалы, видимой в поле зрения трубы. Доли оборота микрометричного винта отсчитываются

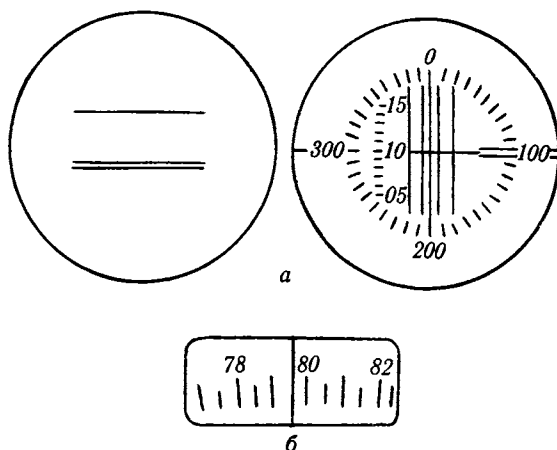


Рис. 6. Поле зрения зрительной трубы теодолита ДКМЗ-А (а) и шкалы контактного микрометра (б)

по шкале контактного микрометра (рис. 6,б), разделенной на 120 частей и видимой через лупу 7 (см. рис. 5), расположенную рядом с окуляром 8 зрительной трубы. Контактный барабан микрометра дает десять замыканий электрической цепи за один оборот. Контакты могут быть отведены от барабана поворотом рычага 6. Контактная пара микрометра выведена на корпус микрометра штепсельным разъемом 9.

Горизонтальный и вертикальный круги имеют по два concentрических ряда делений через  $10'$ . В поле зрения микроскопа одновременно рассматриваются деления вертикального (V) и горизонтального (H) кругов и шкала оптического микрометра (рис. 7). Для получения отсчета по кругу изображения одинарных штрихов вводятся с помощью головки оптического микрометра в биссекторы — изображения двойных штрихов. Отсчет производится по индексу, имеющему форму треугольника, и по шкале микрометра. По индексу отсчитываются значения градусов и минут, кратных 5, по шкале — дополнительно минуты от 0 до 5 и секунды до 0,1.

Для регистрации наклона теодолита служит накладной

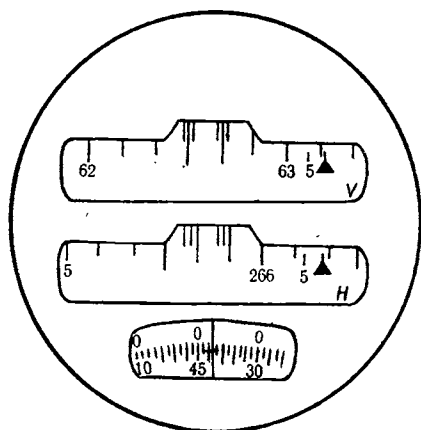


Рис. 7. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита ДКМЗ-А.

Отсчет:  $63^{\circ}10'$   
 $0'46,3''$   
 $\underline{63^{\circ}10'46,3''}$

уровень 13 (см. рис. 5), устанавливаемый на колонки горизонтальной оси.

Для регистрации малых перемещений фиксированной зрительной трубы по зенитному расстоянию используется уровень Талькотта 33, закрепляемый на конце горизонтальной оси теодолита вместо противовеса. Уровень Талькотта состоит из двух ампул, отличающихся оцифровкой шкал (0—40 и 100—140), снабжен элевационным винтом 32. Ампулы уровней имеют компенсационные камеры, позволяющие поддерживать длину пузырька в пределах 20—30 делений.

Электроэнергия для работы с теодолитом подается через разъем 41 с помощью специального кабеля с выключателем 1. В качестве источника питания используется батарея из восьми сухих элементов типа «Марс-373». Элементы, соединенные попарно последовательно и по четыре пары параллельно, размещаются в специальном кожаном футляре, подвешиваемом на штативе.

Штрихи кругов и шкала микрометра освещается электролампой, вмонтированной в штупсельную вилку, вставляемую в гнезда 28 при иллюминаторе 29. Сетка нитей подсчитывается подобным же осветителем, вставляемым в гнезда на зрительной трубе (закрываются крышкой 37). Осветители имеют реостаты для регулировки яркости свечения. Для освещения шкалы барабана контактного микрометра служит лампа под крышкой 5 на корпусе контактного микрометра. Для освещения накладного уровня предусмотрен специальный осветитель 12, подключаемый через разъем 35, защищенный резиновым колпачком. Ампулы уровней Талькотта подсвечиваются осветителем, который вставляется в гнезда на оправе уровней.

## Радиоприемник Р-311

11. Радиоприемник Р-311 предназначается для приема телеграфных и телефонных радиопередач, при астрономо-геодезических работах используется для слухового и автоматического приема передач эталонных сигналов частоты и времени в диапазоне коротких волн. Основные технические характеристики радиоприемника Р-311 приведены в приложении 17.

Радиоприемник Р-311 имеет два выхода:

- трансформаторный выход, к которому могут быть подключены одна или две пары головных низкоомных телефонов ТА-56М;
- трансформаторный выход на внешнюю линию с сопротивлением 1500 Ом.

Питание приемника может осуществляться или от аккумулятора 2КН-24 и вибропреобразователя ВП-3М2 или от аккумулятора 2КН-24 и анодной батареи БАС-80.

Аккумулятор 2КН-24 обеспечивает непрерывную работу приемника в течение 12 ч при работе с вибропреобразователем и 24 ч при работе с анодной батареей. При астрономических определениях рекомендуется использовать в качестве источника анодного тока сухую батарею БАС-80, что увеличивает продолжительность работы аккумулятора 2КН-24 и снижает помехи радиоприему.

Вид приемника со стороны передней панели изображен на рис. 8

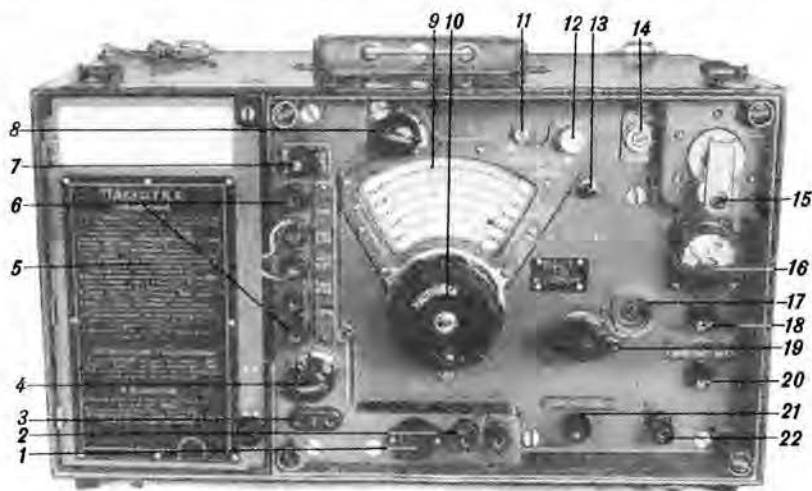


Рис. 8. Радиоприемник Р-311

1 — предохранитель 0,15 А; 2 — трансформаторный выход для подключения к внешней линии ЛИНЕЙ, 3 — трансформаторный выход для подключения телефона; 4 — ручка ГРОМКОСТЬ; 5 — отсек для вибропреобразователя или анодной батареи; 6 — гнезда клемм колодки питания; 7 — тумблер ВЫКЛ.-ВКЛ.; 8 — ручка ПОЛОСА; 9 — шкала; 10 — ручка НАСТРОЙКА; 11, 12 — органы коррекции; 13 — кнопка КОРРЕКЦИЯ ГРАД.; 14 — триммер ПОДСТР. ВХОДА; 15 — гнездо антенны; 16 — вольтметр; 17 — указатель поддиапазонов; 18 — тумблер I-НАКАЛ-II; 19 — переключатель диапазонов; 20 — тумблер ВЫКЛ. СВЕТ ВКЛ.; 21 — тумблер ТЛГ-ТЛФ; 22 — клемма 3 (земля)

12. Радиоприемник располагается в отсеке металлического футляра, имеющего также отсеки для аккумулятора 2КН-24 и вибропреобразователя ВП-3М2 или анодной батареи БАС-80.

Для переноски футляр приемника имеет петли к заплочным ремням. При перевозке футляр укладывается в деревянный транспортный ящик.

Органы управления, контроля и коммутации расположены на передней панели радиоприемника, которая при хранении или перевозке закрывается крышкой.

13. Органы управления, контроля и коммутации. Питание Р-311 от источников тока подводится через специальный разъем или непосредственно через проводники, подключаемые к клеммам; в последнем случае, при питании от батареи БАС-80, между клеммами «+2,5 на ВП» и «+2,5 от ВП» устанавливается перемычка.

Схема подключения питания изображена на обратной стороне крышки отсека для вибропреобразователя. Приемник включает в работу тумблером ВЫКЛ.-ВКЛ. Напряжение накала и анодное напряжение (кнопка на вольтметре нажата) контролируются по вольтметру. Тумблер I-НАКАЛ-II позволяет подобрать напряжение накала по показанию вольтметра: при включении приемника тумблер должен находиться в положении «I», если стрелка прибора находится влево за пределом голубого сектора, тумблер пере-



ключают в положение «II». Тумблером ВЫКЛ. СВЕТ ВКЛ. включается лампа подсветки шкалы настройки; после настройки радио-приемника подсветку следует выключать.

Для защиты вибропреобразователя от коротких замыканий в анодных цепях радиоприемника установлен предохранитель на силу тока 0,15 А.

Настройка Р-311 на заданную частоту производится переключателем диапазонов с индикацией номеров поддиапазонов в иллюминаторе УКАЗАТЕЛЬ ПОДДИАПАЗОНОВ и ручками плавной настройки НАСТРОЙКА с индикацией по шкалам, оцифрованным в десятках килогерц. Ручка настройки, расположенная ближе к панели, предназначена для грубой настройки; ручка, расположенная ближе к оператору, обеспечивает тонкую настройку.

При приеме сигналов времени переключатель ТЛГ—ТЛФ устанавливается в положение «ТЛГ». В зависимости от условий приема радиосигналов времени ручкой ПОЛОСА устанавливается ширина полосы пропускания усилителя промежуточной частоты. Ручкой ГРОМКОСТЬ подбирается напряжение выходного сигнала, обеспечивающее стабильную работу импульсной приставки. Гнезда Т предназначены для подключения головного телефона ТА-56М, клеммы ЛИНИЯ используют для подключения импульсной приставки.

В качестве антенны рекомендуется использовать антенну типа «наклонный луч» длиной 20—30 м, которую с помощью болта подсоединяют к детали крепления штыревой антенны. Для согласования выбранной антенны с входными контурами приемника на переднюю панель выведена ось триммера ПОДСТР. ВХОДА имеющая на торце шлиц под отвертку.

**14. Коррекция шкалы радиоприемника.** Для получения наибольшей точности установки заданной частоты по шкале настройки приемника необходимо периодически производить коррекцию градуировки шкалы с помощью встроенного кварцевого калибратора. Напряжения гармоник кварцевого генератора подаются на вход приемника при нажатии кнопки КОРРЕКЦИЯ ГРАД. и могут быть приняты так же, как и обычные немодулированные радиосигналы в телеграфном режиме (тумблер в положении «ТЛГ»). На шкале приемника кроме основных делений частоты настройки нанесены риски калибровки через 464 или 232 кГц, соответствующие частоте гармоник кварцевого калибратора.

Коррекцию шкалы производят в два приема:

— предварительную коррекцию производят по двум крайним опорным точкам IV поддиапазона;

— окончательную коррекцию — по двум крайним опорным точкам V поддиапазона (левая обозначена знаком + правая — знаком  $\pi$ ).

Коррекцию в каждом из этих поддиапазонов производят в следующем порядке:

— Включают приемник, устанавливают IV (V) поддиапазон, тумблер вида работы — в положение «ТЛГ», ручкой настройки совмещают теневой визир с крайней опорной точкой в начале шкалы IV (V) поддиапазона;

— Нажимают кнопку **КОРРЕКЦИЯ ГРАД.** и ручкой **НАСТРОЙКА** подстраиваются на нулевые биения;

— Вращая орган коррекции, отмеченный знаком  $\dagger$ , снова совмещают теневой визир с опорной точкой на шкале;

— Ручкой **НАСТРОЙКА** совмещают теневой визир с крайней опорной точкой в конце шкалы IV (V) поддиапазона;

— Органом коррекции, отмеченным знаком  $\nabla$ , настраиваются на нулевые биения. Настройку на нулевые биения производят в положении триммера «ПОДСТР. ВХОДА», соответствующем наилучшей слышимости сигнала;

— Проверяют вторично, совпадает ли визир с опорной точкой в начале шкалы, при нулевых биениях в телефонах, и в случае необходимости повторяют коррекцию;

— Проверяют градуировку по радиостанциям, передающим сигналы времени. Погрешность градуировки V поддиапазона не должна превышать 10 кГц (полделения).

**15. Прием сигналов.** Радиовещательная программа и сигналы проверки времени могут приниматься только в положении «ТЛФ» переключателя вида работы, а сигналы времени только в положении «ТЛГ». После установки переключателя поддиапазонов и шкалы настройки на заданную частоту сигналы радиостанции, работающей в телеграфном режиме, будут прослушиваться в пределах слышимого фона биений. Обнаружив таким образом сигнал заданной радиостанции, следует точной настройкой изменить тон биений на близкий к 1000 Гц. Триммером ПОДСТР. ВХОДА добиваются максимальной слышимости сигнала.

При приеме радиотелефонных станций следует устанавливать широкую полосу пропускания. Прием радиотелеграфных станций также может производиться при широкой полосе, если помехи не мешают приему. При наличии помех со стороны других станций или сильных шумов полоса может быть сужена поворотом ручки ПОЛОСА влево до получения желательной отстройки от помех. При сужении полосы требуется более точная подстройка тона биений ручкой НАСТРОЙКА. При приеме станций следует учитывать, что чрезмерная громкость сигнала вызывает его искажения. Изменение амплитуды сигнала следует производить только ручкой ГРОМКОСТЬ.

**16. Правила техники безопасности.** Радиоприемник обязательно заземляется. В качестве заземления используется штырь, забиваемый во влажный грунт на глубину не менее 1 м. Проводник для заземления должен иметь сечение не менее 1 мм<sup>2</sup>. Во время грозы паружная антенна снимается.

### Импульсная приставка ИТП-2

**17. Импульсная приставка ИТП-2** предназначена для преобразования сигналов времени, поступающих с выхода радиоприемника Р-311, в сигналы постоянного тока, необходимые для управления регистрирующим устройством — хронографом ХПМ-3.

Схема приставки включает фильтр, настроенный на частоту, близкую к 1000 Гц, усилитель переменного тока, ограничитель по минимуму, детектор и усилитель постоянного тока. Наличие в приставке фильтра обязывает оператора настраивать приемник так, чтобы биения звукового сигнала были близки к частоте 1000 Гц. Ограничитель позволяет полностью убрать помехи на выходе приставки, если они не превышают одной трети от полезного сигнала. Приставка за исключением усилителя постоянного тока питается от встроенной батареи КБС-Л-0,50. Усилитель постоянного тока, нагруженный обмоткой реле хронографа ХПМ-3, питается от внешней батареи БАС-80, подключаемой к клеммам хронографа.

Вид импульсной приставки со стороны панели управления изображен на рис. 9.

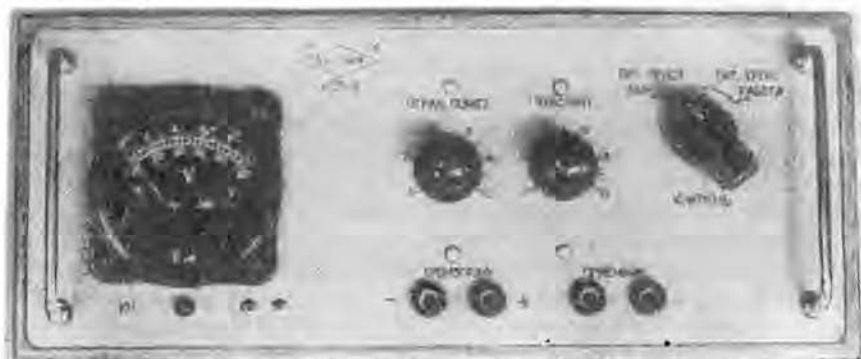


Рис. 9. Импульсная приставка ИТП-2

Для установки батареи КБС-Л-0,50 следует отвернуть на дне кожуха две гайки и вынуть из корпуса переднюю панель со схемой. Батарея устанавливается в гнездо и к ее электродам с учетом полярности присоединяются зажимы. Панель устанавливается на место.

Радиосигналы времени с выхода радиоприемника подаются на гнезда ПРИЕМНИК приставки, хронограф ХПМ-3 с учетом полярности подключается к гнездам ХРОНОГРАФ.

Напряжения источников питания и работа приставки контролируется с помощью индикаторного прибора. Когда переключатель КОНТРОЛЬ находится в положении «ПИТ. ПРИСТ.», прибор показывает напряжение встроенной батареи, которое не должно быть менее 3 В; в положении «ПИТ. ХРОН.» — прибор показывает напряжение внешней батареи, которое не должно быть менее 70 В.

Положение ручки ЧУВСТВИТ. определяется уровнем сигналов времени, поступающих с радиоприемника, а положение ручки ОГРАН. ПОМЕХ — относительным уровнем помех.

При установке переключателя КОНТРОЛЬ в положение «РАБОТА» индикаторный прибор показывает работу выхода приставки. В идеальном случае при прохождении сигнала стрелка должна отклоняться вправо от 40 до 60 делений, а при отсутствии сигнала находиться на нуле.

Кнопка КН при нажатии разрывает выходную цепь приставки: на хронограф ХПМ-3 сигналы не подаются. Это облегчает маркировку хронограмм.

### Полевой транзисторный радиоприемник «Астра»

18. Радиоприемник «Астра» предназначен для приема радиосигналов времени и радиосигналов поверки времени (шесть точек) с выводом их для регистрации с помощью кварцевого хронометра «Альтаир» на осциллографе, цифropечатающем или маркопечатающем устройстве, для приема и сличения несущих эталонных частот при эталонировании радиосветодальномерной аппаратуры и для обеспечения привязки шкал времени приемного пункта Системы единого времени III класса точности к шкале всемирного времени. Основные технические характеристики радиоприемника «Астра» приведены в приложении 17.

19. Радиоприемник «Астра» состоит из двух блоков, заключенных в общий металлический кожух (рис. 10). Верхний блок включает средневолновый радиоприемник, усилитель низкой частоты и схему питания устройства. Нижний блок содержит конвертер, обеспечивающий возможность приема радиосигналов сверхдлинноволнового и коротковолнового поддиапазонов. Шкала настройки, органы управления, разъемы питания и выходных сигналов расположены на передних панелях блоков.



Рис. 10. Полевой транзисторный радиоприемник «Астра»

Радиоприемник снабжен сменными амортизаторами для установки прибора на неподвижном лабораторном столе и для крепления к стеллажу транспортного средства.

**20. Органы управления, контроля и коммутации.** В зависимости от выбора источника питания ( $=12 В$ ,  $\sim 115 В$  или  $\sim 220 В$ ) переключатель вида питания, расположенный под кожухом, устанавливается в соответствующее положение. Приемник включается на прием или калибровку шкалы настройки по встроенному генератору с помощью переключателя. Настройка приемника на заданную частоту производится кнопочным переключателем средневолнового диапазона, переключателем гетеродинов сверхдлинноволнового и коротковолновых поддиапазонов **ДИАПАЗОНЫ** и ручкой плавной настройки внутри каждого поддиапазона.

При приеме радиосигналов в сверхдлинноволновом и коротковолновых диапазонах кнопочный переключатель устанавливают в положение, соответствующее частоте средневолнового диапазона  $860—1500 кГц$ . При приеме радиосигналов времени переключатель вида работы устанавливается в положение «ТЛГ АРУ» или «ТЛГ РРУ». В зависимости от условий приема тумблером **ПОЛОСА** устанавливается ширина полосы пропускания усилителя промежуточной частоты:  $9 кГц$  — ШП или  $1,2 кГц$  — УП.

Ручками **УСИЛЕНИЕ** и **УСИЛЕНИЕ ПЧ** устанавливается усиление радиоприемника соответственно по низкой и промежуточной частоте.

Переключателем **ВЫХОДЫ** включаются элементы схемы радиоприемника, обеспечивающие подачу сигналов на выходы устройства. В положении «РЕЛЕ», сигналы подаются на разъем **РЕЛЕ** для подключения кабеля на хронограф ХПМ-3. В положении «ПЧ» сигналы подаются на разъем ПЧ для подключения высокочастотного кабеля на хронометр «Альтаир» или на осциллограф. В положении «ВЫКЛ.» переключателя оба выхода не работают и сигналы могут прослушиваться только через телефоны ТА-56М, подключаемые к гнездам **ТЕЛЕФОН**. Переключатель **КОНТРОЛЬ** обеспечивает включение индикаторного прибора в различные цепи приемника. В положении « $+12 В$ » контролируется напряжение постоянного тока питания радиоприемника. В положении «ГЕТЕР.» контролируется работа гетеродинов конвертера в соответствии с положениями переключателя поддиапазонов. В положении «НАСТРОЙКА» прибор служит индикатором настройки приемника на несущую частоту принимаемых сигналов.

Клеммы **АНТЕННА** и  $\frac{+}{-}$  служат соответственно для подключения наружной антенны «наклонный луч» и заземления.

С помощью кнопки **П** при настройке приемника включается лампочка подсветки шкалы радиоприемника.

Ось со шлицом **КОРР.** служит для коррекции показаний шкал средневолнового диапазона. При установке индекса на калибровочные точки шкал через телефоны должен прослушиваться звук низкого тона — «нулевые биения». Вращением оси корректора добиваются «нулевых биений» в двух-трех точках каждого из четырех средневолновых поддиапазонов.

**21. Прием сигналов времени.** Радиовещательная программа и сигналы проверки времени могут приниматься только на частотах четырех средневолновых поддиапазонов. Переключатель ДИАПАЗОНА устанавливается в положение «1,15 МГц», а кнопочный переключатель на частоту выбранной программы. Переключатель вида работы устанавливается в положение «ТЛФ АРУ» или «ТЛФ РРУ», переключатель ПОЛОСА — в положение «ШП». Шкалы поддиапазонов 150—270, 270—480, 480—860 и 860—1500 кГц подписаны в килогерцах в соответствии с частотой настройки.

Радиосигналы времени и сопровождающая их информация о времени *UT1* передаются в сверхдлинноволновом и коротковолновых диапазонах. Переключатель ДИАПАЗОНА устанавливается на частоту выбранной программы передачи радиосигналов времени, а кнопочный переключатель в положение «К». Переключатель вида работы устанавливается в положение «ТЛГ АРУ» или «ТЛГ РРУ», переключатель ПОЛОСА — преимущественно в положение «УП».

В коротковолновом диапазоне отсчету по шкале «1150» соответствуют в зависимости от положения переключателя ДИАПАЗОНА — 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 или 25,0 МГц.

Правила техники безопасности аналогичны тем, которые должны соблюдаться при работе с приемником Р-311.

### Морской хронометр 6МХ

**22. Морской хронометр 6МХ** (рис. 11) предназначен для точного измерения времени при астрономических определениях. Двигатель хронометра — пружинного типа, обеспечивает ход хронометра в течение двух суток. Регулятор хода имеет период колебания 0,5 с. Для астрономических наблюдений хронометры регулируются на ход по звездному времени. Допускается применение хронометров, идущих по среднему времени.

Точное фиксирование показаний хронометра возможно или посредством прослушивания ударов регулятора, следующих через 0,5 с, или посредством регистрации состояния контактной цепи хронометра, изменяющегося каждые 0,5 с. В начале минуты электрическая цепь хронометра остается замкнутой 1,5 с.

Контакты хронометра на короткое время выдерживают силу тока до 60 мА, если они защищены искрогасителем. Однако нормальной считается сила тока не более 10 мА.



Рис. 11. Морской хронометр 6МХ

Морской хронометр требует внимательного и бережного отношения. Его следует хранить в отопляемом помещении, защищать от непосредственных лучей солнца, резких перепадов температуры, влаги, воздействия магнитных полей, создаваемых работающими электрическими машинами или линиями высокого напряжения. При определении времени в полевых условиях контактный хронометр рекомендуется помещать в палатке. При отрицательных температурах палатка должна отопляться, чтобы сохранить положительную температуру с колебаниями не более  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Хронометр хранят в специальном ящике с мягкой внутренней обшивкой и следят за тем, чтобы его циферблат всегда занимал горизонтальное положение.

Заводят хронометр ежедневно в одно и то же время до одного и того же отсчета указателя завода, выбранного при исследовании хронометра. Если хронометр остановился вследствие окончания завода, то для того чтобы пустить его в ход, надо сначала завести, а затем взять обеими руками за корпус и повернуть не слишком резко на четверть оборота вокруг вертикальной оси.

Для перестановки стрелок хронометра осторожно свинчивают его защитное стекло, надевают заводной ключ на квадратный конец оси минутной стрелки и вращают ее в направлении собственного движения до нужного отсчета на циферблате. При этом следят, чтобы положение минутной стрелки было согласовано с положением секундной стрелки. Ни в коем случае нельзя вращать минутную стрелку в направлении, обратном собственному ее движению.

При коротких переходах хронометр, установленный в упаковочный ящик с мягкой обивкой, переносят в руках. На время транспортировки хронометр не останавливают. Во время передвижения гужевым или автомобильным транспортом хронометр в наружном упаковочном ящике осторожно держат на коленях. При переездах по железной дороге или самолетом хронометр везут с собой в салоне в наружном упаковочном ящике, установленном на мягкой подкладке.

К работе допускаются хронометры, у которых среднее квадратическое колебание суточного хода, выведенное по 10 ходам, не превосходит 0,5 с. Хронометры, направляемые на астрономические работы, подлежат обязательному исследованию.

**23. Исследование хронометра** выполняется перед выездом на астрономические определения. Для исследования хронометра ежедневно в течение десяти суток в один и тот же час принимают сигналы времени. По результатам приема сигналов времени вычисляют поправки хронометра, суточные ходы и среднее квадратическое колебание суточного хода. Суточный ход хронометра для суток с номером  $i$  вычисляют по формуле

$$\omega_i = u_{i+1} - u_i,$$

где  $u$  — поправки хронометра в системе звездного времени, отнесенные к одним и тем же моментам звездных суток.

Среднее квадратическое колебание суточного хода хронометра вычисляют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}},$$

где  $\sum v^2$  — сумма квадратов отклонений отдельных значений суточного хода от его среднего значения за  $n$  суток;  
 $n$  — число суточных ходов, принятых для вывода среднего значения суточного хода.

Пример исследования хронометра приведен в табл. 2.

Таблица 2

**Сводная таблица результатов исследования хронометра**

Хронометр звездный, контактный, № 3068, 1 МЧЗ

Дата	Радиостанция	$u$	$\omega$	$v$
23.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	+10,93 <sup>s</sup>		
24.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	+ 8,28	-2,65 <sup>s</sup>	-0,15 <sup>s</sup>
25.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	+ 5,80	-2,48	+0,02
26.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	+ 3,36	-2,44	+0,06
27.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	+ 0,95	-2,41	+0,09
28.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	- 1,44	-2,39	+0,11
29.2.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	- 3,45	-2,01	+0,49
1.3.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	- 6,80	-3,35	-0,85
2.3.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	- 9,37	-2,57	-0,07
3.3.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	-11,73	-2,36	+0,14
4.3.1976	РВМ-12 <sup>h</sup>	-14,05	-2,32	+0,18

Среднее: -2,50<sup>s</sup>       $\sum v^2 = 1,066$

Среднее значение суточного хода

$$\omega_{\text{ср.}} = -2,50^s.$$

Среднее квадратическое колебание суточного хода хронометра

$$m = \sqrt{\frac{1,066}{9}} = 0,34^s.$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_



## Двухстрелочный секундомер 51СД

24. Двухстрелочный секундомер 51СД (рис. 12) имеет две секундные стрелки — основную (черную) и вспомогательную (красную) и одну минутную стрелку. Величина скачка секундных стрелок 0,1 с. Минутная стрелка делает один полный оборот за 30 мин.



Рис. 12. Двухстрелочный секундомер 51СД

На корпусе секундомера расположены заводная головка и две кнопки. Пуск и остановка совмещенных секундных и минутной стрелок осуществляется нажимом на заводную головку 1. При первом нажиме на заводную головку начинается движение всех трех стрелок одновременно. При втором нажиме все стрелки останавливаются. Третий нажим на заводную головку соответствует первому, но все стрелки начинают движение с места предыдущей остановки. Нажим на правую боковую кнопку 3 (если смотреть со стороны циферблата), который можно производить только после остановки стрелок, возвращает их в нулевое положение, соответствующее надписи 30.

При первом нажиме на левую боковую кнопку 2 останавливается вспомогательная секундная стрелка. При втором нажиме вспомогательная секундная стрелка совмещается с основной секундной стрелкой и снова движется с ней одновременно. Третий нажим на левую кнопку соответствует первому и т. д.

Продолжительность хода секундомера от одной полной заводки пружины не менее 6 ч. Заводку секундомера рекомендуется производить за 30—40 мин перед началом работы с ним. По истечении первых двух-трех часов работы секундомер должен быть подзаведен.

Перед астрономическими наблюдениями секундомер устанавливают с точностью 1<sup>м</sup> по местному звездному времени. При работе с секундомером показания его минутной стрелки целесообразно согласовать с отсчетом минут по наручным или карманным часам, которые также устанавливают по местному звездному времени. Следует иметь в виду, что часовой ход секундомера, вычисленный в системе звездного времени, имеет величину около + 10<sup>с</sup>.

25. Поправки к показаниям секундомеров определяют по радиосигналам времени. Для определения поправки требуется принять 6—10 сигналов.

Методика приема радиосигналов времени с помощью секундомера состоит в следующем. Наблюдатель, слушая передачу радиосигналов времени, ведет счет секундных сигналов от начала каждой

минуты и под любой сигнал нажимает боковую левую кнопку 2 (см. рис. 12); не теряя счета, записывает в журнал программное время сигнала в минутах и секундах и показание секундомера с точностью до десятых долей секунды; нажатием той же кнопки 2 совмещает вспомогательную и основную секундные стрелки; продолжая счет сигналов, вновь нажимает под любой сигнал кнопку 2 и записывает программное время сигнала и показание секундомера и т. д.

Поправка секундомера в системе местного звездного времени вычисляется по формуле

$$u = (S_0 + T_0 + T_0 \mu + \lambda) - X_{\text{ср.}} + (DUT1 + dUT1),$$

где  $S_0$  — истинное звездное время в среднюю гринвичскую полночь для даты наблюдения;  
 $T_0$  — средний программный момент принятых сигналов по всемирному времени;  
 $T_0 \mu$  — редукция интервала  $T_0$  в звездные единицы;  
 $\lambda$  — долгота пункта наблюдения;  
 $X_{\text{ср.}}$  — средний момент приема сигналов времени по секундомеру;  
 $(DUT1 + dUT1)$  — поправка за разность шкал времени  $UT1 - UTC$ .

Поправка секундомера в системе координированного времени  $UTC$  определяется по формуле

$$u = T_0 - X_{\text{ср.}}$$

Пример определения поправки секундомера в системе местного звездного времени по радиосигналам времени приведен в табл. 3.

Таблица 3

### Определение поправки секундомера

Секундомер 51СД № 048319  
26 июня 1976 г.

Радиоприемник „Астра“ № 1216429  
Радиостанция РАТ, 5 МГц

Программное время передачи сигналов времени	Показание секундомера	Вычисление поправки
19 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	15 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 18,3 <sup>s</sup>	$S_0 = 18^h 15^m 37,70^s$
20	58,3	$T_0 = 19 \ 12 \ 15,56$
40	18 18,4	$T_0 \mu = 3 \ 09,25$
12 10	48,4	$\lambda = 1 \ 18 \ 53,90$
20	58,3	$S = 15 \ 19 \ 56,41$
30	19 08,4	
40	18,5	$X_{\text{ср.}} = 15 \ 18 \ 53,92$
13 10	48,4	$DUT1 + dUT1 = + \ 0,46$
20	58,3	$u = + \ 1^m 02,95^s$
$T_0 = 19^h 12^m 15,56^s$	$X_{\text{ср.}} = 15^h 18^m 53,92^s$	

Сигналы принял \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

26. Исследование секундомеров заключается в определении их часового хода в системе координированного времени и среднего квадратического колебания часового хода.

С целью исследования секундомеров ежедневно принимают в течение двух шестичасовых интервалов радиосигналы времени. По результатам приема вычисляют поправки секундомера, часовой ход и среднее квадратическое колебание часового хода.

Часовой ход вычисляют для каждого часового интервала между смежными поправками по формуле

$$\omega_i = u_{i+1} - u_i,$$

где  $u$  — поправка секундомера.

Среднее квадратическое колебание часового хода вычисляют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}},$$

где  $v_i$  — уклонение значения часового хода с номером  $i$  от среднего значения часового хода;

$n$  — число часовых ходов, принятых для вывода среднего значения.

Образец ведомости исследования секундомера приведен в табл. 4.

Таблица 4

### Исследование секундомера

Секундомер 51СД № 048171

Радиоприемник „Астра“ № 1216429

8 апреля 1976 г.

Радиостанция РАТ, 5 МГц

Время	$u$	$\omega$	$v$
9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	+0,33 <sup>s</sup>		
10 30	+1,31	+0,98 <sup>s</sup>	+0,10 <sup>s</sup>
11 30	+2,06	+0,75	-0,13
12 30	+2,91	+0,85	-0,03
13 30	+3,89	+0,98	+0,10
14 30	+4,79	+0,90	+0,02
15 30	+5,59	+0,80	-0,08

$$\omega_{\text{ср.}} = +0,88^s$$

$$\sum v^2 = 0,0446$$

$$m = 0,09^s.$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Среднее квадратическое колебание часового хода секундомера, определенное на шестичасовом интервале, должно лежать в пределах  $0,2^{\circ}$ . При больших значениях среднего квадратического колебания часового хода секундомер для определения азимутов со средними квадратическими ошибками  $5''$  и менее не пригоден.

### **Экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир»**

27. Экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир» предназначен для хранения времени и регистрации моментов наблюдения в системе координированного времени при выполнении астрономических работ в экспедиционных условиях. Основные технические характеристики хронометра приведены в приложении 17.

Показания хронометра с дискретностью 1 с выдаются на стрелочный циферблат и светящееся табло.

На внешние разъемы выдаются сигналы:

- синусоидальной формы, частотой 5 МГц, 100 и 1 кГц с уровнем выходных напряжений 0,25 В на активной нагрузке 150 Ом;

- прямоугольной формы, отрицательной полярности с периодами 0,1 и 1 с, маркированные на каждой минуте, с амплитудой 1,5 В на активной нагрузке 150 Ом; длительность сигналов; первого — 0,02 с, второго — 0,1 с, маркирующего сигнала — 0,5 с;

- прямоугольной формы с полупериодом 1 с, маркированные на каждом начале минуты сигналом длительностью 1,5 с, предназначенные для обеспечения работы хронографа ХПМ-3;

- прямоугольные кодовые (двоично-десятичный с весами  $2^0$ ,  $2^1$ ,  $2^2$ ,  $2^3$ ), положительной полярности, по четырем каналам для каждого из 9 разрядов (от миллисекунды до суток), с периодом следования 1 мс и перепадом напряжения от 0,4 до 2,4 В, для работы МПУ8-3.

Вид хронометра спереди с откинутой крышкой панели управления показан на рис. 13.

28. Кварцевый хронометр «Альтаир» построен на интегральных схемах, объединенных в функциональные блоки. На передней панели расположены органы управления. Разъемы питания, разъемы входных и выходных сигналов расположены с обратной стороны, там же находится люк для установки 16-ти элементов «Марс-373». Кварцевый хронометр снабжен сменными амортизаторами для установки прибора на неподвижном лабораторном столе и для крепления к штативу транспортного средства. Для переноски хронометр укладывается в металлический футляр с заплочными ремнями. При перевозке любыми видами транспорта прибор в футляре укладывается в деревянный транспортировочный ящик.

29. **Органы информации, управления, контроля и коммутации.** Питание хронометра от внешних источников тока ( $\sim 24$  В или  $\sim 220$  В) производится через специальные кабели, подключаемые к разъемам АККУМ. или  $\sim 220$  В хронометра; тумблерами АККУМ. или СЕТЬ включается питание от аккумулятора или сети.

При включении обоих источников питания энергия расходуется только от сети 220 В. Встроенный источник питания включается тумблером. Если включены аккумулятор или сеть, то энергия встроенного источника питания не расходуется. По индикаторному прибору в позициях «2» и «3» переключателя КОНТРОЛЬ проверяются выпрямленное напряжение и напряжение аккумулятора.



Рис. 13. Экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир»

Показания кварцевых часов с дискретностью до 1 с реализуются стрелочным циферблатом и световым цифровым табло. Световое табло может быть выключено тумблером СВЕТ. ТАБЛО. Установка стрелок циферблата на заданные показания производится ручкой, расположенной справа от циферблата. Установка табло по разрядам часов, минут и десятков секунд на заданные показания производится подачей дополнительных импульсов, следующих через секунду, в цепь управления семизлементными цифровыми индикаторами. Установка табло по разряду секунд производится прекращением подачи секундных импульсов в цепь управления индикатора секунд. Для установки табло на заданное показание переключатель СЧЕТ ВРЕМЕНИ устанавливают последовательно, начиная с разряда секунд на старшие разряды, при этом на необходимые интервалы времени нажимается кнопка УСТ. ЦИФР. Кнопкой СБРОС показания светового табло устанавливаются на нулевые значения.

Для прослушивания сигналов времени хронометра в корпус прибора вмонтирован громкоговоритель; тумблером ДИНАМ. громкоговоритель может быть выключен.

Для определения поправки хронометра по радиосигналам времени последние специальным кабелем с выхода низкой частоты радиоприемника «Астра» подаются на гнезда ВХОД С.Т.В.

Гнезда ТЕЛЕФОН предназначены для подключения головных телефонов ТА-56М, с помощью которых при положении тумблера С.Т.В. вниз радиосигналы прослушиваются непосредственно с приемника, а при положении вверх — предварительно пройдя через сличающее устройство хронометра.

Сличающее устройство, предназначенное для определения поправки хронометра, включает три декадных переключателя МСЕК  $\times 100$ , МСЕК  $\times 10$  и МСЕК и тумблер СДВИГ  $+0,5$  СЕК. При прослушивании секундных радиосигналов времени всегда можно найти такие положения переключателей и тумблера, при которых смещение ручки переключателя МСЕК на одну позицию влево приводит к появлению сигналов длительностью меньше 1 мс. Тумблер СДВИГ  $+0,5$  СЕК устанавливается в положение вверх, когда поправка хронометра менее 0,1 с (менее длительности сигналов времени). Поправка хронометра считывается с декадных переключателей. Если минутный сигнал хронометра наступает позже минутного радиосигнала точного времени, тогда поправка положительна и численно равна дополнению отсчета по переключателю до 1,000 с.

Автоматическая привязка показаний хронометра с определенностью 1 с к радиосигналам времени производится по выходу промежуточной частоты радиоприемника «Астра». Для этого выход ПЧ приемника соединяется разъемами специального кабеля с входом ПЧ хронометра. При включении тумблера ПРИВЯЗКА выдача сигналов хронометром прекращается и первый секундный сигнал, поступивший с радиоприемника, запускает хронометр. Если секунднй сигнал хронометра совпадает по фазе в пределах 10 мкс с последующим радиосигналом, то схема автоматического фазирования отключается — хронометр сфазирован. Если хронометр был запущен от помехи, то будет иметь место значительная разность фаз сигналов и цикл автоматического фазирования повторится. Результат автоматического фазирования проверяется посредством сличающего устройства. При условии правильного фазирования поправка хронометра имеет значение 0,000 или 0,001<sup>с</sup>.

Ручная привязка показаний хронометра к радиосигналам точного времени находит применение в том случае, когда условия приема радиосигналов времени не позволяют воспользоваться автоматической синхронизацией. При ручной синхронизации предполагается, что известна поправка хронометра, которая должна иметь, по возможности, малое значение, что достигается включением питания хронографа в момент начала секундного радиосигнала. Установка переключателя КОНТРОЛЬ в положение «+» или «—» при одновременном нажатии кнопки СВЕДЕН. увеличивает или уменьшает ход хронометра на  $1 \cdot 10^{-3}$ , а показания — на 1 мс за секунду. Результат синхронизации показаний контролируется посредством повторного определения поправки хронометра.

**30. Работа с кварцевым хронометром «Альтаир».** Корпус хронометра заземляется через клемму  $\perp$  и подсоединяется источник питания. Для обеспечения непрерывной работы хронометра целесообразно подключить два источника питания. Тумблер 5 МГц устанавливается в положение «ВНУТР.». Соответствующими тумблерами включается питание хронометра. Пользуясь переключателем КОНТРОЛЬ, проверяются: напряжение выхода опорного генератора на 5 МГц, напряжения источников питания и работа термостата генератора. При установившемся режиме работы хронометра индикатор будет показывать периодическое включение и выключение обмотки термостата.

Запуск хронометра производится секундными радиосигналами времени, поданными на вход ПЧ с радиоприемника «Астра». Проверяют результат привязки, определяя поправку хронометра посредством сличающего устройства. При необходимости следует повторить привязку или, повторно определив, записать значение поправки.

Далее следует установить показания светового табло, ориентируясь на программу передач радиосигналов времени. Привести показания стрелочного циферблата в соответствие с показаниями светового табло.

Для регистрации показаний хронометра подключают хронограф ХПМ-3 или цифропечатающее устройство МПУ8-3 с помощью специальных кабелей с разъемами к выходам хронометра.

При печати показания хронометра должны соответствовать отсчетам на ленте устройства МПУ8-3 в часах, минутах и секундах.

При использовании хронометром «Альтаир» следует не допускать коротких замыканий в его выходных цепях, содержать в исправном состоянии подводящие кабели, оберегать от влаги, тряски, толчков, прямых солнечных лучей и перегрева от внешних источников тепла.

**31. Правила техники безопасности.** Кварцевый хронометр в случае его питания от сети переменного тока обязательно заземляется. Заземление должно быть общим с радиоприемником «Астра». При любом источнике питания хронометра клеммы ЗЕМЛЯ хронометра и радиоприемного устройства должны быть соединены между собой коротким проводником сечением не менее 1 мм<sup>2</sup>.

### **Полевой маркопечатающий хронограф ХПМ-3**

**32. Полевой маркопечатающий хронограф** (рис. 14) предназначен для регистрации моментов наблюдения звезд с контактным микрометром при использовании хронометра 6МХ или кварцевого хронометра «Альтаир». Средняя квадратическая ошибка регистрации около 0,03 с.

Запись производится на бумажную ленту шириной 18 мм, протягиваемую с помощью пружинного двигателя. Скорость движения ленты регулируется в пределах 12—25 мм/с. Продолжительность движения ленты после полного завода пружины в зависимости от скорости протяжки ленты составляет 3—5 мин. Печатание отметок на бумажной ленте производится через копировальную ленту шириной 13 мм.

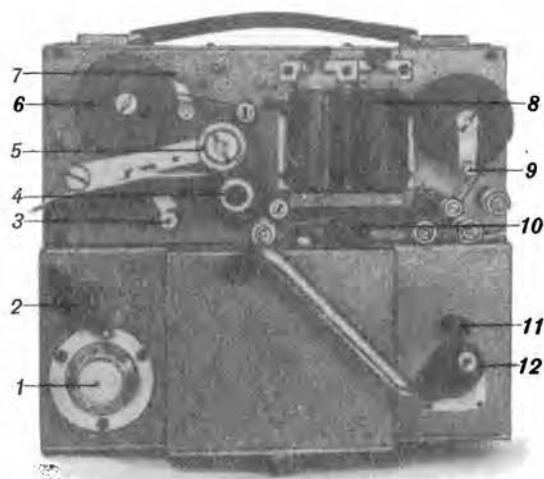


Рис. 14. Полевой маркопечатающий хронограф ХПМ-3

1 — рукоятка регулировки скорости движения ленты; 2 — ручка включения хронографа; 3 — рукоятка для поднимания прижимного валика; 4 — ведущий валик; 5 — прижимной валик; 6 — катушка печатающей ленты; 7 — рычаг, отключающий автоматическую перемотку печатающей ленты; 8 — соленоид; 9 — рукоятка для обратной перемотки печатающей ленты; 10 — печатающее устройство; 11 — переключатель соленоидов; 12 — рукоятка завода пружины

В комплект хронографа входит прибор для расшифровки ленты (рис. 15), который позволяет измерять интервалы между отметками контактного хронометра и отметками радиосигналов времени или контактного микрометра.

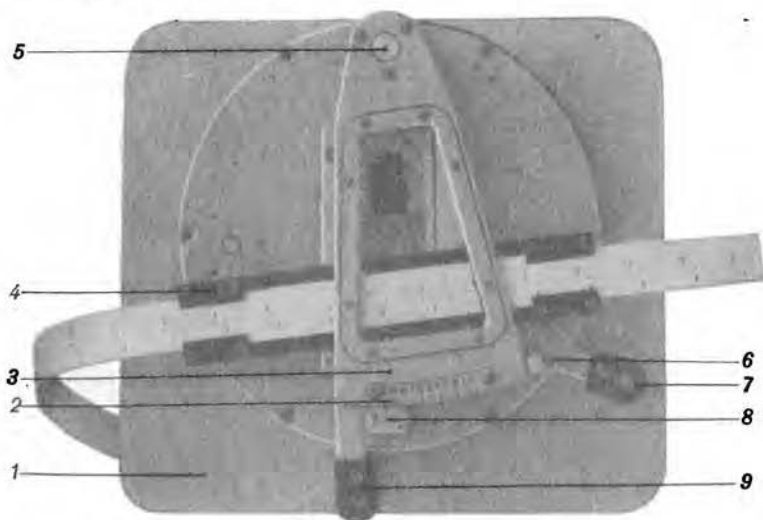


Рис. 15. Прибор для расшифровки ленты

1 — основание прибора; 2 — шкала; 3 — пластинка; 4 — столик; 5 — ось вращения пластинки; 6 — регулирующий упор; 7 — рукоятка ползуна; 8 — индекс; 9 — рукоятка пластинки



33. Для определения поправки хронометра и регистрации моментов наблюдения звезд необходимы следующие приборы: радиоприемник со вторым гетеродином (Р-311, «Астра», «Волна-К» или другие), импульсная приставка ИТП-2 и хронограф ХПМ-3. В случае применения радиоприемника «Астра» импульсная приставка не требуется.

Схема коммутации приборов приведена на рис. 16.

При коммутации приборов следует соблюдать указанную полярность. При наблюдении звезд и при определении поправки хронометра по радиосигналам хронометр должен быть включен в гнезда ХР хронографа. Между определением поправки хронометра и наблюдениями звезд соленоиды хронографа не переключаются и не допускается юстировка хронографа за исключением скорости движения ленты.

При определении поправки хронометра производится запись радиосигналов в течение 2—3 мин. Для вычисления поправки хронометра используются десять отпечатков сигналов времени, равномерно распределенных по всей ленте.

Значение поправки хронометра  $u$  в системе местного истинного звездного времени вычисляется по формуле

$$u = (S_0 + T_0 + T_0 \mu + \lambda) - X_{\text{ср.}} + \tau_p + \tau_n + (DUT1 + dUT1),$$

где  $S_0$  — истинное звездное время в гринвичскую полночь на дату наблюдения (выбирается из Астрономического ежегодника СССР);  
 $T_0$  — средний момент приема сигналов по всемирному времени;  
 $T_0 \mu$  — редукция интервала  $T_0$  в звездное время;  
 $\lambda$  — долгота пункта наблюдения;  
 $X_{\text{ср.}}$  — показание хронометра в средний момент приема сигналов времени;  
 $\tau_p$  — время прохождения радиосигналов от пункта передачи до пункта приема;  
 $\tau_n$  — время задержки сигналов времени в тракте радиоприемника (для радиоприемника „Астра“ выписывается из формуляра);  
 $(DUT1 + dUT1)$  — предварительное значение поправки за разность шкал времени  $UT1 - UTC$ , передаваемое радиостанциями.

Поправка  $\tau_p$  выбирается из приложения 16 или вычисляется по формуле

$$\tau_p = \frac{L}{300\,000},$$

где  $L$  — расстояние от астропункта до радиостанции, передающей сигналы времени, км.

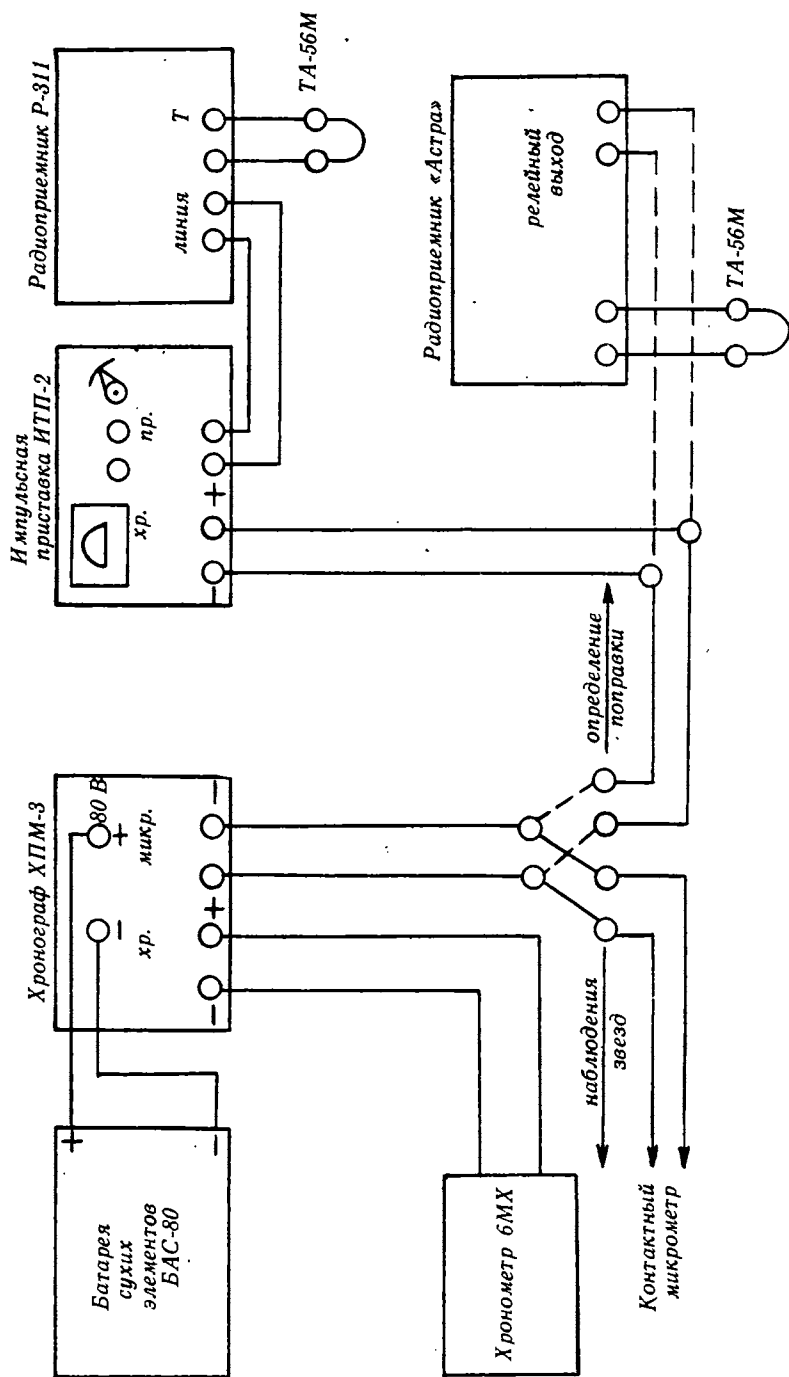


Рис. 16. Схема коммутации приборов при определении поправки хронометра и наблюдении с контактным микрометром

Расстояние может быть получено по формулам:

$$L = 1,852 z';$$

$$\cos z' = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_2 - \lambda_1),$$

где  $z'$  — угол в минутах, соответствующий дуге большого круга на поверхности Земли;

$\lambda_1$  и  $\varphi_1$  — координаты астропункта;

$\lambda_2$  и  $\varphi_2$  — координаты радиостанции, передающей сигналы времени.

Окончательное значение поправки хронометра  $u_{ок.}$  в системе местного истинного звездного времени вычисляется по формулам:

$$u_{ок.} = (S_0 + T_0 + T_0 \mu + \lambda) - X_{ср.} + \tau_p + \tau_n + \Delta H;$$

$$\Delta H = (UT1 - UTC) + DT,$$

где  $(UT1 - UTC)$  — окончательное значение поправки за разность шкал всемирного и координированного времени;

$DT$  — поправка за уклонение моментов излучения радиосигналов времени от программных моментов.

Поправки  $(UT1 - UTC)$  и  $DT$  выбираются из бюллетеней «Всемирное время».

Пример вычисления поправки хронометра приведен в табл. 5.

Таблица 5

### Определение поправки хронометра

Звездный хронометр 6МХ № 384

Хронограф ХПМ-3 № 17

Радиоприемник „Астра“ № 03

$\tau_n = 0,002^s$

Радиостанция РИД

Вороново  $\lambda = 4^h 30^m 34,160^s$ ;  $\varphi = 71^\circ 25'$

21 апреля 1974 г.

Программное время	Показания хронометра, снятые с ленты	Схема	Вычисления
$10^h 05^m 50^s$	$4^h 33^m 01,12^s$	$S_0$	$13^h 54^m 44,516^s$
06' 00	11,15	$T_0$	10 06 55,000
20	31,20	$T_0 \mu$	1 39,699
30	41,24	$\lambda$	4 30 34,160
50	34 01,29	$s$	4 33 53,375
07 00	11,31	$X_{ср.}$	4 34 06,298
20	31,36	$s - X_{ср.}$	— 0 12,923
30	41,39	$\tau_p$	0,009
50	35 01,45	$\tau_n$	0,002
08' 00	11,47	$\Delta H$	+ 0,412
$T_0 = 10^h 06^m 55,000^s$	$X_{ср.} = 4^h 34^m 06,298^s$	$u_{ок}$	— 0 12,500 <sup>s</sup>

34. Малогабаритное печатающее устройство МПУ8-3 предназначено для регистрации моментов наблюдения звезд в системе показаний времени кварцевого хронометра «Альтаир» в экспедиционных условиях. Основные технические характеристики МПУ8-3 приведены в приложении 17.

Устройство имеет два входа:

— вход ввода параллельной информации о текущем времени с хронометра «Альтаир»;

— вход ввода последовательной информации, совмещенной с вводом сигналов управления с дистанционного пульта управления.

Текущее время кварцевого хронометра «Альтаир» в часах, минутах, секундах с дискретностью 1 мс по команде с дистанционного пульта записывается в одну строку из восьми цифр на бумажную ленту. Командными сигналами являются замыкание или размыкание входной цепи МПУ8-3. С пульта управления на ту же бумажную ленту могут быть записаны в одну строку восемь знаков, в том числе 10 цифр и 6 символов, при нажатии соответствующих кнопок.

Устройство МПУ8-3 состоит из трех приборов: собственно малогабаритного печатающего устройства МПУ8-3, дистанционного пульта управления и блока преобразования переменного тока напряжением 220 В в постоянный, напряжением 24 В.

Запись информации при астрономических определениях производится только через дистанционный пульт управления, имеющий выход на МПУ8-3 и вход с командного устройства (например, контактного микрометра).

Для регистрации моментов наблюдения звезд в системе времени UTC устройство МПУ8-3, хронометр «Альтаир», радиоприемник «Астра» и источник питания располагаются в палатке или фургоне спецавтомобиля на расстоянии нескольких метров от пункта наблюдения. Дистанционный пульт управления устанавливается на астрономическом столбе. Схема коммутации приборов показана на рис. 17.

Перед наблюдениями включается радиоприемник «Астра» и хронометр «Альтаир». Производят приведение показаний хронометра по радиосигналам времени в систему координированного времени UTC. Приемник выключают, хронометр остается включенным.

За несколько минут до начала наблюдений кнопкой на пульте управления включают МПУ8-3 и, используя кнопки знаков и символов, набирают шифр пункта наблюдений, дату наблюдения и т. п.

Отсчитав показания уровня, набирают кнопками знаков номер звезды и показания уровня. Включают МПУ8-3 и наблюдают звезду. На ленте МПУ8-3 будут регистрироваться моменты наблюдения звезды. По окончании наблюдений звезды записывают на ленту показания уровня и выключают МПУ8-3.

Для приема сигналов времени и регистрации моментов наблюдения звезд могут использоваться пять вариантов сочетания радиоприемников «Астра» и Р-311 с другими астрономическими приборами (рис. 17).

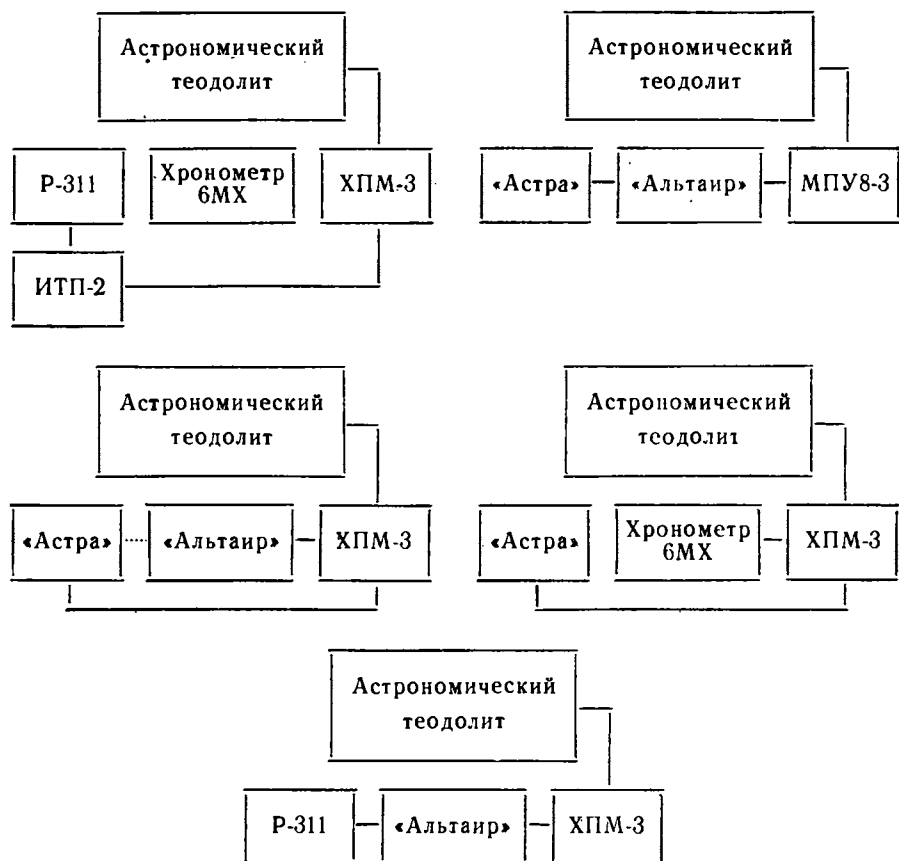


Рис. 17. Схемы сочетания астрономических приборов

## Глава II

# ПОВЕРКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ

### Осмотр теодолитов

**35.** Астрономический теодолит, получаемый со склада и возвращаемый после полевых работ, подлежит тщательному осмотру.

Теодолит считается исправным, если при осмотре он будет отвечать следующим требованиям:

- подъемные винты имеют плавный ход, надежно закрепляются и не имеют заметного люфта;

- наводящий винт алидады имеет плавный ход при отсутствии качки; закрепительный винт мягко закрепляет алидаду; возвратная пружина в меру тугая;

- ампулы уровней не качаются в оправках, юстировочные винты уровней исправны и затянуты, защитные стекла целы; отражающие поверхности зеркал не имеют дефектов;

- вращение горизонтального круга плавное и в меру тугое; резкость изображения штрихов на различных местах круга одинаковая; на круге нет пятен;

- зрительная труба вращается плавно и свободно;

- рама талькоттовского уровня вращается свободно; элевационный винт имеет плавный ход и позволяет перемещать пузырек уровня по всей ампуле;

- цапфы горизонтальной оси вращения зрительной трубы не имеют следов окисления;

- открытые металлические детали теодолита не имеют следов окисления; красочное покрытие не имеет следов нарушений;

- проводка и коммутация цепей освещения теодолита исправна.

Для теодолита АУ-2"/10" должны также соблюдаться требования:

- рамы подставок трубы и микроскопов-микрометров прочно закреплены; трубки микроскопов-микрометров горизонтального и вертикального кругов прочно зажаты в обоймах; не заметно нарушений правильности вращения алидады горизонтального круга;

- длина изображений штрихов лимба в обоих микроскопах-микрометрах одинакова, одинакова также резкость изображения

штрихов и нитей; биссекторы параллельны штрихам лимба; нити биссекторов не имеют расщеплений; в поле зрения микроскопа нет пыли;

— коробки микроскопов-микрометров прочно навинчены на тубусы и закреплены стопорными винтами; микрометрические винты не имеют качки и при вращении перемещают каретку плавно, без скачков и заеданий; исправительный винт гребенки работает в обе стороны; отсчеты по барабану микроскопа-микрометра при наведении на штрих ввинчиванием и вывинчиванием не различаются более чем на 1";

— ложные лагеры работают без заеданий, ролики вращаются свободно; пружины имеют одинаковое натяжение;

— выступы на оси вращения трубы не задевают за щеки ограничителя продольного перемещения накладного уровня;

— поверительная труба прочно закрепляется в каретке, которая свободно перемещается по кольцу трегера между двумя смежными подъемными винтами и прочно на нем закрепляется;

— тубус окулярного микрометра поверительной трубы теодолита прочно крепится в окулярном конце трубы закрепительным винтом. Коробка микрометра не шатается на тубусе. Микрометрический винт не качается в подвижной каретке, а сама каретка перемещается плавно. Отсчеты по барабану микрометра при наведении на точку визирования ввинчиванием и вывинчиванием не различаются более чем на 1". Отсчетный индекс установлен параллельно штрихам и не задевает за барабан микрометра. Исправительный винт гребенки перемещает ее плавно, без поперечных сдвигов как на ввинчивание, так и на вывинчивание. Подвижные нити не имеют узлов, расщеплений и соринки, при перемещении не задевают за гребенку и за неподвижные нити, перемещаются в обе стороны от нуля пункта гребенки на одинаковое число оборотов;

— тубус контактного (окулярного) микрометра прочно крепится закрепительным винтом на окулярном конце горизонтальной оси вращения зрительной трубы. Коробка микрометра закреплена на тубусе и не шатается. Микрометрический винт не имеет качаний. Вершина опознавательного выступа контактного барабана теодолита АУ-2"/10" должна располагаться против цифры 25 на отсчетном барабане. Вращение микрометрического винта за маховички производится достаточно плавно, без ощутимых рывков при соприкосновении выступов контактного барабана со штифтом контактной пластинки. Ширина контакта равна примерно одному делению отсчетного барабана. Мертвый ход не должен превышать 0,5 деления отсчетного барабана. Крепление контактной колодочки и держателя оси маховичков не мешает повороту коробки микрометра. Подвижная нить не касается сетки неподвижных нитей на всем протяжении поля зрения. Нити сетки нитей не провисают при увлажнении их дыханием. При открепленных закрепительных винтах микрометра и водильца возвратная пружина поворотного механизма поворачивает коробку микрометра при вывинчивании поворотного микрометрического винта.

**36.** Перед исследованиями астрономического теодолита АУ-2"/10", а также при подготовке его к наблюдениям на полевом пункте, выполняются следующие поверки и юстировки:

а) поверка расположения оси накладного уровня в одной плоскости с горизонтальной осью вращения зрительной трубы;

б) поверка параллельности оси накладного уровня горизонтальной оси вращения зрительной трубы;

в) поверка перпендикулярности горизонтальной оси вращения зрительной трубы к вертикальной оси вращения теодолита (поверка равенства подставок лагера);

г) поверка угла между микроскопами-микрометрами;

д) поверка правильности вращения алидады горизонтального круга;

е) поверка коллимационной ошибки зрительной трубы;

ж) поверка места зенита вертикального круга;

з) поверка правильности установки сетки нитей окулярного микрометра;

и) поверка правильности установки барабана контактного микрометра;

к) поверка перпендикулярности оси талькоттовского уровня к горизонтальной оси вращения зрительной трубы выполняется для каждого вновь изготовленного или поступившего из ремонта теодолита.

Одновременно с поверками производят юстировки, если выявленные погрешности превышают установленные допуски.

Поверки выполняются строго в указанной последовательности.

**37. Поверка расположения оси накладного уровня в одной плоскости с горизонтальной осью вращения зрительной трубы.** Теодолит горизонтируют. Накладной уровень вращением алидады устанавливают по направлению двух подъемных винтов теодолита; пузырек уровня приводят на середину. Если при наклоне накладного уровня вперед в пределах вилки, пузырек отклоняется в одну сторону, а при наклоне назад — в другую сторону, то ось уровня не лежит в одной плоскости с горизонтальной осью вращения зрительной трубы. Эту погрешность устраняют боковыми исправительными винтами уровня.

**38. Поверка параллельности оси накладного уровня горизонтальной оси вращения зрительной трубы.** Теодолит горизонтируют. Накладной уровень вращением алидады устанавливают по направлению одного из подъемных винтов теодолита. Пузырек уровня приводят на середину этим подъемным винтом, после чего уровень перекалывают на 180°. Если пузырек уровня отклонится от середины не более чем на половину деления, то условие параллельности считается выполненным. В противном случае исправляется положение оси уровня. Для этого пузырек уровня приводят на середину: на половину дуги его отклонения вертикальными исправительными винтами уровня и на половину — подъемным винтом теодолита. По-



верка повторяется до тех пор, пока отклонение пузырька уровня от середины при его перекидке не станет менее половины деления.

**39. Проверка равенства подставок лагер.** Теодолит горизонтируют. Устанавливают поворотом алидады накладной уровень по направлению одного из подъемных винтов, приводят пузырек уровня этим винтом на середину, поворачивают алидаду теодолита на  $180^\circ$ . Если пузырек уровня ушел в сторону, то его приводят на середину: на половину величины его отклонения — юстировочными винтами при подставке лагера и на половину — подъемным винтом. После юстировки поверку повторяют. Величина неравенства подставок лагер не должна превышать двух делений уровня.

**40. Проверка угла между микроскопами-микрометрами.** Угол между микроскопами-микрометрами горизонтального круга должен быть не более  $5-10''$ .

Для этого, установив вращением барабана микроскопа А биссектор в нульпункте гребенки и удерживая от вращения микрометрический винт, устанавливают барабан на отсчет «0». Наводящим винтом алидады точно наводят биссектор микроскопа А на любой градусный штрих, например,  $0^\circ$ .

Затем в микроскопе Б совмещают исправительным винтом гребенки нульпункт гребенки со штрихом  $180^\circ$ . Вращением барабана микроскопа Б совмещают биссектор микроскопа со штрихом  $180^\circ$ . Удерживая от вращения микрометрический винт, устанавливают барабан на отсчет «0».

Проверяют выполнение условия.

**41. Проверка правильности вращения алидады горизонтального круга.** Алидада теодолита должна вращаться вокруг вертикальной оси легко и плавно. Для выполнения этой проверки теодолит горизонтируют, замечают отсчеты по горизонтальному кругу и по одному из концов накладного уровня. Затем алидада поворачивается на один полный оборот и устанавливается на первоначальный отсчет по горизонтальному кругу. При правильной регулировке теодолита отсчет по уровню не должен измениться. Проверка выполняется два-три раза при разных отсчетах по лимбу и при вращении алидады по ходу и против хода часовой стрелки. Если при всех установках алидады пузырек уровня не будет отклоняться от первоначального отсчета более чем на два деления, то регулировка алидады считается удовлетворительной.

В противном случае для устранения неправильности вращения алидады следует сначала попытаться правильно распределить масло на вертикальной оси теодолита. Для этого освобождают пружину наводящего винта алидады и, прижимая подставку теодолита к столу, приподнимают верхнюю часть его до тех пор, пока она не упрется о внутреннюю гайку, а затем в приподнятом положении поворачивают алидаду на  $30-40^\circ$ , снова опускают, потом снова приподнимают алидаду, поворачивают, опускают и так делают несколько раз.

Если такой прием не даст положительного результата, то производится регулировка вращения алидады в следующем порядке:

— вывертывают патрон с пружиной, противодействующей наводящему винту алидады;

— освобождают стопорный винт грибка баксы;

— вывинчивают с помощью шпильки грибок на пол-оборота и теодолит оставляют в покое не менее чем на два часа;

— после этого, слегка нажимая одной рукой на кожух лимба по ходу часовой стрелки, другой рукой вращают грибок, ввинчивая его до тех пор, пока алидада не начнет вращаться без заметного трения, но и без излишней легкости. Операция повторяется три-четыре раза, причем каждый раз регистрируются отсчеты по делениям грибка и по ним вычисляется среднее значение из отсчетов;

— выполняют установку грибка на средний отсчет.

На этом регулировка алидады заканчивается.

Затем вновь проверяют правильность вращения алидады, как указано выше.

Если после двукратной регулировки не восстанавливается нормальное вращение алидады, то необходимо сменить смазку вертикальной оси.

**42. Проверка коллимационной ошибки зрительной трубы.** Перед выполнением поверки зрительную трубу теодолита фокусируют на бесконечность. Фокусировку трубы начинают с фокусировки окуляра: вращением окуляра добиваются, чтобы нити в поле зрения трубы имели четкие очертания. Для фокусировки объектива отпускают закрепительный винт тубуса окулярного микрометра и перемещают его рукой в полости трубы. После получения отчетливого изображения удаленной визирной цели (более 1,5 км) зажимают тубус закрепительным винтом. Затем ослабляют винты 12 (см. рис. 3 на стр. 11) и, поворачивая коробку микрометра, устанавливают подвижную нить  $l_1$   $l_2$  (см. рис. 4 на стр. 12) в вертикальное положение. После этого винты закрепляют. Подвижную нить микрометра устанавливают в нульпункте гребенки, а барабан на отсчет «0».

Теодолит горизантируют, зрительную трубу наводят на удаленную визирную цель в горизонте при круге «лево» и берут отсчеты по горизонтальному кругу (КЛ). Затем зрительную трубу переводят через зенит, наводят на ту же цель и снова берут отсчеты по горизонтальному кругу (КП). Коллимационную ошибку зрительной трубы теодолита вычисляют по формуле

$$c = \frac{КЛ - (КП \pm 180^\circ)}{2}.$$

Для исправления коллимационной ошибки алидаду устанавливают на отсчет по горизонтальному кругу, равный  $(КП + c)$  или  $(КЛ - c)$ . При этом подвижная нить окулярного микрометра сместится относительно изображения визирной цели. Вращением микрометричного винта окулярного микрометра подвижную нить снова наводят на цель. Придерживая головку 6 (см. рис. 3) микрометричного винта, чтобы винт не вращался, барабан микрометра устанавливают на отсчет «0». Затем исправительной гайкой гребенки окулярного микрометра нульпункт гребенки подводят к подвижной

нити. После исправления коллимационной ошибки определяют ее снова. Величина коллимационной ошибки зрительной трубы не должна превышать 10".

**43. Проверка места зенита вертикального круга.** Теодолит горизонтируют. Поворотом коробки окулярного микрометра приводят подвижную нить микрометра в горизонтальное положение, устанавливая ее в нульпункте гребенки, а отсчет по барабану микрометра, равным нулю и визируют этой нитью на удаленную визирную цель при двух положениях круга. При каждом наведении нити, приведя установочным винтом пузырек уровня при алидаде вертикального круга на середину, берут отсчеты по вертикальному кругу. По этим отсчетам вычисляют зенитное расстояние визирной цели и место зенита по формулам:

$$z = \frac{1}{2} (\text{КЛ} - \text{КП});$$
$$Mz = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2} \pm 180^\circ,$$

где КЛ и КП — отсчеты при круге «лево» и круге «право».

Место зенита не должно превышать 30".

Для исправления места зенита наводят зрительную трубу теодолита на ту же визирную цель и устанавливают алидаду вертикального круга установочным винтом уровня при ней на отсчет  $z$  для круга «лево» или  $360^\circ - z$  для круга «право». Пузырек уровня при алидаде вертикального круга исправительными винтами при уровне приводят на середину. Проверку повторяют.

**44. Проверка правильности установки сетки нитей окулярного микрометра.** Теодолит тщательно горизонтируют. Выбирают в горизонте хорошо видимую визирную цель. Наводят левым краем горизонтальной нити на визирную цель и, медленно перемещая зрительную трубу по горизонту вправо в пределах поля зрения, следят за взаимным положением нити и визирной цели. Если зрительно обнаруживается смещение изображения цели относительно нити, выполняется юстировка. Для этого отпускают закрепительные винты микрометра и производят его доворот с помощью поворотного микрометрического винта до тех пор, пока изображение цели не перестанет сходиться с горизонтальной нитью.

При проверке вертикальной нити зрительная труба перемещается по высоте.

**45. Проверка правильности установки барабана контактного микрометра.** При положении подвижной нити в нульпункте гребенки отсчет по барабану контактного микрометра должен быть равен нулю, при этом штифт установлен на середине опознавательного контакта. Устанавливают штифт на середину опознавательного контакта вращением микрометрического винта микрометра. Удерживая контактный барабан рукой и вращая только отсчетный барабан,

устанавливают на нем отсчет «0». Исправительным винтом гребенки выводят нульпункт гребенки на подвижную нить сетки нитей микрометра.

**46. Проверка перпендикулярности оси талькоттовского уровня к горизонтальной оси вращения зрительной трубы.** Теодолит устанавливают на лист бумаги и получают следы А, В и С от концов подъемных винтов. Находят центр М треугольника АВС и проводят из него прямую МК, параллельную одной из сторон треугольника. Помещают лист на астрономический столб, прикладывают ребро визирной линейки к линии МК и, вращая лист, наводят ребро линейки на расположенную приблизительно в горизонте визирную цель. В этом положении бумага на столбе закрепляется.

Исследуемый теодолит устанавливают на столб так, чтобы подъемные винты встали в точках А, В и С. Теодолит тщательно горизонтируют и наводят зрительную трубу на выбранную визирную цель. Закрепляют на оси трубы талькоттовский уровень, приводят пузырек элевационным винтом на середину; затем берут отсчеты по левому (Л) и правому (П) его концам и вычисляют значение суммы  $(Л+П)_1$ . После этого поворачивают алидаду теодолита на  $90^\circ$  (с ошибкой не более  $1'$ ); подъемным винтом, расположенным под трубой, наклоняют вертикальную ось теодолита настолько, чтобы пузырек талькоттовского уровня переместился на край рабочей части ампулы, вновь берут отсчеты по уровню и вычисляют сумму  $(Л+П)_2$ .

Далее, не меняя наклона теодолита, наводят трубу на ту же визирную цель, третий раз отсчитывают по талькоттовскому уровню и вычисляют сумму  $(Л+П)_3$ .

Значение уклонения оси талькоттовского уровня от перпендикуляра к оси вращения трубы вычисляют по формуле

$$\gamma' = \frac{(Л+П)_1 - (Л+П)_3}{(Л+П)_1 - (Л+П)_2} \rho'.$$

Если значение  $\gamma$  по абсолютной величине больше  $15'$ , то его уменьшают боковыми юстировочными винтами уровня. При этом необходимо переместить к зрительной трубе тот конец уровня, к которому сместился его пузырек при втором наведении на визирную цель.

### Проверки и юстировки теодолита ДКМЗ-А

**47. Перед исследованиями астрономического теодолита ДКМЗ-А и при подготовке его к наблюдениям на полевом пункте выполняются следующие проверки и юстировки:**

а) проверка перпендикулярности оси уровня при алидаде горизонтального круга вертикальной оси вращения теодолита;

б) проверка перпендикулярности оси накладного уровня вертикальной оси вращения теодолита;

в) проверка взаимного расположения пузырьков талькоттовских уровней;

г) проверка правильности установки подвижной нити окулярного микрометра;

д) проверка коллимационной ошибки зрительной трубы;

е) проверка места зенита вертикального круга;

ж) проверка оптического центрира;

з) проверка перпендикулярности осей талькоттовских уровней к горизонтальной оси вращения зрительной трубы.

Проверки и юстировки выполняются строго в указанной последовательности.

**48. Проверка перпендикулярности оси уровня при алидаде горизонтального круга вертикальной оси вращения теодолита.** Теодолит горизонтируют, уровень разворотом алидады устанавливают в направлении одного из подъемных винтов и пузырек уровня при алидаде горизонтального круга приводят точно на середину. Алидаду поворачивают на  $180^\circ$ . Если при этом пузырек уровня ушел от середины, то на половину величины его отклонения положение исправляют юстировочными винтами уровня, а на половину — подъемным винтом теодолита. Для доступа к юстировочным винтам уровня отворачивают заглушку (нижнюю), расположенную рядом с иллюминатором 29 (см. рис. 5 на стр. 13). После юстировки проверку повторяют. Величина отклонения пузырька уровня от середины после поворота на  $180^\circ$  не должна превышать одного деления.

**49. Проверка перпендикулярности оси накладного уровня вертикальной оси вращения теодолита.** Проверка накладного уровня аналогична проверке уровня при алидаде. При необходимости юстировки ослабляют контргайку юстировочного винта и два боковых винта накладного уровня, расположенные на металлической оправе уровня со стороны нуля шкалы ампулы. По окончании юстировки завинчивают до упора боковые винты и контргайку. Проверку повторяют, при этом величина отклонения пузырька уровня от середины после поворота на  $180^\circ$  не должна превышать одного деления.

**50. Проверка взаимного расположения пузырьков талькоттовских уровней.** Снимают противовес, для чего отворачивают три выпадающих винта и аналогичными винтами талькоттовского уровня закрепляют его на место противовеса, предварительно установив длину пузырьков уровней, равной примерно 0,5 длины рабочей части ампул. Горизонтируют теодолит и фиксируют алидады горизонтального и вертикального кругов в произвольном положении закрепительными винтами. Ослабляют контргайку юстировочного винта и боковой винт ближнего к трубе талькоттовского уровня. Прижимают талькоттовские уровни к горизонтальной оси вращения трубы закрепительным винтом.

С помощью элевационного винта талькоттовских уровней приводят пузырек дальнего от трубы уровня на середину. Если пузырек ближнего к трубе уровня отклоняется от середины шкалы более

чем на одно деление, его приводят на середину с помощью юстировочного винта этого уровня. После юстировки заворачивают до упора боковой винт и контргайку юстировочного винта. Поверку повторяют.

**51. Поверка правильности установки подвижной нити окулярного микрометра** выполняется так же, как для теодолита АУ-2"/10".

**52. Поверка коллимационной ошибки зрительной трубы.** Перед выполнением поверки теодолит тщательно горизонтируют. Наводят перекрестием центральных неподвижных нитей на выбранную в горизонте визирную цель при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП), беря при этом отсчеты по горизонтальному кругу. Коллимационная ошибка, вычисляемая по формуле

$$c = \frac{КЛ - (КП \pm 180^\circ)}{2},$$

как правило, не должна превышать 10". При больших значениях теодолит должен быть отправлен в мастерскую.

**53. Поверка места зенита вертикального круга.** Перед поверкой теодолит горизонтируют. Наводят перекрестием центральных нитей на выбранную визирную цель при круге «лево» (КЛ) и круге «право» (КП), каждый раз совмещая концы пузырька уровня при алидаде вертикального круга и беря отсчеты по вертикальному кругу.

Вычисляют зенитное расстояние  $z$  и место зенита  $Mz$  по формулам:

$$z = \frac{1}{2} (КЛ - КП); \quad Mz = \frac{1}{2} (КЛ + КП) \pm 180^\circ.$$

Если  $Mz$  более 30", отвертывают резьбовую пробку 14 (см. рис. 5), закрывающую юстировочные винты уровня при алидаде вертикального круга, наводят зрительную трубу теодолита на ту же визирную цель и устанавливают алидаду вертикального круга установочным винтом уровня на отсчет  $z$  для круга «лево» или 360° —  $z$  для круга «право». Совмещают концы пузырька контактного уровня исправительными винтами уровня. Завертывают резьбовую пробку и повторяют поверку.

**54. Поверка оптического центра.** Перед поверкой теодолит устанавливают на штативе и тщательно горизонтируют. Под штатив кладут лист бумаги. Вращая алидаду теодолита и смотря в окуляр оптического центра, отмечают максимальное смещение креста нитей оптического центра, которое не должно превышать 2 мм.

Конструкцией теодолита ДКМЗ-А юстировка оптического центра в полевых условиях не предусмотрена.

**55. Поверка перпендикулярности осей талькоттовских уровней к горизонтальной оси вращения зрительной трубы.** Поверка выполняется так же, как для теодолита АУ-2"/10" одновременно для двух уровней Талькотта.

Конструкцией теодолита ДКМЗ-А не предусмотрена юстировка положения талькоттовских уровней относительно оси вращения зрительной трубы. Уклонения осей талькоттовских уровней ( $\gamma'$ ) от перпендикуляра к оси вращения трубы не должны превышать  $15'$ .

### **Программы исследований астрономических теодолитов**

**56.** Теодолиты, предназначенные для астрономических определений в предстоящем полевом сезоне, подвергаются исследованиям для того, чтобы установить их пригодность для данного вида работы и определить приборные постоянные.

**57.** Программа исследований астрономического теодолита АУ-2"/10" включает:

а) исследование правильности работы микроскопов-микрометров;

б) исследование правильности вращения и эксцентриситета алидады горизонтального круга;

в) исследование эксцентриситета горизонтального круга;

г) определение рена микроскопов-микрометров;

д) определение цены оборота барабана окулярного (контактного) микрометра (выполняется одним из перечисленных методов в зависимости от способов, предстоящих астрономических определений):

— по наблюдениям звезд в элонгации,

— по наблюдениям звезд в меридиане,

— с помощью коллиматора;

е) определение мертвого хода микрометрического винта контактного микрометра;

ж) определение ширины контакта контактного микрометра;

з) определение постоянной барабана поворотного микрометрического винта контактного микрометра;

и) определение цены деления уровня по способу Комстока;

к) определение расстояний нитей сетки от средней фиктивной нити;

л) пробные измерения горизонтального угла между двумя коллиматорами, расположенными на разных высотах;

м) определение наклона подвижной нити окулярного микрометра:

— по неподвижной визирной цели,

— по Полярной звезде.

**58.** Программа исследований астрономических теодолитов ДКМЗ-А включает:

а) исследование ошибок оптического микрометра;

б) определение рена оптического микрометра;

в) исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга;

- г) исследование эксцентриситета горизонтального круга;
- д) определение цены оборота барабана контактного микрометра;
- е) определение мертвого хода микрометричного винта контактного микрометра;
- ж) определение ширины контакта контактного микрометра;
- з) исследование уровней по способу Комстока;
- и) пробные измерения горизонтального угла между двумя коллиматорами, расположенными на разных высотах;
- к) определение наклона подвижной нити контактного микрометра:
  - по неподвижной визирной цели,
  - по Полярной звезде.

**59.** Теодолиты АУ-2"/10", впервые направляемые на полевые работы или поступившие после капитального ремонта, или по истечении трехлетнего срока эксплуатации, дополнительно к перечисленным исследованиям подвергаются также следующим:

- а) исследованию неправильностей цапф горизонтальной оси для теодолитов, предназначенных для определения азимута или долготы азимутальными способами;
- б) исследованию уровней на экзаменаторе по методу Васильева;
- в) исследованию бокового гнуптия трубы;
- г) исследованию полных ошибок диаметров кругов;
- д) исследованию оптических качеств трубы.

**60.** Ряд исследований производится в районе полевых работ. Так, определение цены деления уровня по способу Комстока производят дополнительно в полевых условиях, когда астрономические определения выполняют при отрицательной температуре, если при ней уровни не были исследованы.

При определении азимута на каждом полевом пункте производится контроль постоянства рена микроскопов-микрометров по сокращенной программе при отсчетах по горизонтальному кругу  $0^\circ$ ,  $90^\circ 16'$ ,  $180^\circ 32'$  и  $270^\circ 48'$ . Если средние значения разностей ( $b - a$ ) микроскопов отличаются от значений ( $b - a$ ), определенных по полной программе, более чем на  $0,25^\circ$ , то определение рена производят по полной программе.

На каждом пункте при наблюдении с контактным микрометром определяют ширину контактов и каждый вечер наблюдений — мертвый ход винта микрометра.

Определение расстояний горизонтальных нитей от средней фиктивной нити окулярного микрометра теодолита АУ-2"/10" производится при совместном определении широты и долготы по способу Мазаева.



Определение наклона горизонтальной подвижной нити производится при определении широты по способу Талькотта до начала и в конце вечера наблюдений.

61. В формуляр (паспорт) астрономического теодолита вместе с указанием номера части, в которой производились исследования, фамилии исполнителя, даты исследований и средних квадратических ошибок результатов должны быть вписаны:

- цена деления уровней накладного и Талькотта, средние квадратические ошибки определения одного положения пузырька, значения поправок к показаниям уровней в цифровом или графическом виде;

- значения полных поправок диаметров горизонтального круга через  $1^\circ$ ;

- цена оборота барабана окулярного микрометра главной и поверительной труб;

- рен оптического микрометра;

- ширина контакта микрометра;

- значения поправок в азимут и наклонность теодолита из-за неправильностей фигуры цапф.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ РАБОТЫ МИКРОСКОПОВ-МИКРОМЕТРОВ ТЕОДОЛИТА АУ-2"/10"

62. При закрепленной в произвольном положении алидаде горизонтального круга наводят ввинчиванием винта микрометра один из биссекторов последовательно на три смежных штриха горизонтального круга и производят отсчеты:  $a$  — левый,  $b$  — средний, расположенный вблизи нульпункта, и  $c$  — правый. Затем этот биссектор наводят на те же штрихи в обратной последовательности только вывинчиванием винта. При каждой из трех установок алидады, отстоящих одна от другой примерно на  $120^\circ$ , таких рядов наблюдений делается шесть с изменением положения винта на шестую долю оборота при переходе от ряда к ряду.

Средние разности «ввинчивание минус вывинчивание», полученные из отсчетов при наведениях на штрихи  $a$ ,  $b$  и  $c$  по каждому ряду, не должны превышать 0,6 деления барабана микроскопа-микрометра. Отдельные значения этих разностей также могут колебаться в пределах не более 0,6 деления.

Разности  $r_1 = b - a$  и  $r_2 = c - b$ , полученные по каждому ряду и только по данным «ввинчивания», используют для приближенного вывода значения рена микроскопа-микрометра, которым и руководствуются при установке микроскопа.

Пример исследования правильности работы микроскопа-микрометра приведен в табл. 6.

## Исследование правильности работы микроскопов-микрометров

АУ-2\*/10" № 10071

5 апреля 1976 г.

Отсчет в нуль- пункте	Отсчет по штрихам a, b, c		Ввинчивание минус вывин- чивание	$b-a=r_1$ $c-b=r_2$	Отсчет в нуль- пункте	Отсчет по штрихам a, b, c		Ввинчивание минус вывин- чивание	$b-a=r_1$ $c-b=r_2$
	ввинчи- вание	вывин- чивание				ввинчи- вание	вывин- чивание		
Микроскоп А									
0°0'	3,0	2,6			120°1'	3,0	2,7		
	2,8	2,8		-0,2		2,2	2,2		-0,8
	4,2	3,7		+1,4		2,3	2,5		+0,1
	3,33	3,03	+0,30			2,50	2,47	+0,03	
	23,2	22,8				24,0	23,4		
	22,9	22,6		-0,3		23,3	23,0		-0,7
	24,2	23,9		+1,3		23,4	23,7		+0,1
	23,43	23,10	+0,33			23,57	23,37	+0,20	
	43,2	43,0				44,1	43,9		
	43,0	42,8		-0,2		43,4	43,6		-0,7
	43,9	43,6		+0,9		43,7	43,3		+0,3
	43,37	43,13	+0,24			43,73	43,60	+0,13	
0°1'	2,5				240°0'	1,8	1,6		
	2,0	2,3		-0,5		1,7	1,6		-0,1
	3,0	2,6		+1,0		2,1	2,0		+0,4
	2,50	2,30	+0,20			1,87	1,73	+0,14	
	23,2	22,8				22,2	22,3		
	22,8	22,5		-0,4		21,6	21,3		-0,6
	23,2	23,2		+0,4		22,4	22,2		+0,8
	23,07	22,83	+0,24			22,07	21,93	+0,14	
	42,4	42,0				42,0	41,6		
	42,1	42,3		-0,3		40,8	40,8		-1,2
	43,1	43,2		+1,0		42,1	41,7		+1,3
	42,53	42,50	+0,03			41,63	41,37	+0,26	
120°0'	2,0	1,6			240°1'	2,3	1,9		
	1,4	1,3		-0,6		1,6	1,3		-0,7
	2,3	2,0		+0,9		1,7	1,7		+0,1
	1,90	1,63	+0,27			1,87	1,63	+0,24	
	23,3	22,7				22,2	22,0		
	22,4	22,6		-0,9		22,0	22,0		-0,2
	23,4	23,0		+1,0		22,1	22,1		+0,1
	23,03	22,77	+0,26			22,10	22,03	+0,07	
	42,7	42,4				41,8	41,4		
	42,2	42,2		-0,5		41,4	41,7		-0,4
	42,7	42,6		+0,5		41,8	41,7		+0,4
	42,53	42,40	+0,13			41,67	41,60	+0,07	

„Ввинчивание — вывинчивание“ = +0,18<sup>д</sup> = +0,36<sup>д</sup>

Наибольшее значение = 0,33 = 0,66

Наибольшее колебание = 0,30 = 0,60

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Для выявления периодических ошибок в работе микроскопа-микрометра производят измерения одного и того же интервала лимба (например,  $0^{\circ}0' - 0^{\circ}05'$ ) различными участками микрометричного винта. Используя левый биссектор, получают разности ( $b-a$ ) на шести установках алидады. При переходе от одной установки к другой положение алидады изменяют на  $20''$ . При правильной работе механизма микрометра колебания разностей ( $b-a$ ) по каждому микроскопу отдельно не должны превышать 0,5 деления барабана микроскопа-микрометра.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВИЛЬНОСТИ ВРАЩЕНИЯ И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА АЛИДАДЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КРУГА ТЕОДОЛИТА АУ-2"/10"

63. Перед началом испытаний производят горизонтирование теодолита с помощью накладного уровня или уровня Талькотта. Первоначально о правильности регулировки вращения алидады судят по поведению пузырька накладного уровня. Если пузырек уровня при полном обороте алидады смещается не более двух делений от первоначального положения, то вращение алидады считают удовлетворительным. Большие изменения положения пузырька уровня в сочетании с заметными колебаниями разностей отсчетов по двум противоположным микроскопам-микрометрам (более  $2''$ ) на одних и тех же установках алидады указывают на неудовлетворительную регулировку алидады. Как правило, это явление имеет место при слишком высоко поднятой алидаде теодолита. В этом случае показания накладного уровня повторяются через два оборота алидады, то же самое наблюдается с разностью отсчетов по двум микроскопам-микрометрам.

Регулировку алидады начинают с того, что вывинчивают патрон с пружиной, противодействующей наводящему винту алидады горизонтального круга, отвертывают на пол-оборота грибок и оставляют теодолит в таком положении на два часа. Затем, слегка вдавливая и разворачивая левой рукой кожух алидады по ходу часовой стрелки, правой рукой вращают грибок, ввинчивая его до тех пор, пока алидада не начнет плавно вращаться без заметного трения, но и без излишней легкости. Замечают отсчет грибка по индексу и снова вывинчивают грибок. Повторяют операцию три-четыре раза. Берут средний отсчет и по нему устанавливают грибок. Убедившись в том, что вращение алидады совершается вполне удовлетворительно, устанавливают угол между микроскопами возможно меньше отличающийся от  $180^{\circ}$  (менее  $10''$ ).

Для этого поступают следующим образом. Установив в микроскопе А биссектор в нульпункте, наводящим винтом алидады точно наводят биссектор на любой градусный штрих, например,  $0^{\circ}$ . Затем в микроскопе Б совмещают биссектор и нульпункт гребенки с диаметрально противоположным штрихом  $180^{\circ}$  и, удерживая от вращения микрометричный винт, вращением барабана на хвостовике винта устанавливают его на отсчет «0». Поворачивают алидаду на  $180^{\circ}$  и ее наводящим винтом точно наводят биссектор микроскопа А на штрих  $180^{\circ}$ . После этого производят отсчет по микро-

скопу Б при наведении на штрих  $0^\circ$ . Этот отсчет есть двойной угол между микроскопами-микрометрами.

Если двойной угол более  $20''$ , то устанавливают барабан микроскопа-микрометра на отсчет, равный половине двойного угла, а затем удерживая микрометрический винт, ставят барабан на отсчет «0» и совмещают нульпункт гребенки с биссектором нитей.

**64.** Исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга (табл. 7) выполняется тремя следующими друг за другом приемами в прямом ходе (поворот алидады по ходу часовой стрелки) и тремя приемами в обратном ходе (поворот алидады против хода часовой стрелки) с перестановкой алидады через  $30^\circ$ . При каждой установке берут отсчеты  $m_A$  и  $m_B$  по барабанам микроскопов-микрометров А и Б, а также отсчеты по одному из концов пузырька уровня. Отсчеты записывают в таблицу, в которой ведутся и дальнейшие вычисления.

По отсчетам микроскопов составляют разности

$$v = m_B - m_A.$$

Наибольшая разность между значениями  $v$  не должна превышать  $40''$ .

Алидаду при исследовании в прямом и обратном ходах следует вращать только в одном направлении, поэтому, если нульпункт несколько перешел через соответствующее градусное деление, то не следует возвращать алидаду в обратном направлении, а производить наведение биссекторами на штрихи в том месте, где остановилась алидада.

После выполнения третьего приема обратного хода алидаду закрепляют на отсчете  $0^\circ$  и оставляют нетронутой до окончания исследования эксцентриситета горизонтального круга.

По значениям  $v$  в прямом и обратном ходах строят график (рис. 18), на котором по оси абсцисс откладывают отсчеты по горизонтальному кругу  $M_A$  для всех установок алидады, а по оси ординат — измеренные значения  $v$ .

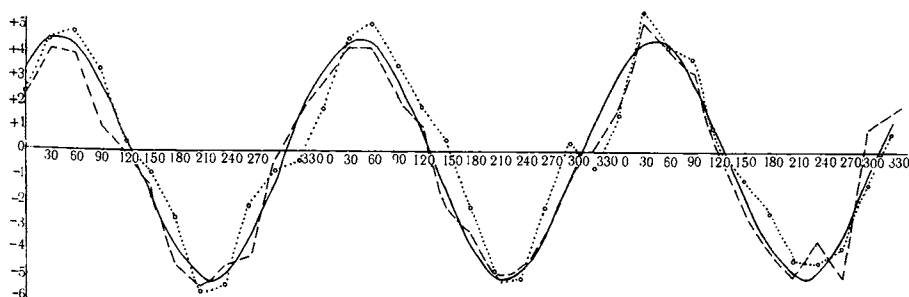


Рис. 18. График эксцентриситета алидады горизонтального круга теодолита АУ-2''/10''

Установка алиады	Отсчеты накладного уровня $b$	$\Delta b$	Микроскоп А			Микроскоп Б				Установка алиады
			$a$	$b$	$m_A = a+b$	$a$	$b$	$m_B = a+b$	$v_1 = m_B - m_A$	
I прием — прямой ход										
0°	8,1	-0,2	1,0	2,0	3,0"	3,1	2,3	5,4"	+2,4"	180°
30	8,5	+0,2	4,0	4,9	8,9	12,2	11,1	13,3	+4,4	210
60	8,7	+0,4	3,2	3,2	6,4	1,0	10,2	11,2	+4,8	240
90	8,9	+0,6	10,0	10,0	10,0	12,1	11,2	13,3	+3,3	270
120	8,8	+0,5	4,4	10,4	9,8	10,6	4,7	10,3	+0,5	300
150	8,1	-0,2	10,0	4,8	9,8	4,2	4,8	9,0	-0,8	330
II прием — прямой ход										
0°	8,3	0	10,1	11,2	11,3	11,8	11,3	13,1	+1,8	180°
30	8,7	+0,4	3,9	4,9	8,8	12,0	11,3	13,3	+4,5	210
60	9,0	+0,7	10,0	10,8	10,8	13,0	12,9	15,9	+5,1	240
90	9,0	+0,7	4,8	10,8	10,6	12,1	11,9	14,0	+3,4	270
120	9,0	+0,7	4,8	10,3	10,1	12,0	4,9	11,9	+1,8	300
150	8,9	+0,6	3,3	4,2	7,5	4,0	3,9	7,9	+0,4	330
III прием — прямой ход										
0°	8,4	+0,1	4,7	11,1	10,8	11,1	11,2	12,3	+1,5	180°
30	8,8	+0,5	10,1	11,9	12,0	14,6	13,0	17,6	+5,6	210
60	9,0	+0,7	10,0	10,1	10,1	12,2	12,0	14,2	+4,1	240
90	9,0	+0,7	3,9	4,1	8,0	12,2	4,3	11,5	+3,5	270
120	8,8	+0,5	2,0	2,9	4,9	3,1	2,0	5,1	+0,2	300
150	8,2	-0,1	4,1	10,2	9,3	3,9	4,1	8,0	-1,3	330
I прием — обратный ход										
330°	8,0	-0,3	4,1	10,7	9,8	11,0	10,5	11,5	+1,7	150°
300	7,7	-0,6	2,1	2,9	5,0	3,0	3,0	6,0	+1,0	120
270	7,6	-0,7	3,9	4,2	8,1	1,8	1,4	3,2	-4,9	90
240	7,5	-0,8	4,4	10,1	9,5	3,1	2,9	6,0	-3,5	60
210	7,8	-0,5	10,4	10,0	10,4	3,4	2,1	5,5	-4,9	30
180	8,0	-0,3	10,2	10,8	11,0	3,4	3,7	7,1	-3,9	0
II прием — обратный ход										
330°	8,0	-0,3	11,2	12,7	13,9	13,0	11,0	14,0	+0,1	150°
300	8,0	-0,3	11,3	12,0	13,3	11,9	10,6	12,5	-0,8	120
270	7,8	-0,5	3,9	3,9	7,8	2,9	1,4	4,3	-3,5	90
240	7,7	-0,6	3,0	4,1	7,1	1,1	1,3	2,4	-4,7	60
210	7,9	-0,4	3,2	4,6	7,8	1,2	1,7	2,9	-4,9	30
180	8,0	-0,3	3,1	3,9	7,0	2,0	1,9	3,9	-3,1	0
III прием — обратный ход										
330°	8,1	-0,2	3,0	4,6	7,6	10,1	4,1	9,2	+1,6	150°
300	7,9	-0,4	10,8	12,1	12,9	11,7	11,0	12,7	-0,2	120
270	7,8	-0,5	3,3	3,8	7,1	2,1	1,0	3,1	-4,0	90
240	7,7	-0,6	4,0	10,7	9,7	2,9	2,3	5,2	-4,5	60
210	7,8	-0,5	4,9	10,7	10,6	2,7	2,5	5,2	-5,4	30
180	8,0	-0,3	11,9	12,5	14,4	10,6	4,3	9,9	-4,5	0

Отсчеты накладного уровня <i>b</i>	$\Delta b$	Микроскоп А			Микроскоп Б			$v_2 =$ $= m_B - m_A$	$\frac{v_1 + v_2}{2}$
		<i>a</i>	<i>b</i>	$m_A =$ $= a + b$	<i>a</i>	<i>b</i>	$m_B =$ $= a + b$		
Прямой ход									
8,0	—0,3	4,9	10,1	10,0"	4,1	3,3	7,4"	—2,6"	—0,1"
7,9	—0,4	3,0	3,8	6,8	0,9	0,3	1,2	—5,6	—0,6
7,8	—0,5	1,3	2,1	3,4	54,0	54,1	58,1	—5,3	—0,2
7,8	—0,5	4,1	4,0	8,1	4,0	2,0	6,0	—2,1	+0,6
7,9	—0,4	10,1	10,3	10,4	10,0	4,7	9,7	—0,7	—0,1
8,0	—0,3	4,0	10,7	9,7	10,4	10,0	10,4	+0,7	0,0
8,0	—0,3	2,6	3,0	5,6	2,3	1,1	3,4	—2,2	—0,2
8,0	—0,3	3,3	3,7	7,0	0,9	1,3	2,2	—4,8	—0,2
7,9	—0,4	3,2	4,9	8,1	1,8	1,3	3,1	—5,0	0,0
7,9	—0,4	10,2	10,0	10,2	10,0	3,0	8,0	—2,2	+0,6
7,9	—0,4	11,1	10,5	11,6	11,7	10,3	12,0	+0,4	+1,1
8,0	—0,3	3,0	4,8	7,8	4,1	3,0	7,1	—0,7	—0,2
8,0	—0,3	10,0	11,1	11,1	10,0	3,6	8,6	—2,5	—0,5
7,9	—0,4	10,1	11,4	11,5	4,1	3,2	7,3	—4,2	+0,7
7,5	—0,8	3,8	4,6	8,4	2,3	1,8	4,1	—4,3	—0,1
7,5	—0,8	4,3	4,8	9,1	3,1	2,1	5,2	—3,9	—0,2
7,8	—0,5	2,0	3,0	5,0	2,1	1,6	3,7	—1,3	—0,6
8,0	—0,3	2,8	4,5	7,3	4,1	3,9	8,0	+0,7	—0,3
Обратный ход									
8,3	0	3,9	4,9	8,8	3,4	3,1	6,5	—2,3	—0,3
8,8	+0,5	3,0	4,2	7,2	4,9	2,5	7,4	+0,2	+0,6
9,0	+0,7	2,6	3,1	5,7	10,0	3,7	8,7	+3,0	—1,0
9,0	+0,7	2,0	2,3	4,3	3,7	4,7	8,4	+4,1	+0,3
8,8	+0,5	10,0	11,0	11,0	13,8	12,3	16,1	+5,1	+0,1
8,3	0	4,9	4,0	8,9	10,7	4,9	10,6	+1,7	—1,1
8,5	+0,2	0,9	1,2	2,1	0,2	54,7	59,9	—2,2	—1,0
8,8	+0,5	2,3	4,0	6,3	4,0	3,3	7,3	+1,0	+0,1
9,0	+0,7	10,2	4,8	10,0	12,1	10,0	12,1	+2,1	—0,7
9,0	+0,7	3,8	3,7	7,5	11,3	10,2	11,5	+4,0	—0,4
9,0	+0,7	10,0	11,4	11,4	13,3	12,2	15,5	+4,1	—0,4
8,6	+0,3	11,9	12,2	14,1	13,7	12,1	15,8	+1,7	—0,7
8,5	+0,2	3,9	3,8	7,7	3,1	3,2	6,3	—1,4	+0,1
8,9	+0,6	3,0	3,9	6,9	4,0	2,9	6,9	0,0	—0,1
9,0	+0,7	11,0	11,8	12,8	12,0	12,0	14,0	+1,2	—1,4
9,0	+0,7	2,0	2,9	4,9	10,1	3,7	8,8	+3,9	—0,3
9,0	+0,7	4,1	10,1	9,2	12,0	11,3	13,3	+4,1	—0,6
8,4	+0,1	2,8	3,7	6,5	4,9	4,0	8,9	+2,4	—1,0

 $b_{\text{ср.}} = 8,3$ 

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Аналитическое выражение синусоиды  $v_A$ , также наносимой на график, вычисляют со средними значениями  $v_{cp.}$ , получаемыми из I и II прямых и II и III обратных ходов по формулам:

$$v_A = f \sin (M_A - P) + d;$$

$$d = \frac{[v_{cp.}]}{n}; \quad f = -\frac{2[v_{cp.} \cos M_A]}{n \sin P} = \frac{2[v_{cp.} \sin M_A]}{n \cos P};$$

$$\operatorname{tg} P = -\frac{[v_{cp.} \cos M_A]}{[v_{cp.} \sin M_A]},$$

где  $f$  — удвоенный эксцентриситет алидады (в угловой мере);  
 $P$  — отсчет по горизонтальному кругу, соответствующий его радиусу, проходящему через центр вращения алидады;  
 $d$  — угол между микроскопами-микрометрами.

Вычисление  $v_A$  ведут, как показано в табл. 8.

По величинам отклонений  $\delta$  (табл. 8) наблюдаемых значений  $v$  от уравненных  $v_A$  и по величинам отклонений  $\Delta b$  (табл. 7) наблюдаемых показаний уровня  $b$  от среднего значения  $b_{cp.}$  судят о правильности вращения алидады вокруг вертикальной оси, а также о состоянии осевой системы. У исправного теодолита величины  $\delta$  не должны превосходить  $10''$ , а  $\Delta b$  — одного деления. Если отклонения  $\delta$  превышают  $10''$  и, особенно, если они повторяются через один оборот, то следует заново произвести регулировку вращения алидады. Если большие значения  $\delta$  встречаются лишь в отдельных местах и они повторяются для одних и тех же установок во всех оборотах алидады, то это свидетельствует о наличии неисправностей в осевой системе или разгрузочном приспособлении.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА АЛИДАДЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КРУГА ТЕОДОЛИТА ДКМЗ-А

**65.** Исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга производится на установках алидады через  $30^\circ$  прямыми и обратными ходами. На каждой установке наводящим винтом алидады совмещают одинарный штрих горизонтального круга с индексом, имеющим форму треугольника, или с индексом, имеющим отметку «5». При помощи барабана оптического микрометра вводят одинарный штрих в биссектор и снимают по барабану отсчет  $v$ , который записывают в табл. 9. Измерения на каждой установке производят дважды. Горизонтальный круг во время исследования остается неподвижным.

## Вычисление параметров эксцентриситета алиады горизонтального круга

10 мая 1976 г.

АУ-2"/10" № 10071

Установка алиады	Наблюденные $v$				$v_{\text{ср.}}$	$\sin M_A$	$\cos M_A$	$v_{\text{ср.}} \sin M_A$	$v_{\text{ср.}} \cos M_A$	$M_A - P$	$\sin(M_A - P)$	$f \sin(M_A - P)$	$d = \frac{u}{v_{\text{ср.}}}$	$v_A = f \sin(M_A - P) + d$	$\delta$			
	прямой ход		обратный ход												прямой ход		обратный ход	
	I	II	II	III											I	II	II	III
0°	+2,4"	+1,8"	+1,7"	+2,4"	+2,1"	0,00	+1,00	0,0"	+2,10"	48°	+0,74	+3,57	-0,2"	+3,3"	-0,9"	-1,5"	-0,9"	
30	+4,4	+4,5	+4,1	+4,1	+4,3	+0,50	+0,87	+2,15	+3,74	78	+0,97	+4,6	0	+4,4	-0,3	+0,1	-0,3	
60	+4,8	+5,1	+4,0	+3,9	+4,5	+0,87	+0,50	+3,92	+2,25	108	+0,95	+4,5	+4,3	+4,3	-0,3	+0,8	-0,4	
90	+3,3	+3,4	+2,1	+1,2	+2,5	+1,00	0,00	+2,50	0,0	138	+0,63	+3,0	+2,8	+2,8	-0,7	+0,6	-1,6	
120	+0,5	+1,8	+1,0	0,0	+0,8	+0,87	-0,50	+0,70	-0,40	168	+0,21	+1,0	+0,8	+0,8	+0,2	+1,0	-0,8	
150	-0,8	+0,4	-2,2	-1,4	-1,0	+0,50	-0,87	0,50	+0,87	198	-0,31	-1,5	-1,7	-1,7	-0,5	+2,1	+0,3	
180	-2,6	-2,2	-3,1	-4,5	-3,1	0,00	-1,00	0,0	+3,10	228	-0,74	-3,5	-3,7	-3,7	+1,1	+1,5	-0,8	
210	-5,6	-4,8	-4,9	-5,4	-5,2	-0,50	-0,87	+2,60	+4,52	258	-0,97	-4,6	-4,8	-4,8	-0,8	0	-0,6	
240	-5,3	-5,0	-4,7	-4,5	-4,9	-0,87	-0,50	+4,26	+4,45	288	-0,95	-4,5	-4,7	-4,7	-0,6	-0,3	-0,8	
270	-2,1	-2,2	-3,5	-4,0	-2,9	-1,00	0,00	+2,90	0,0	318	-0,63	-3,0	-3,2	-3,2	+1,1	+1,0	-0,3	
300	-0,7	+0,4	-0,8	-0,2	-0,3	-0,87	+0,50	+0,26	-0,15	348	-0,21	-1,0	-1,2	-1,2	+0,5	+0,8	+1,0	
330	+0,7	-0,7	+0,1	+1,6	+0,4	-0,50	+0,87	-0,20	+0,35	18	+0,31	+1,5	+1,3	+1,3	-0,6	-2,0	+0,3	
					-2,8			+18,57	+20,83									

$$n = 12; \quad d = \frac{-2,8}{12} = -0,2''; \quad \lg P = \frac{-20,83}{18,57} = -1,12; \quad P = 312^{\circ}.$$

$$f = \frac{2 \times 20,83}{8,8} = \frac{2 \times 18,57}{7,9} = 4,7''.$$

Исследования выполнил

Вычисления проверил



## Исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга

ДКМЗ-А № 4326

5 мая 1976 г.

Установка алидады	Прямой ход				Обратный ход				$v_A$ с графика
	$v_1$	$v_2$	$v_{ср.}$	$v_{ср.} - v_A$	$v_1$	$v_2$	$v_{ср.}$	$v_{ср.} - v_A$	
0°	7,2"	8,1"	7,6"	-1,2"	7,9"	11,1"	9,5"	+0,7"	8,8"
30	5,0	5,5	5,2	-0,1	4,7	5,3	5,0	-0,3	5,3
60	4,0	5,1	4,6	+0,6	3,9	3,6	3,8	-0,2	4,0
90	5,6	3,9	4,8	+0,3	5,7	4,2	5,0	+0,5	4,5
120	5,8	6,8	6,3	-0,2	8,4	9,4	8,9	+2,4	6,5
150	7,5	8,8	8,2	-0,8	10,6	9,4	10,0	+1,0	9,0
180	11,8	10,6	11,2	+0,1	9,8	10,4	10,1	-1,0	11,1
210	14,4	13,2	13,8	+0,7	14,6	13,3	14,0	+0,9	13,1
240	15,6	14,3	15,0	+1,0	13,0	13,2	13,1	-0,9	14,0
270	14,5	15,6	15,0	+0,7	12,1	13,3	12,7	-1,6	14,3
300	13,4	14,9	14,2	+0,7	13,7	12,5	13,1	-0,4	13,5
330	12,5	11,3	11,9	+0,4	11,4	13,5	12,4	+0,9	11,5

$$(v_{ср. max} - v_{ср. min}) = 10,4''; |v_{ср.} - v_A|_{max} = 2,4''$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Значения  $v_{ср.}$  отдельно по прямому и обратному ходам наносят на график (рис. 19) и проводят от руки аппроксимирующую кривую, близкую по форме к синусоиде.

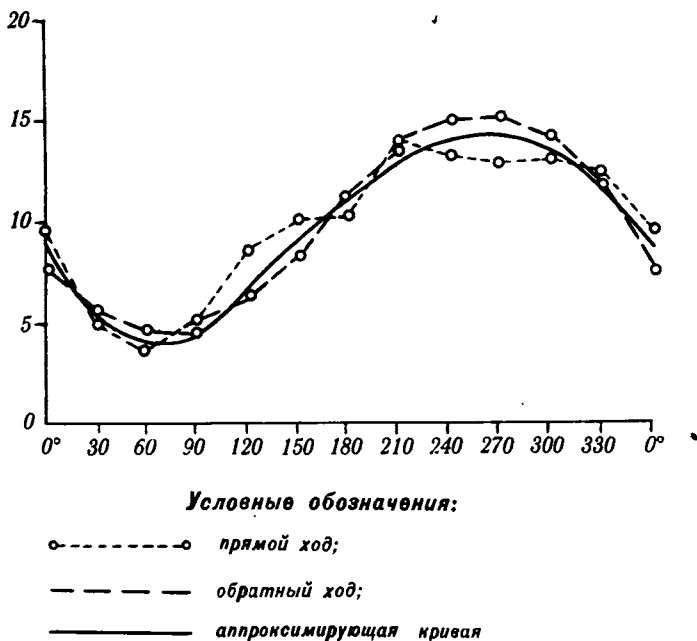


Рис. 19. Эксцентриситет алидады горизонтального круга

Разность между предельными значениями  $v_{\text{ср.}}$  не должна превышать  $30''$ , а отклонения  $v_{\text{ср.}}$  от аппроксимированных значений  $v_A$  не должны превышать  $7''$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КРУГА ТЕОДОЛИТА АУ-2"/10"

**66.** Эксцентриситет горизонтального круга теодолита определяют следующим образом.

При закрепленной алидаде горизонтальный круг переставляют через  $30^\circ$  последовательно в двух прямых и двух обратных полных его оборотах, при этом на каждой установке берут отсчеты по микроскопам А и Б и образуют разности  $v' = m_B - m_A$ . Запись отсчетов по микроскопам и последующую обработку ведут, как показано в табл. 10.

По полученным величинам  $v'$  в прямом и обратном ходах строят график (рис. 20), на котором проводят плавную кривую типа синусоиды и намечают ее ось симметрии. Удвоенная наибольшая ордината синусоиды от оси симметрии  $2f_1$  представляет наибольшее возможное влияние эксцентриситета горизонтального круга на разность отсчетов. Если  $2f_1$  превосходит  $10''$ , то производится подсчет совместного влияния эксцентриситетов алидады и горизонтального круга при наиболее невыгодной его ориентировке на разность отсчетов по микроскопам А и Б. Этот подсчет будет справедлив только в том случае, если горизонтальный круг не смещался после исследования эксцентриситета алидады горизонтального круга. Наиболее невыгодной ориентировкой горизонтального круга будет такая, при которой центр делений горизонтального круга Д и центр вращения алидады А расположатся по разные стороны от центра вращения горизонтального круга Л, причем А, Д и Л лежат на одной прямой.

Наибольшую величину колебаний  $v'$  для данной регулировки и наиболее невыгодной ориентировки лимба подсчитывают следующим образом. По графику выбирают параметры синусоиды  $f_1$  и  $P_1$ , где  $f_1$  — наибольшая ордината синусоиды, отсчитанная от оси её симметрии, а  $P_1$  — абсцисса точки пересечения синусоиды с осью её симметрии, от которой значения  $v'$  начинают возрастать. По значениям  $f_1$  и  $P_1$  и ранее определенным  $f$  и  $P$  (см. табл. 8) строят прямоугольный треугольник АДД, в котором  $АД = f$ ;  $ДЛ = f_1$ ;  $\sphericalangle АДЛ = P - P_1$ . По графику определяют сторону  $АЛ = f_2$  и вычисляют  $F = f_1 + f_2$ .

Величина  $2F$  будет соответствовать наибольшему значению колебания  $v'$  при наиболее невыгодной ориентировке лимба. Она не должна превосходить  $40''$ .

## Исследование эксцентриситета горизонтального круга

АУ-2"/10" № 10071

Уста- линка	Микроскоп А			Микроскоп Б			Уста- линка	Микроскоп А			Микроскоп Б			$v' = m_B - m_A$
	a	b	$m_A = a+b$	a	b	$m_B = a+b$		a	b	$m_A = a+b$	a	b	$m_B = a+b$	
0°	4,3	4,9	9,2"	I прямой ход			180°	11,5	11,5	13,0"	3,1	3,2	6,3"	-6,7"
30	4,8	11,0	10,8	10,1	4,3	9,4"	210	20,4	20,5	20,9	12,1	12,1	14,2	-6,7
60	4,0	4,1	8,1	4,0	3,4	7,4	240	12,8	14,1	16,9	11,4	10,8	12,2	-4,7
90	2,1	2,3	4,4	1,2	0,7	1,9	270	14,3	14,3	18,6	13,7	12,7	16,4	-2,2
120	3,1	4,4	7,5	2,3	1,0	3,3	300	4,1	4,1	8,2	4,2	4,0	8,2	0
150	4,3	10,2	9,5	1,5	0,8	2,3	330	10,9	12,1	13,0	13,1	12,7	15,8	+2,8
0°	1,0	1,9	2,9	II прямой ход			180°	20,2	21,2	21,4	11,8	11,8	13,6	-7,8
30	12,4	13,0	15,4	2,9	1,7	4,6	210	2,0	2,1	4,1	53,0	53,0	56,0	-8,1
60	2,7	2,0	4,7	2,2	2,1	4,3	240	14,9	14,9	19,8	11,4	11,6	13,0	-6,8
90	10,0	10,0	10,0	4,0	3,8	7,8	270	2,2	2,9	5,1	2,3	1,8	4,1	-1,0
120	14,2	14,9	19,1	12,2	11,4	13,6	300	13,6	13,2	16,8	12,7	12,3	15,0	-1,8
150	20,0	20,8	20,8	11,8	11,7	13,5	330	4,4	11,0	10,4	12,0	10,2	12,2	+1,8
330°	4,1	11,0	10,1	I обратный ход			150°	10,2	11,3	11,5	3,0	2,9	5,9	-5,6
300	12,8	13,7	16,5	11,8	10,7	12,5	120	4,0	10,0	9,0	3,1	2,1	5,2	-3,8
270	10,9	11,2	12,1	4,8	8,0	7,8	90	4,8	4,8	9,6	10,8	4,8	10,6	+1,0
240	11,9	12,9	14,8	4,6	3,9	8,5	60	12,9	12,1	15,0	14,3	14,1	18,4	+3,4
210	4,0	4,1	8,1	1,1	0,0	1,1	30	13,1	14,8	17,9	22,4	21,1	23,5	+5,6
180	10,8	12,0	12,8	2,1	0,3	2,4	0	10,2	10,7	10,9	13,0	12,2	15,2	+4,3
330°	4,0	10,1	9,1	II обратный ход			150°	20,7	20,1	20,8	12,2	12,2	14,4	-6,4
300	0,4	1,0	1,4	11,3	10,9	12,2	120	12,1	13,0	15,1	12,0	10,3	12,3	-2,8
270	13,0	14,1	17,1	0,7	0,0	0,7	90	14,8	13,9	18,7	14,6	14,0	18,6	-0,1
240	10,9	11,0	11,9	2,4	1,3	3,7	60	11,7	11,8	13,5	13,2	12,9	16,1	+2,6
210	2,2	3,0	5,2	53,9	53,4	57,3	30	13,8	13,2	17,0	21,9	21,0	22,9	+5,9
180	13,8	14,5	18,3	10,1	4,3	9,4	0	14,1	14,6	18,7	21,1	20,0	21,1	+2,4

Исследования выполнены

Вычисления проверил

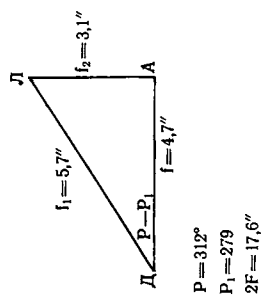
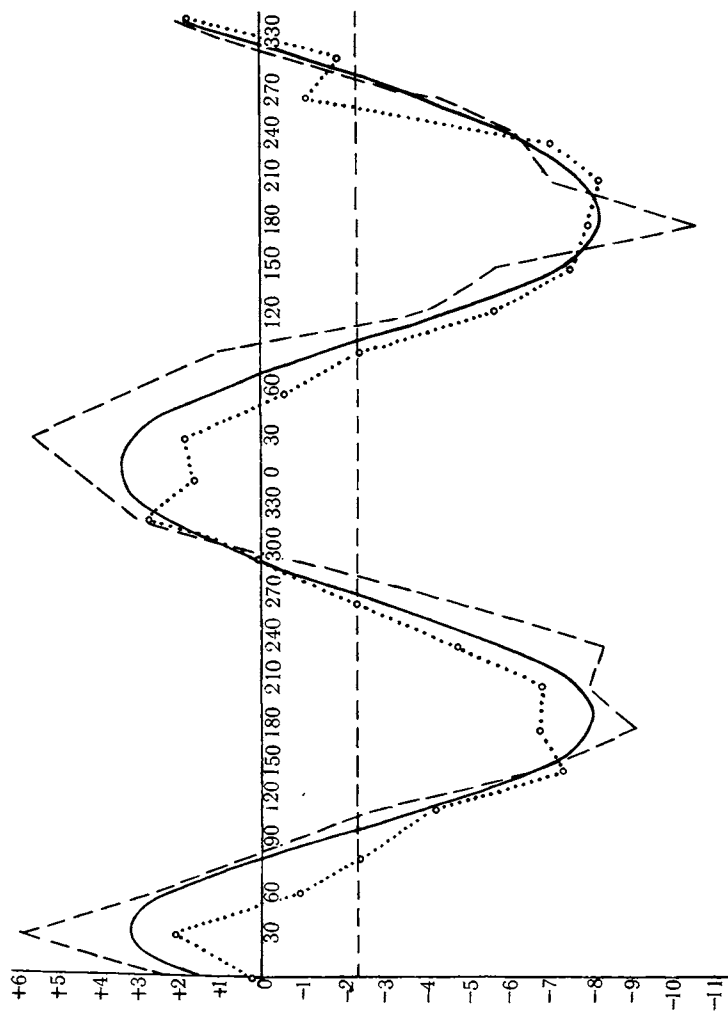


Рис. 20. График величин  $\sigma'$

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КРУГА ТЕОДОЛИТА ДКМЗ-А

67. Исследование эксцентриситета горизонтального круга производится при закрепленной алидаде; горизонтальный круг переставляют через  $30^\circ$  сначала в прямом, затем в обратном ходе. На каждой установке горизонтального круга наводящим винтом алидады совмещают одинарный штрих круга с индексом, имеющим форму треугольника, или с индексом, имеющим отметку «5». При помощи барабана оптического микрометра вводят одинарный штрих в биссектор и снимают отсчет  $\nu$  по шкале оптического микрометра. Измерения на каждой установке производят дважды.

Алидада во время исследования эксцентриситета горизонтального круга перемещается только наводящим винтом в пределах  $1'$  — возможной точности установки горизонтального круга.

Форма записи результатов измерений и их обработка аналогична форме записи и обработке измерений при исследовании эксцентриситета алидады горизонтального круга (см. табл. 9 и рис. 19).

Допуски к результатам исследования эксцентриситета горизонтального круга те же, что и к результатам исследования эксцентриситета алидады.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕНА МИКРОСКОПОВ-МИКРОМЕТРОВ ТЕОДОЛИТА АУ-2"/10"

68. Рен микроскопа-микрометра вычисляют по формуле

$$r = p - \sigma,$$

где  $p = b - a$  — разность отсчетов по барабану микроскопа-микрометра при наведении левого биссектора на младший штрих горизонтального круга ( $a$ ) и правого биссектора — на старший штрих ( $b$ );  
 $\sigma$  — разность между действительным и номинальным расстояниями между биссекторами нитей.

Измерение  $\sigma$  для каждого микроскопа-микрометра производится на шести установках барабана из четырех рядов измерений; два ряда делается на одном штрихе горизонтального круга и два — на другом. Выбрав один из четких штрихов горизонтального круга и установив барабан микроскопа-микрометра на отсчет близкий к «0», вводят наводящим винтом алидады этот штрих в правый биссектор микроскопа. Ввинчиванием микрометричного винта делают по три наведения на штрих горизонтального круга сначала правым биссектором, а затем левым биссектором нитей. Перемещая последовательно биссектор, приблизительно на  $20''$  по шкале барабана, выполняют еще пять групп определений. Запись отсчетов по барабану микроскопа-микрометра и вычисление  $\sigma$  производят по форме, приведенной в табл. 11.

**Определение рена микроскопа-микрометра.  
Измерение  $\sigma$**

АУ-2"/10" № 10071

15 мая 1976 г.

Отсчеты по барабану при наведении на штрих		Правый минус левый $\sigma$	Среднее $\sigma$	Отсчеты по барабану при наведении на штрих		Правый минус левый $\sigma$	Среднее $\sigma$
правого биссектора	левого биссектора			правого биссектора	левого биссектора		
1-я установка 0°0'				Микроскоп А			
1,4	2,0	-0,6		1,4	2,1	-0,7	
1,4	2,2	-0,8		1,4	2,2	-0,8	
1,3	2,2	-0,9	-0,77 <sup>d</sup>	1,5	2,3	-0,8	-0,77 <sup>d</sup>
21,2	21,9	-0,7		21,0	21,4	-0,4	
21,4	22,2	-0,8		21,1	21,8	-0,7	
21,5	22,1	-0,6	-0,70	21,0	21,6	-0,6	-0,57
40,6	41,2	-0,6		40,4	41,6	-1,2	
40,3	40,9	-0,6		40,3	41,0	-0,7	
40,2	41,2	-1,0	-0,73	40,5	41,1	-0,6	-0,83
1,4	2,2	-0,8		0,9	2,2	-1,3	
1,4	2,1	-0,7		1,3	2,2	-0,9	
1,5	2,7	-1,2	-0,90	1,6	2,1	-0,5	-0,90
20,3	21,3	-1,0		21,9	23,0	-1,1	
20,3	21,2	-0,9		21,5	23,0	-1,5	
20,3	20,8	-0,5	-0,80	21,6	22,9	-1,3	-1,30
42,0	42,6	-0,6		42,5	43,3	-0,8	
41,6	42,6	-1,0		42,5	43,5	-1,0	
41,7	42,2	-0,5	-0,70	42,4	43,3	-0,9	-0,90
2-я установка 181°0'				Среднее: -0,82 <sup>d</sup>			
0,9	1,3	-0,4		1,8	2,2	-0,4	
0,9	1,3	-0,4		1,2	2,0	-0,8	
0,6	1,5	-0,9	-0,57	1,5	2,4	-0,9	-0,70
21,3	22,2	-0,9		21,2	21,8	-0,6	
21,4	21,9	-0,5		20,8	21,8	-1,0	
20,8	22,0	-1,2	-0,87	21,0	21,5	-0,5	-0,70
42,3	43,6	-1,3		40,9	41,5	-0,6	
42,7	43,4	-0,7		40,3	41,2	-0,9	
42,8	43,6	-0,8	-0,93	41,7	42,0	-0,3	-0,60
1,6	1,9	-0,3		0,2	1,2	-1,0	
1,0	2,1	-1,1		0,4	1,4	-1,0	
1,4	2,0	-0,6	-0,67	0,7	1,4	-0,7	-0,90
20,8	21,2	-0,4		21,7	22,2	-0,5	
20,8	21,2	-0,4		21,2	21,8	-0,6	
20,6	21,4	-0,8	-0,53	21,2	21,9	-0,7	-0,60
42,0	42,4	-0,4		40,6	42,0	-1,4	
41,8	42,5	-0,7		40,8	41,3	-0,5	
41,9	42,6	-0,7	-0,60	40,9	41,8	-0,9	-0,93
Среднее из двух установок: $\sigma = -0,77^d = -1,54''$				Среднее: -0,72 <sup>d</sup>			

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Для определения  $\rho$  выполняют два ряда наблюдений: один в прямом ходе, второй — в обратном. В прямом ходе алидаду вращают по ходу часовой стрелки, а в обратном — против хода часовой стрелки. При переходе от одной установки к другой барабан микрометра переставляют на  $20''$  в сторону возрастания отсчетов барабана в прямом ходе и в сторону убывания отсчетов — в обратном (табл. 12).

Таблица 12

Таблица установок барабана микроскопа-микрометра  
и алидады горизонтального круга при определении  
рена теодолита АУ-2"/10"

Прямой ход			Обратный ход		
номер установки	установка алидады	установка микрометра	номер установки	установка алидады	установка микрометра
1	0° 0'	0"	24	15° 1'	0"
2	30 5	20	23	45 6	20
3	60 10	40	22	75 11	40
4	90 16	0	21	105 17	0
5	120 21	20	20	135 22	20
6	150 26	40	19	165 27	40
7	180 32	0	18	195 33	0
8	210, 37	20	17	225 38	20
9	240 42	40	16	255 43	40
10	270 48	0	15	285 49	0
11	300 53	20	14	315 54	20
12	330 58	40	13	345 59	40

При каждой установке алидады ввинчиванием винта микрометра наводят три раза последовательно левым биссектором нитей на младший штрих и правым биссектором на старший штрих горизонтального круга. Запись отсчетов по барабану микроскопа-микрометра и вычисление  $\rho$  производят по форме, приведенной в табл. 13.

Используя средние значения  $\rho$  и  $\sigma$ , вычисляют рен  $r$  микроскопа-микрометра в делениях барабана и в секундах дуги.

## Определение рена микроскопа-микрометра

АУ-2"/10"

№ 10071

15 мая 1976 г.

Прямой ход					Обратный ход				
отсчет в нуль- пункте	a	b	b-a	среднее	отсчет в нуль- пункте	a	b	b-a	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0° 0'	Микроскоп А				15° 01'				
	2,0	0,8	-1,2			3,0	1,2	-1,8	
	2,2	0,8	-1,4			2,6	1,0	-1,6	
	2,0	0,8	-1,2	-1,27 <sup>д</sup>		2,0	1,0	-1,0	-1,47 <sup>д</sup>
30 5	22,4	22,5	+0,1		45 06	24,0	24,0	0,0	
	22,4	22,4	0,0			23,4	24,0	+0,6	
	22,6	22,9	+0,3	+0,13		24,0	24,0	0,0	+0,20
60 10	43,0	41,0	-2,0		75 11	43,0	41,0	-2,0	
	42,8	40,8	-2,0			43,0	41,6	-1,4	
	42,8	40,9	-1,9	-1,97		42,2	40,8	-1,4	-1,60
90 16	4,0	2,8	-1,2		105 17	2,4	1,6	-0,8	
	3,5	2,6	-0,9			2,8	1,2	-1,6	
	4,2	2,2	-1,8	-1,30		3,0	1,8	-1,2	-1,20
120 21	23,2	22,2	-1,0		135 22	24,4	24,0	-0,4	
	23,0	22,0	-1,0			24,0	24,0	0,0	
	23,0	22,2	-0,8	-0,93		24,0	24,0	0,0	-0,13
150 26	43,0	41,5	-1,5		165 27	42,0	41,2	-0,8	
	43,0	41,2	-1,8			42,4	41,0	-1,4	
	42,8	41,2	-1,6	-1,63		42,2	41,8	-0,4	-0,87
180 32	2,2	2,0	-0,2		195 33	3,9	2,0	-1,9	
	3,0	1,6	-1,4			3,0	1,8	-1,2	
	2,9	1,9	-1,0	-0,87		3,1	1,7	-1,4	-1,50
210 37	23,0	23,0	0,0		225 38	23,0	23,4	+0,4	
	22,8	22,5	-0,3			23,5	23,4	-0,1	
	22,4	23,0	+0,6	+0,10		23,2	23,6	+0,4	+0,23
240 42	43,0	40,2	-2,8		255 43	42,4	40,2	-2,2	
	42,9	40,4	-2,5			42,2	41,0	-1,2	
	43,0	40,6	-2,4	-2,57		42,8	40,6	-2,2	-1,87
270 48	4,8	4,0	-0,8		285 49	3,9	3,2	-0,7	
	4,4	3,5	-0,9			3,0	3,0	0,0	
	4,0	3,4	-0,6	-0,77		3,0	3,0	0,0	-0,23
300 53	23,0	22,0	-1,0		315 54	22,0	22,4	+0,4	
	22,2	22,0	-0,2			22,6	22,5	-0,1	
	22,0	22,0	0,0	-0,40		22,0	23,0	+1,0	+0,43
330 58	43,4	42,0	-1,4		345 59	42,9	41,5	-1,4	
	43,8	42,8	-1,0			43,0	41,6	-1,4	
	43,8	42,0	-1,8	-1,40		42,5	41,0	-1,5	-1,43

Среднее:  $-1,07^{\text{д}}$ Среднее:  $-0,79^{\text{д}}$ Среднее из прямого и обратного ходов:  $r = -0,93^{\text{д}}$ .Рен микроскопа А:  $r = r - a = -0,93^{\text{д}} + 0,77^{\text{д}} = -0,16^{\text{д}} = -0,32^{\text{д}}$ 

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_



Если значение рена превышает 1", то его исправляют. Для этого ослабляют винт, стягивающий нижнюю обойму микроскопа, настолько, чтобы можно было двигать объективную трубочку. Причем под действием силы тяжести она не должна перемещаться в обойме. Объективную трубочку вдвигают при наличии отрицательного рена и выдвигают при положительном рене; при этом изображение штрихов горизонтального круга становится не резким. Ослабив винт, стягивающий верхнюю обойму микроскопа, перемещают весь микроскоп настолько, чтобы изображения штрихов снова стали резкими. Если объективная трубочка была вдвинута в микроскоп, поднята, то для достижения резкого изображения штрихов горизонтального круга весь микроскоп должен быть опущен. При необходимости поворотом всего микроскопа добиваются параллельности нитей биссекторов штрихам лимба. Слегка закрепив микроскоп в обоймах, снова определяют  $\rho$  на нескольких местах горизонтального круга и, убедившись в достаточности произведенного исправления, окончательно закрепляют микроскоп в обоймах и приступают к окончательному определению  $\rho$  по полной программе.

Если сумма ренов двух микроскопов по абсолютной величине менее 0,5", то в отсчеты по горизонтальному кругу поправка за рен не вводится, если больше, то поправка  $\Delta r$  за рен в отсчет по барабану микроскопа-микрометра вводится по формуле

$$\Delta r'' = \frac{r''}{n'} \left( \frac{a+b}{2} \right)',$$

где  $n$  — наименьшее деление лимба горизонтального круга.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ОБОРОТА БАРАБАНА КОНТАКТНОГО (ОКУЛЯРНОГО) МИКРОМЕТРА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗВЕЗД В ЭЛОНГАЦИИ

69. Для наблюдения звезд в элонгации используются приведенные в приложении 1 эфемериды 20-ти звезд, имеющих элонгации на широтах от 30 до 70°.

В случае необходимости эфемериды звезд в момент их элонгации могут быть вычислены по формулам:

$$\cos t = \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{ctg} \delta \quad (t < 6^h);$$

$$s_W = \alpha + t; \quad s_E = \alpha - t;$$

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \operatorname{cosec} \delta;$$

$$\sin a' = \cos \delta \cdot \sec \varphi \quad (a' < 90^\circ);$$

$$a_W = 180^\circ - a'; \quad a_E = 180^\circ + a',$$

где индексом  $W$  обозначены местное звездное время и азимут звезды в момент западной элонгации, а индексом  $E$  — в момент восточной элонгации. Азимуты  $a$  отсчитываются от точки юга.

Перед наблюдениями теодолит горизонтируют, коробку микрометра устанавливают так, чтобы погрешность установки подвижной нити в горизонтальное положение была менее  $15'$ . Зрительную трубу теодолита устанавливают по эфемеридам  $z$  и  $a$  наблюдаемой звезды, талькоттовский уровень закрепляют на оси и его пузырек приводят на середину.

Далее устанавливают подвижную нить микрометра навстречу ожидаемому направлению движения звезды на 4—5 оборотов винта от нульпункта (для теодолита ДКМЗ-А на отсчеты 6—5 или 14—15) при положении барабана микрометра точно на нуле делений. При подходе звезды к подвижной нити берут счет хронометра и отмечают момент прохождения звезды через нить; записывают в журнал отмеченный момент и показания талькоттовского уровня. Затем переставляют подвижную нить в сторону видимого движения звезды, в зависимости от скорости этого движения точно на пол-оборота или целый оборот, снова отмечают момент прохождения звезды через нить и записывают показания хронометра и уровня. Наблюдение звезды продолжается на протяжении 8—10 оборотов винта микрометра.

Образец записи наблюдений и их обработки приведен в табл. 14.

Значение цены оборота барабана микрометра получают как среднее из ее определений по четырем звездам. Цену оборота из наблюдения одной звезды вычисляют в следующем порядке.

Вычисляют с точностью до  $0,1^s$  показание хронометра  $T_0$  в момент элонгации с учетом его поправки  $u$

$$T_0 = s_{w(E)} - u.$$

Для каждого момента прохождения звезды через нить вычисляют

$$\Delta T_i = T_i - T_0$$

и

$$\delta T_i = \Delta T_i - C_i + \Delta_i.$$

Величину  $C_i = \frac{1}{6} 15^2 \sin^2 1'' (\Delta T_i)^3$  берут из приложения 2 по аргументу  $\Delta T_i$ , а  $\Delta_i$  — поправку за наклонность трубы вычисляют по формуле

$$\Delta_i^s = b_i \frac{\tau''}{30 \cos \delta},$$

где  $b_i$  — наклонность трубы (в полуделениях талькоттовского уровня);

$\tau''$  — цена деления уровня, *секунды дуги*.

**Определение цены оборота барабана контактного микрометра  
по наблюдениям звезд в элонгации**

АУ-2"/10" № 10071

5/6 июля 1976 г.

 $\varphi = 51^{\circ}18'18''$ ;  $\lambda = 4^{\text{h}}30^{\text{m}}$ ;  $u = -8,0^{\text{s}}$ ;  $\tau = 1,24''$ ;  $b = (\text{Л} + \text{П}) - 35$ Наблюдения произведены на зенитном расстоянии  $z = 38^{\circ}07'$ 

Обороты $M$	$T$	Отсчеты по уровню	$b$	$\Delta T$	$C$	$\Delta t$	$\delta T$	$\Delta M$	$\Delta s$
	$^{\text{h}} \text{ } ^{\text{m}} \text{ } ^{\text{s}}$			$^{\text{m}} \text{ } ^{\text{s}}$	$^{\text{s}}$	$^{\text{s}}$	$^{\text{s}}$		$^{\text{s}}$
5,0	15 45 12,0	27,9—6,6	-0,5	-4 36,9	+0,02	-0,16	-277,04	+5,0	+304,25
5,5	45 42,0	"	-0,5	-4 6,9	+0,01	-0,16	-247,05	+4,5	+274,26
6,0	46 12,5	"	-0,5	-3 36,4	+0,01	-0,16	-216,55	+4,0	+243,76
6,5	46 43,5	"	-0,5	-3 5,4	0	-0,16	-185,56	+3,5	+212,77
7,0	47 13,5	"	-0,5	-2 35,4	0	-0,16	-155,56	+3,0	+182,77
7,5	47 44,0	"	-0,5	-2 4,9	0	-0,16	-125,06	+2,5	+152,27
8,0	48 14,0	"	-0,5	-1 34,9	0	-0,16	-95,06	+2,0	+122,27
8,5	48 44,5	"	-0,5	-1 4,4	0	-0,16	-64,56	+1,5	+91,77
9,0	49 15,5	27,9—6,7	-0,4	-0 33,4	0	-0,13	-33,53	+1,0	+60,74
9,5	49 46,0	"	-0,4	-0 2,9	0	-0,13	-3,03	+0,5	+30,34
10,0	50 16,0	28,0—6,8	-0,2	+0 27,1	0	-0,07	+27,03	0,0	+0,18
10,5	50 46,5	28,1—6,9	0,0	+0 57,6	0	0	+57,60	-0,5	-30,39
11,0	51 17,0	28,1—7,0	+0,1	+1 28,1	0	+0,03	+88,13	-1,0	-60,92
11,5	51 47,0	"	+0,1	+1 58,1	0	+0,03	+118,13	-1,5	-90,92
12,0	52 18,0	"	+0,1	+2 29,1	0	+0,03	+149,13	-2,0	-121,92
12,5	52 48,5	"	+0,1	+2 59,6	0	+0,03	+179,63	-2,5	-152,42
13,0	53 19,0	"	+0,1	+3 30,1	-0,01	+0,03	+210,12	-3,0	-182,91
13,5	53 49,0	28,4—7,2	+0,6	+4 0,1	-0,01	+0,20	+240,29	-3,5	-213,08
14,0	54 20,0	"	+0,6	+4 31,1	-02	+0,20	+271,28	-4,0	-244,07
14,5	54 50,5	"	+0,6	+5 1,6	-02	+0,20	+301,78	-4,5	-274,57
15,0	55 20,0	"	+0,6	+5 31,1	-03	+0,20	+331,27	-5,0	-304,06
$M_{\text{ср. } 10,0}$						$\delta T_{\text{ср.}} = +27,21^{\text{s}}$			

$$\alpha = 10^{\text{h}}26^{\text{m}}8,4^{\text{s}}; \quad \delta = 82^{\circ}46'09,3''; \quad \frac{\tau}{30 \cos \delta} = 0,3284;$$

$\text{tg } \varphi$	1,248427;	$t$	$5^{\text{h}}23^{\text{m}}32,5^{\text{s}};$
$\text{ctg } \delta$	0,126874;	$a$	10 26 08,4;
$\cos t$	0,158393;	$-u$	08,0;
			$T_0 = 15^{\text{h}}49^{\text{m}}48,9^{\text{s}};$

$$\cos \delta = 0,125 \ 865; \quad 15 \cos \delta = 1,887 \ 975; \quad r = \frac{60,92 \cdot 1,888}{60} 0,0283 = 0,054'';$$

$$[\Delta M \Delta s] = 11726,2360; \quad [\Delta M^2] = 192,5000;$$

$$R^s = \frac{11726,2360}{192,5000} = 60,9155^{\text{s}};$$

$$R'' = 60,9155 \cdot 1,887975 - 0,054 = 115,007 - 0,054 = 114,953''.$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Наклонность  $b$  вычисляется по следующим формулам:

— звезда наблюдалась в восточной элонгации:

а) нуль делений уровня вблизи объектива

$$b = (Л + П) - (m_1 + m_2);$$

б) нуль делений уровня вдали от объектива

$$b = (m_1 + m_2) - (Л + П);$$

— звезда наблюдалась в западной элонгации:

а) нуль делений уровня вблизи объектива

$$b = (m_1 + m_2) - (Л + П);$$

б) нуль делений уровня вдали от объектива

$$b = (Л + П) - (m_1 + m_2).$$

В формулах  $Л$  и  $П$  — отсчеты соответственно по левому и правому концам пузырька уровня,  $m_1$  и  $m_2$  — наименьшая и наибольшая надписи на ампуле уровня.

Далее вычисляют величины:

$$\delta T_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [\delta T_i] \text{ и } \Delta s_i = \delta T_{\text{ср.}} - \delta T_i;$$

$$M_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [M_i] \text{ и } \Delta M_i = M_{\text{ср.}} - M_i,$$

где  $M$  — установка подвижной нити, выраженная в оборотах барабана.

Цену оборота барабана микрометра из наблюдения одной звезды находят по формуле

$$R'' = R^s 15 \cos \delta - r,$$

где  $R^s = [\Delta M_i \cdot \Delta s_i] : [\Delta M_i^2];$

$r = \frac{15 R^s \cos \delta}{60} dr$  ( $dr$  выбирают из приложения 3 по аргументу  $z$ ).

Окончательное значение цены оборота барабана контактного (окулярного) микрометра подсчитывают как среднее арифметическое из наблюдений всех звезд. Значения цены оборота по отдельным звездам не должны отличаться более чем на  $0,15''$ .

# **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ОБОРОТА БАРАБАНА КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ЗВЕЗД В МЕРИДИАНЕ**

70. Перед определением теодолит горизонтируют и визирную ось теодолита устанавливают в меридиане с погрешностью не более 1', чтобы не учитывать поправку хронометра. Для определения используются звезды с зенитными расстояниями от 0 до 40° и склонениями не более 75°.

С приближением изображения наблюдаемой звезды к ограничительной нити (у теодолита АУ-2"/10"), к штриху «5» или «15» шкалы оборотов (у теодолита ДКМЗ-А) наводят подвижную нить на изображение звезды и удерживают на ней в пределах 10—12 оборотов.

При обработке с хронографической ленты выписывают для каждого контакта моменты наблюдений, которые затем осредняют по каждому обороту  $i$  винта микрометра в отдельности (значения  $T_i$  в табл. 15).

Для полного определения цены оборота барабана контактного микрометра требуется произвести наблюдения не менее трех звезд. Цену оборота вычисляют по наблюдениям каждой звезды. Значения цены оборота по наблюдениям отдельных звезд на данном пункте не должны расходиться между собой больше чем на 0,15". Из результатов наблюдений звезд выводят среднее значение.

Для вычисления цены оборота по наблюдениям одной звезды принимается четное число  $n$  моментов  $T_i$  и с ними вычисляется  $\frac{n}{2}$  интервалов времени вида  $(T_{\frac{n}{2}+i} - T_i)$ , выраженных в секундах времени. При нечетном числе моментов средний из них в обработку не включается.

По каждому интервалу времени вычисляются значения цены оборота барабана микрометра

$$R_i = \frac{15 \cos \delta}{\frac{n}{2}} (T_{\frac{n}{2}+i} - T_i).$$

Цена оборота барабана микрометра из наблюдений одной звезды вычисляется по формулам:

$$R = R' - \Delta R_p;$$

$$R' = \frac{\sum R_i}{\frac{n}{2}};$$

$$\Delta R_p = \frac{R'}{3600}.$$

Пример вычисления приведен в табл. 15.

**Определение цены оборота барабана  
контактного микрометра**

АУ-2"/10" № 2672

11—12 августа 1976 г.

Звезда № 432 АЕ;

 $\delta = 56^\circ 52' 56''$ ;15 cos  $\delta = 8,1954$ 

$T$	$T$	$T$	$T$
$17^h 51^m 7,59^s$	$17^h 51^m 49,46^s$	$17^h 52^m 31,57^s$	$17^h 53^m 13,53^s$
10,48	52,53	34,35	16,45
13,25	55,16	37,16	19,25
16,12	58,05	40,00	21,85
18,86	60,81	42,72	24,68
$T_l$ (1) $51^m 13,27^s$	(4) $51^m 55,20^s$	(7) $52^m 37,16^s$	(10) $53^m 19,15^s$
$17^h 51^m 21,62^s$	$17^h 52^m 3,58^s$	$17^h 52^m 45,17^s$	$17^h 53^m 27,30^s$
24,45	6,32	48,29	30,41
27,23	9,18	51,11	33,03
30,07	11,86	53,92	36,00
32,68	14,61	56,63	38,80
$T_l$ (2) $51^m 27,21^s$	(5) $52^m 9,11^s$	(8) $52^m 51,08^s$	(11) $53^m 33,11^s$
$17^h 51^m 35,74^s$	$17^h 52^m 17,62^s$	$17^h 52^m 59,27^s$	$17^h 53^m 41,53^s$
38,23	20,49	53 2,41	44,15
41,28	23,16	5,10	47,06
44,08	25,83	7,88	49,81
46,68	28,58	10,77	52,58
$T_l$ (3) $51^m 41,20^s$	(6) $52^m 23,14^s$	(9) $53^m 5,09^s$	(12) $53^m 47,03^s$

Номера оборотов	7—1	8—2	9—3	10—4	11—5	12—6
Интервалы времени $T_{\frac{n}{2} + i} - T_l$	83,89	83,87	83,89	83,95	84,00	83,89
$R_l$	114,585	114,558	114,585	114,667	114,736	114,585

$$R' = 114,619''$$

$$\triangle R_p = -0,032$$

$$R = 114,587''$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ОБОРОТА БАРАБАНА КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА С ПОМОЩЬЮ КОЛЛИМАТОРА

71. Цену оборота  $R$  контактного микрометра в лабораторных условиях определяют с помощью коллиматора четырьмя приемами с перестановкой горизонтального круга между ними через  $45^\circ$ , при этом контактный микрометр переставляют через 25 делений барабана для АУ-2"/10" и через 30 делений — для ДКМЗ-А.

Установки горизонтального круга и барабана микрометра для теодолита АУ-2"/10" приведены в табл. 16.

Таблица 16

Номер приема	Установка горизонтального круга	Установка контактного микрометра, обороты				
I	$0^\circ$	8,50	9,50	10,50	11,50	12,50
II	45	8,25	9,25	10,25	11,25	12,25
III	90	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
IV	135	7,75	8,75	9,75	10,75	11,75

В каждом приеме делают прямой и обратный ход.

Определение цены оборота барабана контактного микрометра выполняют в такой последовательности.

Теодолит и коллиматор, сфокусированные на бесконечность, устанавливают на устойчивых основаниях на расстояние 4—8 м друг от друга. Теодолит горизонтируют, барабан микрометра устанавливают на заданный отсчет, вращением алидады наводят биссектор микрометра на нить коллиматора и устанавливают горизонтальный круг на отсчет в соответствии с программой. Три раза наводят подвижным биссектором контактного микрометра на вертикальную нить коллиматора и берут отсчеты по барабану микрометра. Отсчитывают по микроскопам-микрометрам горизонтального круга. Затем ставят барабан микрометра на следующий отсчет. Наводящим винтом алидады снова наводят биссектор на нить коллиматора. Делают три совмещения биссектора с нитью с отсчетами по барабану. Берут отсчеты по горизонтальному кругу и продолжают измерения в том же порядке. Запись результатов измерений ведут по форме табл. 17.

По окончании измерений определяют зенитное расстояние  $z$  горизонтальной нити коллиматора.

Определение цены оборота барабана контактного микрометра

АУ-2"/10" № 10071

Прямой ход			Обратный ход			m	Δ m	N	Δ N
отсчеты по микрометру	микроскоп А	микро-скоп В	отсчеты по микрометру	микроскоп А	микро-скоп В				
IV прием									
7,758	135°0'14,2"	22,0"	7,744	135°0'14,1"	21,8"	7,7478	+2,0026	21,35	+199,15"
750	14,4	22,8	741	14,1	21,9				
754			740						
7,7540	18,6"	24,8"	7,7417	18,2"	23,7"	8,7496	+1,0008	121,20	+99,30
8,758	2 0,0	2,9	8,740	1 54,0	0,8				
760	1 54,9	2,5	740	53,7	1,0				
8,7593	1 59,9	5,4	8,7400	57,7	1,8	9,7575	—0,0071	221,00	—0,50
9,760	3 34,0	42,0	9,752	3 34,4	41,6				
760	34,0	41,8	753	34,1	41,8				
9,7600	38,0	43,8	9,7550	38,8	43,4	10,7466	—0,9962	319,60	—99,10
10,744	5 13,8	21,0	10,750	5 13,0	20,4				
746	14,0	21,5	749	13,4	21,2				
743			748			11,7504	—2,0000	419,35	—198,85
10,7443	17,5	22,5	10,7490	16,4	21,6				
11,740	6 53,0	0,0	11,758	6 53,4	1,4				
744	53,2	0,7	758	54,0	1,8	11,7504		N <sub>ср.</sub> 220,50"	
744			758						
11,7427	56,2	0,7	11,7580	57,4	3,2				

m<sub>ср.</sub> = 9,7504

N<sub>ср.</sub> = 220,50"

[Δm ΔN] = 994,6242

[Δm<sup>2</sup>] = 10,0045

R' IV = 99,418"

z = 87°50'

τ = 0,25 мм

F = 520 мм

R<sub>прибл.</sub> = 99,2"

[σ<sup>2</sup>] = 0,005985

M = √ [σ<sup>2</sup>] / (n(n-1)) = 0,032"

R = R' cp. sin z = 99,361" = 6,6245

Номер приема	R'	v
I	99,493"	—0,062"
II	425	+ 006
III	387	+ 044
IV	418	+ 013
ср.	99,431"	+ 0,001"

Исследования выполнены

Вычисления проверил



Обработку наблюдений каждого приема производят в соответствии с формулами:

$$\Delta N_i = N_{\text{ср.}} - N_i; \quad \Delta m_i = m_{\text{ср.}} - m_i; \quad N_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [N_i];$$

$$m_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [m_i]; \quad R' = \frac{[\Delta N \Delta m]}{[\Delta m^2]}; \quad R = R'_{\text{ср.}} \sin z;$$

$$R'_{\text{ср.}} = \frac{1}{4} (R'_I + R'_{II} + R'_{III} + R'_{IV}),$$

где  $N_i$  — средний отсчет по горизонтальному кругу из прямого и обратного ходов для  $i$ -й установки теодолита;

$m_i$  — средний отсчет по барабану контактного микрометра для  $i$ -й установки.

Значения цены оборота микрометра, полученные по отдельным приемам, не должны расходиться между собой больше чем на  $0,15''$ .

Цену оборота проверяют по приближенной формуле

$$R''_{\text{прибл.}} = \frac{\tau}{F} \rho'',$$

где  $\tau$  — шаг винта микрометра;

$F$  — фокусное расстояние объектива исследуемого теодолита в тех же единицах, что и  $\tau$ .

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕРТВОГО ХОДА МИКРОМЕТРЕННОГО ВИНТА КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА

**72.** Для определения мертвого хода (МХ) микрометричного винта контактного микрометра теодолита АУ-2"/10" производится наведение одиночной подвижной нити на координатные биссекторы сначала на ввинчивание, а затем на вывинчивание винта микрометра. Мертвый ход контактного микрометра теодолита ДКМЗ-А определяется наведением подвижного биссектора на штрихи «9» и «11» шкалы оборотов. При каждом наведении производят отсчет по барабану микрометра. Такие пары наведений выполняют одну за другой по 10 раз на каждый координатный биссектор или штрих. Разность отсчетов «ввинчивание минус вывинчивание» дает величину мертвого хода в долях оборота микрометричного винта. Для получения мертвого хода в секундах времени его величина умножается на цену оборота микрометричного винта  $R$ , выраженную в секундах времени.

Определение мертвого хода контактного микрометра производят при трех установках зрительной трубы теодолита по зенитному расстоянию: 0, 45 и 90°. Если при этом будет обнаружено изменение величины мертвого хода больше  $0,1^{\circ}$ , то работа с таким микрометром не допускается. Величина мертвого хода винта не должна превышать  $0,5^{\circ}$  отсчетного барабана.

В табл. 18 приведен пример определения мертвого хода микрометричного винта контактного микрометра теодолита АУ-2"/10".

**Определение мертвого хода микрометричного винта  
контактного микрометра**

АУ-2"/10" № 10071

21 мая 1976 г.

Установка  $z = 0^\circ$  $R = 6,624^s$  $t = +6^\circ\text{C}$ 

№ п/п	Ввинчи- вание	Вывин- чивание	МХ	Ввинчи- вание	Вывин- чивание	МХ
1	9,9 <sup>д</sup>	10,2 <sup>д</sup>	-0,3 <sup>д</sup>	72,0 <sup>д</sup>	72,2 <sup>д</sup>	-0,2 <sup>д</sup>
2	10,0	10,2	2	72,1	72,3	2
3	9,8	10,0	2	72,1	72,4	3
4	9,7	10,0	3	72,3	72,4	1
5	9,7	10,0	3	72,2	72,4	2
6	10,0	10,1	1	72,1	72,3	2
7	9,8	10,2	4	72,1	72,4	3
8	10,0	10,2	2	72,3	72,5	2
9	10,0	10,0	0	72,5	72,5	0
10	10,1	10,2	-0,1	72,3	72,5	-0,2
			Среднее: -0,21 <sup>д</sup>		Среднее: -0,19 <sup>д</sup>	

Установка	МХ
0°	-0,0020 <sup>об</sup>
45	22
90	23
Среднее: -0,00217 <sup>об</sup>	

$$\text{МХ} = -0,00217 \times 6,624 = -0,0144^s$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ КОНТАКТА КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА**

73. Под шириной контакта (ШК) у теодолита АУ-2"/10" следует понимать среднее значение интервала разомкнутого состояния, а у теодолита ДКМЗ-А — замкнутого состояния электрической цепи контактного микрометра, выраженное в долях оборота микрометричного винта.

Для определения ШК подключают контактный микрометр к регистрирующему устройству, которое будет использоваться при наблюдениях звезд. Для теодолита АУ-2"/10" из положения «цепь

микрометра замкнута» медленно вращают микрометрический винт в прямом направлении до момента срабатывания регистрирующего устройства и производят отсчет по шкале контактного микрометра до десятых долей деления. Немного провернув микрометрический винт в том же направлении, медленно вращают его в обратном направлении до момента срабатывания регистрирующего устройства и производят отсчет по шкале контактного микрометра. Таким образом последовательно измеряют ширину всех рабочих контактов на двух центральных оборотах винта микрометра. Для теодолита ДКМЗ-А измерения ширины контактов производят аналогичным образом, но начинают из положения «цепь микрометра разомкнута».

Разность отсчетов «завинчивание винта минус вывинчивание винта» (абсолютная величина) дает ширину каждого контакта. За окончательное значение ширины контакта принимают среднее из ШК по двум оборотам винта микрометра, которое выражают в долях оборота барабана микрометра. Для перевода в секунды времени значение ШК умножают на цену оборота  $R$  барабана микрометра, выраженную в секундах времени.

Пример определения ШК приведен в табл. 19.

Таблица 19

Определение ШК контактного микрометра

АУ-2"/10"

№ 10071

21 мая 1976 г.

$$R = 7,663^s$$

Номер контакта	Размыкание в прямом ходе	Размыкание в обратном ходе	ШК	Размыкание в прямом ходе	Размыкание в обратном ходе	ШК	ШК <sub>ср.</sub>
	10 оборот				11 оборот		
1	84,7 <sup>0</sup>	86,1 <sup>0</sup>	1,4 <sup>0</sup>	84,7 <sup>0</sup>	86,0 <sup>0</sup>	1,3 <sup>0</sup>	1,35 <sup>0</sup>
2	4,6	5,9	1,3	4,6	6,0	1,4	35
3	24,7	26,0	1,3	24,8	26,1	1,3	30
4	44,8	46,0	1,2	44,7	45,9	1,2	20
5	64,9	66,1	1,2	64,9	66,1	1,2	20
							Среднее: 1,28 <sup>0</sup>

$$\text{ШК} = 0,0128 \times 7,663^s = 0,0981^s$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ  $r$  БАРАБАНА ПОВОРОТНОГО  
МИКРОМЕТРЕННОГО ВИНТА  
КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА ТЕОДОЛИТА АУ-2"/10"**

**74.** Постоянной  $r$  барабана поворотного микрометричного винта называется число делений барабана, на которое нужно повернуть его микрометричный винт для исправления наклона подвижной нити на угол, соответствующий одному делению барабана микрометричного винта контактного микрометра.

Чтобы определить постоянную  $r$  барабана поворотного микрометричного винта необходимо измерить наклон подвижной нити на нескольких установках барабана. Для этого на некотором расстоянии от теодолита устанавливают точечный источник света, зенитное расстояние которого близко к  $90^\circ$ . Теодолит тщательно горизонтируют, ослабляют закрепительные винты, соединяющие коробку микрометра с его тубусом, и устанавливают барабан поворотного микрометричного винта ввинчиванием на нуль. Наводят правый конец подвижной нити микрометра (около края поля зрения) на выбранный точечный источник света и с точностью до  $10''$  берут отсчет по горизонтальному кругу теодолита. Затем в этом положении трубы микрометричным винтом контактного микрометра правым концом подвижной нити наводят последовательно три раза на изображение источника света, беря каждый раз отсчеты по барабану. Из этих отсчетов берут среднее  $p$ . Алидаду теодолита поворачивают по азимуту на  $30'$  таким образом, чтобы изображение источника света переместилось вдоль подвижной нити на левый ее конец. Подвижную нить снова трижды наводят на изображение источника света, беря каждый раз отсчеты по барабану. По этим отсчетам находят среднее  $l$ , а затем вычисляют наклон к горизонту подвижной нити по формуле

$$h = p - l.$$

Барабан поворотного микрометричного винта переставляют ввинчиванием на 20 делений и вновь повторяют все перечисленные выше действия. Для полного определения величины  $r$  такие измерения выполняют на полном обороте винта через каждые 20 делений.

Вычисление цены деления поворотного микрометричного винта (табл. 20) производится по формуле

$$r = - \frac{[\Delta d^2]}{100 [\Delta d \cdot \Delta h]},$$

где

$$\Delta d = d_{\text{ср.}} - d_i; \quad d_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [d_i];$$

$$\Delta h = h_{\text{ср.}} - h_i; \quad h_{\text{ср.}} = \frac{1}{n} [h_i];$$

$d_i$  — установка барабана поворотного микрометричного винта в делениях;

$n$  — число установок.

**Определение постоянной  $r$  барабана поворотного микрометричного винта  
контактного микрометра**

АУ-2"/10"

№ 10071

21 мая 1976 г.

$d$	$\pi$	$l$	$h$
$0^\circ$	0,930 <sup>06</sup> 927 935	1,054 <sup>06</sup> 052 050	
Среднее: 0,931		1,052	—0,121 <sup>06</sup>
$20^\circ$	0,868 870 865	1,122 118 125	
Среднее: 0,868		1,122	—0,254 <sup>06</sup>
$40^\circ$	0,806 800 800	1,196 192 195	
Среднее: 0,802		1,194	—0,392 <sup>06</sup>
$60^\circ$	0,742 737 740	1,262 258 263	
Среднее: 0,740		1,261	—0,521 <sup>06</sup>
$d$	$\Delta d$	$h$	$\Delta h$
$0^\circ$	+ 30 <sup>0</sup>	—0,121 <sup>06</sup>	—0,201 <sup>06</sup>
20	+ 10	254	—0,068
40	— 10	392	+0,070
60	— 30	521	+0,199
$d_{\text{ср.}}=30^\circ$	00 <sup>06</sup>	$h_{\text{ср.}}=-0,322^{06}$	0,000 <sup>06</sup>

$$[\Delta d^2]=2000; \quad [\Delta d \Delta h]=-13,38; \quad r=1,49^\circ$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ПО СПОСОБУ КОМСТОКА

75. Определение цены деления уровня по способу Комстока следует производить при минимальных изменениях температуры воздуха, обычно в пасмурную погоду или ночью.

На местности выбирают хорошо видимый предмет или выставляют визирную марку. Теодолит устанавливают на устойчивом столбе или штативе так, чтобы один из его подъемных винтов находился в плоскости, проходящей через вертикальную ось теодолита и визирную марку. Теодолит тщательно горизонтируют, а затем зрительную трубу наводят на визирную марку и берут отсчеты по вертикальному кругу. После этого наводящим винтом зрительной трубы наклоняют ее примерно на  $1^\circ$  для теодолита АУ-2"/10" или на  $10'$  — для ДКМЗ-А и снова берут отсчеты по вертикальному кругу. Вращая подъемный винт, который находится в визирной плоскости (под трубой), наклоняют теодолит до тех пор, пока зрительная труба не окажется снова наведенной на визирную марку. Вращая алидаду теодолита в ту или другую сторону от направления на визирную марку, находят такое положение, соответствующее отсчету  $A_1$  по горизонтальному кругу, при котором пузырек исследуемого уровня займет одно из крайних положений в пределах рабочей части шкалы. Угол поворота от направления на марку будет около  $0^\circ$ , если исследуется наклонный уровень, и около  $90^\circ$ , если исследуется уровень Талькотта. Далее вращением наводящего винта алидады перегоняют пузырек уровня в крайнее положение на другом конце шкалы уровня. При этом замечают соответствующий такому положению отсчет  $A_2$  по горизонтальному кругу. Отсчеты  $A_1$  и  $A_2$  берут до целых минут, причем их подбирают так, чтобы угол  $(A_2 - A_1)$  заключал в себе целое число наименьших делений горизонтального круга.

После этого выбирают угол, на который следует поворачивать алидаду при исследовании уровня. Угол должен быть равен числу целых наименьших делений горизонтального круга и укладываться целое число раз в интервале  $A_2 - A_1$ , а пузырек уровня при повороте алидады на этот угол должен перемещаться на 3—5 делений. Для соблюдения этих условий уточняются крайние отсчеты  $A_2$  и  $A_1$ .

Исследование производится следующим образом.

Алидаду теодолита ставят на отсчет  $A_1$  и отсчитывают уровень. Наводящим винтом алидаду поворачивают на выбранный угол поворота алидады, вновь отсчитывают уровень и т. д. — до отсчета  $A_2$ . Затем эту же операцию повторяют в обратном направлении от  $A_2$  к  $A_1$ .

Перегон пузырька уровня на данной установке теодолита повторяют несколько раз с таким расчетом, чтобы суммарное перемещение его в одну сторону соответствовало углу наклона оси уровня порядка  $120''$ . Отсчеты уровня производят через равные интервалы времени (обычно через две минуты).

После выполнения перечисленных действий алидаду теодолита поворачивают на угол около  $180^\circ$  и находят ее второе положение, при котором ось исследуемого уровня будет находиться в горизон-

тальном положении, определяют отсчеты  $A_1$  и  $A_2$ . Повторяют все действия. По окончании приема зрительную трубу наводят на визирную марку и, убедившись, что горизонтальная нить не сошла с марки, берут отсчеты по вертикальному кругу. После этого теодолит тщательно горизонтируют, наводят трубу на марку и берут отсчеты по вертикальному кругу. Расхождение между углом наклона  $I_1$ , определенным в начале наблюдения, и углом наклона  $I_2$ , определенным в конце, не должно превышать  $10''$ .

Приведенная программа составляет один прием. Таких приемов при определении цены деления накладного или талькоттовского уровня выполняют два.

При определении цены деления талькоттовского уровня после наклона теодолита на соответствующий угол алидаду поворачивают приблизительно на  $90^\circ$  так, чтобы пузырек уровня на раме микроскопов вертикального круга занял среднее положение. В этом положении теодолита закрепляют талькоттовский уровень на горизонтальной оси вращения зрительной трубы и приводят элевационным винтом пузырек на середину. Только после этого наводящим винтом алидады приводят пузырек уровня в крайнее положение и берут отсчет  $A_1$  по горизонтальному кругу. Далее производят исследование по описанной программе.

Цену деления уровня вычисляют по формуле

$$\tau = \frac{i}{\Sigma_{\text{ср.}}},$$

где  $i = 1,0472 I (A_2 - A_1)$  — угол наклона уровня (в секундах дуги), соответствующий повороту алидады теодолита на угол  $A_2 - A_1$  (в минутах);  
 $I = \frac{1}{2} (I_1 - I_2)$  — средний угол наклона теодолита, *градусы*;

$\Sigma_{\text{ср.}}$  — среднее перемещение пузырька уровня при повороте алидады теодолита на угол  $A_2 - A_1$ .

В табл. 21 приведен один прием определения цены деления накладного уровня астрономического теодолита.

Таблица 21

Определение цены деления уровня

АУ-2"/10" № 10071

28 мая 1976 г.

1-й прием

Начало  $12^{\text{h}}10^{\text{m}}$   
 $t = 21,5^\circ\text{C}$

Конец  $14^{\text{h}}30^{\text{m}}$   
 $t = 22,0^\circ\text{C}$

Отсчеты по вертикальному кругу			Угол наклона $I$
микроскоп I	микроскоп II	среднее значение	
$273^\circ 44' 20''$ 272 44 10	$44' 30''$ 44 20	$273^\circ 44' 25''$ 272 44 15	$1^\circ 00' 10''$
272 44 10 273 44 10	44 10 44 10	272 44 10 273 44 10	1 00 00

$$I = 1^\circ 00' 05'' = 1,0014^\circ$$

Отсчет по горизонтальному кругу	Прямой ход				Обратный ход				$\omega_m = \frac{\omega_{пр} + \omega_{об}}{2}$	$v = \omega_{ср.} - \omega_m$
	отсчет по уровню		Л—П	$\omega_{пр}$	отсчет по уровню		Л—П	$\omega_{об}$		
	Л	П			Л	П				
88°00'	33,3	22,2	11,1		33,2	22,2	11,0			
87 50	28,4	17,3	11,1	4,90	28,4	17,2	11,2	4,90	4,90	-0,19
40	23,8	12,6	11,2	4,65	23,6	12,6	11,0	4,70	4,68	+0,03
30	19,0	7,8	11,2	4,80	19,0	7,9	11,1	4,65	4,72	-0,01
20	14,5	3,3	11,2	4,50	14,6	3,3	11,3	4,50	4,50	+0,21
								$\Sigma =$	18,80	
88 00	33,3	22,2	11,1		33,4	22,2	11,2			
87 50	28,4	17,3	11,1	4,90	28,4	17,3	11,1	4,95	4,92	-0,21
40	23,8	12,6	11,2	4,65	23,8	12,6	11,2	4,65	4,65	+0,06
30	19,0	7,9	11,1	4,75	19,0	7,8	11,2	4,80	4,78	-0,07
20	14,5	3,4	11,1	4,50	14,6	3,5	11,1	4,35	4,42	+0,29
								$\Sigma =$	18,77	
88 00	33,3	22,2	11,1		33,3	22,2	11,1			
87 50	28,4	17,3	11,1	4,90	28,6	17,4	11,2	4,75	4,82	-0,11
40	23,7	12,6	11,1	4,70	23,8	12,6	11,2	4,80	4,75	-0,04
30	19,2	8,1	11,1	4,50	19,1	8,0	11,1	4,65	4,58	+0,13
20	14,6	3,4	11,2	4,65	14,6	3,4	11,2	4,55	4,60	+0,11
								$\Sigma =$	18,75	
268 00	33,2	22,2	11,0		33,0	22,0	11,0			
267 50	28,3	17,1	11,2	5,00	28,0	17,0	11,0	5,00	5,00	-0,29
40	23,5	12,4	11,1	4,75	23,4	12,2	11,2	4,70	4,72	-0,01
30	18,8	7,7	11,1	4,70	18,7	7,6	11,1	4,65	4,68	+0,03
20	14,2	3,1	11,1	4,69	14,2	3,1	11,1	4,50	4,55	+0,16
								$\Sigma =$	18,95	
268 00	33,0	22,0	11,0		33,0	22,0	11,0			
267 50	28,1	17,1	11,0	4,90	28,1	17,1	11,0	4,90	4,90	-0,19
40	23,4	12,3	11,1	4,75	23,4	12,3	11,1	4,75	4,75	-0,04
30	18,8	7,7	11,1	4,60	18,8	7,7	11,1	4,60	4,60	+0,11
20	14,1	3,1	11,0	4,65	14,1	3,1	11,0	4,65	4,65	+0,06
								$\Sigma =$	18,90	
268 00	33,0	22,0	11,0		33,0	22,0	11,0			
267 50	28,3	17,2	11,1	4,75	28,0	17,0	11,0	5,00	4,88	-0,17
40	23,6	12,5	11,1	4,70	23,4	12,3	11,1	4,65	4,68	+0,03
30	18,8	7,7	11,1	4,80	18,8	7,7	11,1	4,60	4,70	+0,01
20	14,1	3,1	11,0	4,65	14,1	3,1	11,0	4,65	4,65	+0,06
								$\Sigma =$	18,91	

$$A_2 - A_1 = 40'; \quad \Sigma_{ср.} = 18,85; \quad \omega_{ср.} = 4,71; \quad \Sigma v^2 = 0,4582;$$

$$l'' = 1,0472 \cdot 1,0014 \cdot 40 = 41,95'';$$

$$\tau = \frac{41,95}{18,85} = 2,23'';$$

$$m_{\omega_{ср.}} = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{0,4582}{24 \cdot 23}} = \pm 0,03^{\frac{\tau}{2}};$$

$$m_{\tau} = \frac{l''}{4} \cdot \frac{m_{\omega_{ср.}}}{\omega_{ср.}^2} = \frac{42}{4} \cdot \frac{0,03}{22,18} = 0,014''.$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЙ НИТЕЙ СЕТКИ ОТ СРЕДНЕЙ ФИКТИВНОЙ НИТИ

76. Для определения расстояний нитей сетки от средней фиктивной нити используются результаты наблюдений звезд способом равных высот. Для этого по журналу наблюдений выбирают шесть звезд в азимутах 30—130° и 230—330°. Нити сетки нумеруются от 1 до  $n$ , где  $n$  — число нитей. Первой нитью следует считать ту нить, на которую вступает при своем прохождении через поле зрения изображение восточной звезды.

Для вычислений образуют разность  $\Delta T_i$  между наблюдаемыми моментами  $T_i$  и средним моментом  $T_H$  по формулам:

$$\Delta T_i = T_i - T_H \text{ — для звезд в западной стороне неба,}$$

$$\Delta T_i = T_H - T_i \text{ — для звезд в восточной стороне неба.}$$

Расстояния нитей сетки от средней фиктивной нити, соответствующей моменту  $T_H$ , вычисляются по формуле

$$f_i = 15 \cos \varphi \sin a \Delta T_i,$$

где  $a$  — азимут звезды, выбираемый из эфемерид с точностью до 0,1°.

Окончательные значения расстояний нитей сетки от средней фиктивной нити вычисляют как среднее арифметическое из результатов наблюдений шести звезд. Средняя квадратическая ошибка выведенного результата для каждой нити не должна превышать 1".

Пример вычисления приведен в табл. 22.

Таблица 22

Вычисление расстояний нитей сетки  
от средней фиктивной нити

АУ-2"/10" № 10071

6 августа 1976 г.

Звезда № 564 (по АЕ);

$a=69,7^\circ$ ;

$\varphi=44^\circ 58,7'$ ;

$15 \cos \varphi \sin a=9,971$

Номер нити	$T_i$	$\Delta T_i$	$f_i$
I	$18^h 45^m 14,0^s$	$+41,41^s$	$+412,1''$
II	24,1	$+31,31$	$+311,6$
III	34,7	$+20,71$	$+206,1$
IV	45,6	$+9,81$	$+97,6$
V	55,7	$-0,29$	$-2,9$
VI	$46 \ 05,5$	$-10,09$	$-100,4$
VII	16,0	$-20,59$	$-204,9$
VIII	26,2	$-30,79$	$-306,4$
IX	36,9	$-41,49$	$-412,9$
	$T_H=18^h 45^m 55,41^s$		

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

77. Один коллиматор (длиннофокусный теодолит или нивелир) устанавливают на столбе примерно на одном горизонте с исследуемым теодолитом. Второй коллиматор крепят к потолку или стене так, чтобы его зенитное расстояние было 30—40°.

Измерение угла производится по программе, аналогичной определению азимута по Полярной, в следующем порядке:

— Вращая алидаду по ходу часовой стрелки, наводят при КЛ (КП) зрительную трубу теодолита на первый коллиматор (земной предмет); визируют три раза подвижной нитью окулярного (контактного) микрометра на вертикальную нить коллиматора, отсчитывая каждый раз по барабану окулярного микрометра; снимают отсчеты по горизонтальному кругу;

— Вращением алидады по ходу часовой стрелки наводят при КЛ (КП) зрительную трубу на второй коллиматор «Полярная», отсчитывают по накладному уровню и перекладывают его на оси (у теодолита ДКМЗ-А уровень не перекладывается); подвижную нить окулярного микрометра трижды наводят на «Полярную», отсчитывая по барабану окулярного микрометра; отсчитывают по накладному уровню и горизонтальному кругу;

— Зрительную трубу переводят через зенит. Вращая алидаду против хода часовой стрелки, наводят на «Полярную» при КП (КЛ) и наблюдают ее так же, как при КЛ (КП);

— Вращая алидаду против хода часовой стрелки, наводят зрительную трубу на земной предмет и наблюдают его так же, как при КЛ (КП).

Указанные действия составляют один прием. Таких приемов надлежит выполнить 12 с перестановкой круга между ними через 15°.

Запись результатов измерений и их обработка производится по форме, приведенной в табл. 23.

Отсчеты по горизонтальному кругу при наведении на коллиматоры исправляются поправками за окулярный микрометр

$$\Delta m = \pm (m_{\text{ср.}} - 10^{06})^{\circ} \cdot \mu \cdot \operatorname{cosec} z,$$

где  $m_{\text{ср.}}$  — средний отсчет по барабану окулярного микрометра;  
 $\mu$  — цена деления барабана окулярного микрометра,  
*секунды дуги*;

$z$  — зенитное расстояние коллиматора.

Поправка  $\Delta m$  вводится со знаком «плюс» для наблюдений при круге «лево» и со знаком «минус» для наблюдений при круге «право».

## Пробные измерения горизонтального угла между двумя коллиматорами

Прием 7

Дата 1.06.76 г. $s =$  \_\_\_\_\_

$\frac{\tau}{2} = 0,94''$

$\text{ctg } z = \frac{1,920}{2}$

$\frac{\tau}{2} \text{ ctg } z = \frac{1,805}{2}$

$z = 27^{\circ} 31'$

$\mu = 1,16''$

$\text{cosec } z = \frac{2,164}{2}$

$\mu \text{ cosec } z = \frac{2,510}{2}$

Объекты наблюдения	Отсчеты по микрометрам		T	Уровень	Отсчеты L и R по микроскопам			$\frac{a+b}{2}$ } A среднее	Поправки за гл. тр. пов. тр. уровень глп сумма	Направ- ления ° ' "
	главной трубы	поверит. трубы			с лимба °	$a_1 b_1$ } A $a_2 b_2$ } B среднее				
Земной предмет, фонарь	98,8		КЛ		70	44,7	50,0	49,7	-1,2	70 35 51,2
	99,0			35	52,8	52,2	55,0			
	99,2									
	99,0						52,4	-1,2		
α Ursae minoris	0,9		КЛ	10,8—23,5	187	3,8	2,5	6,3	+1,5	187 07 07,8
	0,2			23,6—10,8	07	3,5	2,6	6,1	+0,1	
	0,8			34,4 34,3						
				x= 34,35						
				b=+0,05						
	0,6							6,2	+1,6	
	97,2		КП	10,3—23,1	7	52,1	50,2	52,3	+6,5	7 06 59,7
	97,7			24,2—11,7	06	50,5	44,0	49,5	+2,3	
	97,2			35,9 33,4						
				x= 34,65						
				b=+1,25						
	97,4							50,9	+8,8	
Земной предмет, фонарь	93,0		КП		250	41,2	40,8	42,0	+7,5	250 35 46,5
	93,5			35	33,2	32,8	36,0			
	94,0									
	93,5						39,0	+7,5		

$M = \frac{70^{\circ} 35' 48,8''}{2}$

$2 c_{\text{зн}} = \frac{+4,7''}{2}$

$N = \frac{187 07 03,8}{2}$

$2 c_{\text{п}} = \frac{+3,7}{2}$

$Q = \frac{243 28 45,0}{2}$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

В отсчеты по горизонтальному кругу при наведении на коллиматор «Полярная» вводится поправка за наклонность горизонтальной оси

$$\Delta b'' = b - \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z,$$

где  $b$  — наклонность горизонтальной оси в полуделениях уровня,

$\tau''$  — цена деления накладного уровня.

Нульпункт уровня  $x$  и наклонность  $b$  вычисляют по формулам:

$$x = \frac{(L + \Pi)_0 + {}_0(L + \Pi)}{2};$$

$$b = \frac{(L + \Pi)_0 - {}_0(L + \Pi)}{2},$$

где  $(L + \Pi)_0$  и  ${}_0(L + \Pi)$  — суммы отсчетов по концам пузырька уровня, когда нуль шкалы уровня справа (в положении, когда зрительная труба теодолита направлена на объект визирования и наблюдатель обращен лицом к объекту визирования) и слева — соответственно.

В каждом приеме вычисляют удвоенные значения коллимации при наведении на земной предмет и на Полярную. Для сопоставления с коллимационной ошибкой, полученной из наблюдений земного предмета, разность направлений на Полярную круг «лево» минус круг «право» умножают на  $\sin z$ . Затем вычисляют по каждому приему значения направлений на земной предмет и на Полярную, а по ним угол между земным предметом и Полярной. Составляют сводку значений углов по всем приемам.

Теодолит считают пригодным для астрономических определений, если он удовлетворяет следующим условиям:

а) отдельные значения угла в приемах не отличаются друг от друга более чем на  $6''$ ;

б) колебание в приеме нульпункта уровня не выходит за пределы трех полуделений.

Если среднее из 12 приемов значение коллимационной ошибки, полученное по земному предмету, отличается больше чем на  $5''$  от ее среднего значения из наблюдений Полярной, то дополнительно исследуют неравенство диаметров цапф и боковое гнутие зрительной трубы. Теодолит допускают на астрономические работы, если будет показано, что систематическое расхождение коллимационных ошибок, превышающее  $5''$ , объясняется неравенством диаметров цапф.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАКЛОНА ПОДВИЖНОЙ НИТИ КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА ПО НЕПОДВИЖНОЙ ВИЗИРНОЙ ЦЕЛИ

**78.** Теодолит тщательно горизонтируют. Устанавливают в горизонтальное положение подвижную нить в центре поля зрения зрительной трубы. Выбирают визирную цель в горизонте, наводят на нее центральную вертикальную нить и берут

с точностью до  $10''$  отсчет по горизонтальному кругу. Повернув алидаду теодолита по ходу часовой стрелки на угол  $13 \div 15'$ , берут отсчет  $M_{\Pi}$  по горизонтальному кругу, трижды совмещают подвижную нить с визирной целью, отсчитывая при этом по барабану микрометра. Вычисляют средний отсчет  $m_{\Pi}$ . Далее поворачивают алидаду горизонтального круга против часовой стрелки на угол  $26 \div 30'$  и берут отсчет  $M_{\Delta}$ . Трижды совмещают подвижную нить с визирной целью, отсчитывая при этом по барабану микрометра, и получают средний отсчет  $m_{\Delta}$ . Такая последовательность измерений составляет один прием. Для определения наклона нити выполняют три приема.

Наклон подвижной нити в минутах дуги в каждом приеме вычисляют по формуле

$$\psi' = \pm 57,3 \frac{(m_{\Pi} - m_{\Delta}) \cdot R''}{(M_{\Pi} - M_{\Delta})'}$$

где  $R''$  — цена оборота барабана контактного микрометра, *секунды дуги*.

Знак «плюс» принимается тогда, когда отсчеты микрометра возрастают с увеличением  $z$ , а знак «минус», когда отсчеты убывают с увеличением  $z$ .

Наклон нити не должен превышать  $5'$ .

В табл. 24 приведен пример определения наклона подвижной нити контактного микрометра по неподвижной визирной цели.

Таблица 24

**Определение наклона подвижной нити**

АУ-2"/10"

№ 10073

15 мая 1976 г.

$R'' = 114,6''$ ;

$M_{\Pi} - M_{\Delta} = 30'$

Прием 1

Номер наведения	Конец нити	
	правый ( $m_{\Pi}$ )	левый ( $m_{\Delta}$ )
1	0,888	0,857
2	890	862
3	886	860
Среднее:	0,888	0,860

Отсчеты микрометра возрастают с увеличением  $z$ .

$$\psi' = 57,3 \frac{0,888 - 0,860}{30} 114,6 = 6,2'$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Число делений  $\Delta h$ , на которое необходимо повернуть поворотный микрометрический винт теодолита АУ-2"/10", определяют по формуле

$$\Delta h = \pm 100 r (m_{\text{п}} - m_{\text{л}}),$$

где  $r$  — постоянная поворотного микрометрического винта.

Рекомендуется сначала из одного приема измерений определить наклон подвижной нити контактного микрометра. Если он превышает 5', то следует вычислить величину  $\Delta h$  и повернуть микрометр с помощью поворотного микрометрического винта. Затем необходимо определить наклон по полной программе.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАКЛОНА ПОДВИЖНОЙ НИТИ КОНТАКТНОГО МИКРОМЕТРА ПО ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЕ

**79.** Теодолит тщательно горизонтируют. Устанавливают подвижную нить в горизонтальное положение в центре поля зрения зрительной трубы. Наводят центральную вертикальную нить на Полярную и берут с точностью до 10" отсчет по горизонтальному кругу. Повернув алидаду теодолита против хода часовой стрелки на угол  $(13 \div 15') \operatorname{cosec} z_1$ , берут отсчет по горизонтальному кругу  $M_{\text{л}}$  и трижды через равные промежутки времени совмещают подвижную нить с изображением Полярной, отсчитывая при этом по барабану микрометра и отмечая моменты совмещения по хронометру. Далее поворачивают алидаду горизонтального круга по часовой стрелке на угол  $(26 \div 30') \operatorname{cosec} z$  и берут отсчет  $M_{\text{п}}$ . Трижды через равные промежутки времени совмещают подвижную нить с изображением Полярной, отсчитывая при этом по барабану микрометра и отмечая моменты совмещения по хронометру. Такая последовательность измерений составляет один прием. Для определения наклона нити выполняют три приема.

Зенитное расстояние Полярной вычисляют с точностью 2' по формуле

$$z = (90^\circ - \varphi) - f,$$

где  $f$  выбирают из таблицы высот и азимутов Полярной Астрономического ежегодника СССР по аргументу «звездное время».

Наклон подвижной нити в минутах дуги в каждом приеме вычисляют по формуле

$$\psi' = \pm 57,3 \frac{[m_{\text{п}} - (m_{\text{л}} + \wedge z)]^{0,6} R'' \cdot \operatorname{cosec} z}{(M_{\text{п}} - M_{\text{л}})'}$$

Знак «плюс» принимается тогда, когда с увеличением  $z$  отсчеты микрометра возрастают, а знак «минус», когда отсчеты убывают.

Поправка  $\Delta z$  вычисляется по формуле

$$\Delta z^{06} = \Delta T^s \frac{\Delta''}{100 \cdot R''} E,$$

где  $\Delta T^s$  — разность между средними моментами наблюдения Полярной по правому и левому концам подвижной нити;

$\Delta'' = 90^\circ - \delta$  — полярное расстояние Полярной в секундах дуги, вычисляемое по среднему склонению на данный год наблюдения.

Значение  $E = \frac{1500}{\rho''} \sin t \left( 1 - \frac{5542}{\rho''} \cos t \right)$  выбирают из таблицы (приложение 10) по аргументу  $t = T_{\text{ср.}} + u - \alpha$ .

Пример определения приведен в табл. 25.

Таблица 25

Определение наклона подвижной нити  
окулярного микрометра

АУ-2"/10" № 10075

17—18 августа 1976 г.

$$R'' = 115,5''$$

Отсчеты хронометра $T_I$	Отсчеты по микрометру при наведе- нии левым концом ( $m_L$ )	Отсчеты хронометра $T_I$	Отсчеты по микрометру при наведе- нии правым концом ( $m_{II}$ )	Отсчеты по горизон- тальному кругу
18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	1,143 <sup>06</sup>	18 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	0,825 <sup>06</sup>	$M_L = 181^\circ 54'$ $M_{II} = 180^\circ 59'$
30	100	03 00	791	
50	053	20	751	
18 00 30	1,099	18 03 00	0,789	$M_L - M_{II} = 55'$
$\Delta T^s$	150	$\delta$	89°09'	
$\frac{\Delta''}{100 R''} E$	-0,00174	$\varphi$	57 09	
$\Delta z^{06}$	-0,261	$z$	33 17	
$T_{\text{ср.}}$	18 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	$\operatorname{cosec} z$	1,822	
$\alpha - u$	1 50	$r$	1,495 <sup>0</sup>	
$t$	16 12	$R$	115,5	
$m_L + \Delta z$	0,838 <sup>06</sup>	$u$	+1 <sup>m</sup>	
$m_{II} - (m_L + \Delta z)$	-0,049			

Отсчеты микрометра возрастают с увеличением  $z$

$$\psi' = 57,3 \frac{(-0,049) \cdot 115,5 \cdot 1,822}{55} = -10,7'.$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Если наклон подвижной нити превышает  $5'$ , то его уменьшают. Число делений  $\Delta h$ , на которое необходимо повернуть поворотный микрометрический винт теодолита АУ-2"/10" определяют по формуле

$$\Delta h = \pm 100 r [m_{\Pi} - (m_{\text{Л}} + \Delta z)],$$

где  $r$  — постоянная поворотного микрометрического винта.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОШИБОК ОПТИЧЕСКОГО МИКРОМЕТРА ТЕОДОЛИТА ДКМЗ-А

80. Исследование ошибок оптического микрометра выполняется в четыре этапа:

- определение ошибок совмещения штрихов (по вертикальному и горизонтальному кругам);
- исследование систематических ошибок;
- определение мертвого хода;
- определение рена.

81. Для определения ошибок совмещения штрихов выполняют по два совмещения изображений штрихов на произвольных установках алидады и выводят разности соответствующих отсчетов по микрометру. Порядок записи отсчетов и их обработки показан в табл. 26. Средняя квадратическая ошибка одного совмещения не должна превышать  $0,3''$ . Следует иметь в виду, что ошибка совмещения зависит в значительной степени от работы наблюдателя и только при достаточной его опытности может быть отнесена к недостаткам теодолита.

Таблица 26

#### Определение ошибки совмещения штрихов

ДКМЗ-А

№ 9662

15 июня 1976 г.

Установка алидады	Отсчет по микрометру		$d = \text{I} - \text{II}$	Установка алидады	Отсчет по микрометру		$d = \text{I} - \text{II}$
	при I совмещении	при II совмещении			при I совмещении	при II совмещении	
0°	6,4"	7,2"	-0,8"	180°	31,4"	31,8"	-0,4"
15	7,3	7,7	-0,4	195	35,5	35,2	+0,3
30	11,0	11,1	-0,1	210	16,4	16,7	-0,3
45	9,2	9,5	-0,3	225	13,7	14,2	-0,5
60	17,6	17,0	+0,6	240	36,4	36,2	+0,2
75	32,7	33,2	-0,5	255	14,4	14,2	+0,2
90	13,9	14,1	-0,2	270	8,3	8,6	-0,3
105	47,7	47,3	+0,4	285	21,2	20,8	+0,4
120	53,5	53,7	-0,2	300	12,6	12,4	+0,2
135	50,1	50,1	+0,4	315	13,4	13,7	-0,3
150	35,6	35,8	-0,2	330	15,8	15,5	+0,3
165	21,0	21,5	-0,5	345	13,2	13,4	-0,2

Средняя квадратическая ошибка одного совмещения

$[dd] = 3,54$

$$m = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} = \sqrt{\frac{3,54}{48}} = 0,27''$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_



82. Исследование систематических ошибок оптического микрометра производится путем измерения теодолитом угла  $\alpha$ , укладывающегося целое число раз в пределах всей шкалы оптического микрометра. Горизонтальный круг представляют таким образом, чтобы отсчеты микрометра при наведении трубы по левому и правому направлениям были приблизительно такими, как указано в табл. 27.

Таблица 27

**Установка горизонтального круга при исследовании систематических ошибок оптического микрометра**

Номер установки	Теодолит ДКМЗ-А	
	левое направление	правое направление
1	0'	1'
2	1	2
3	2	3
4	3	4
5	4	5

Измерения проводят в прямом и обратном направлениях на всех установках, что составляет один прием. Исследование систематических ошибок оптического микрометра включает два приема. При всех установках и приемах измерения угла совмещают изображения одних и тех же штрихов круга. Средние из двух приемов значения  $v_{\text{ср.}}$ , вычисленные для каждой установки, не должны превышать 1".

Пример записи измерений и обработки приведен в табл. 28.

83. Для определения мертвого хода оптического микрометра при различных установках алидады горизонтального круга совмещают штрихи круга дважды: при вращении барабана микрометра по ходу часовой стрелки (вправо) и против хода часовой стрелки (влево). Между установками алидаду поворачивают на  $15^\circ$ , а барабан микрометра — примерно на  $12,5''$ . Среднее значение разностей «вправо минус влево» характеризует систематическую часть мертвого хода оптического микрометра, а средняя квадратическая ошибка  $M$  средней разности — погрешность ее вывода. Отдельные разности «вправо минус влево» должны лежать в пределах от  $-1$  до  $+1''$ . Запись и обработка результатов определения мертвого хода оптического микрометра производятся по форме табл. 29.

## Исследование систематических ошибок оптического микрометра

ДКМЗ-А № 9662

15 мая 1976 г.

П р и е м 1										Прием 2	
Номер установки	Номер направления	Прямой ход			Обратный ход			Средние углы	$v_1$	$v_2$	$v_{ср.}$
		отсчет по микрометру	направление	углы полу-приема	отсчет по микрометру	направление	углы полу-приема				
1	1	0'05,8" 06,3 1 01,8 1 01,4	0'06,0"		0'02,7" 02,7 0 58,3 0 58,5	0'02,7"					
	2	1 01,4	1 01,6	55,6"	0 58,5	0,58,4	55,7"	55,6"	+0,2"	-0,4"	-0,1"
2	1	1 03,0 1 03,1 1 58,7 1 58,7	1 03,0		1 02,2 1 02,0 1 57,4 1 57,0	1 02,1					
	2	1 58,7	1 58,7	55,7	1 57,0	1 57,2	55,1	55,4	0,0	+0,2	+0,1
3	1	2 05,5 2 05,5 3 00,8 3 00,8	2 05,5		2 02,5 2 02,3 2 58,0 2 58,2	2 02,4					
	2	3 00,8	3 00,8	55,3	2 58,2	2 58,1	55,7	55,5	+0,1	-0,4	-0,2
4	1	3 06,4 3 06,4 4 01,7 4 01,7	3 06,4		3 04,1 3 04,3 3 58,8 3 59,1	3 04,2					
	2	4 01,7	4 01,7	55,3	3 59,1	3 59,0	54,8	55,0	-0,4	+0,3	0
5	1	3 59,0 3 59,2 4 54,6 4 54,6	3 59,1		4 01,1 4 01,1 4 57,0 4 56,9	4 01,1					
	2	4 54,6	4 54,6	55,5	4 56,9	4 57,0	55,9	55,7	+0,3	+0,3	+0,3
Среднее: 55,4"											

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

84. Реном оптического микрометра называется разность между номинальным значением полуделения лимба и его значением, измеренным оптическим микрометром.

При исследовании выполняют два ряда наблюдений: первый — при вращении алидады по ходу часовой стрелки, второй — при вращении алидады против хода часовой стрелки, на установках алидады, приведенных в табл. 30.

## Определение мертвого хода оптического микрометра

ДКМЗ-А

№ 9662

15 июня 1976 г.

Установка алидады	Отсчет по микрометру при совмещении штрихов вращением микрометра		Разность	$v$	Установка алидады	Отсчет по микрометру при совмещении штрихов вращением микрометра		Разность	$v$
	вправо	влево				вправо	влево		
0°	0'06,4"	0'06,6"	+0,8"	+0,79"	180°	2'16,5"	2'16,8"	-0,3"	-0,31"
15	0 18,2	0 17,8	+0,4	+0,39	195	2 25,8	2 25,9	-0,1	-0,11
30	0 27,7	0 27,2	+0,5	+0,49	210	2 42,0	2 41,4	+0,6	+0,59
45	0 34,6	0 35,0	-0,4	-0,41"	225	2 48,5	2 49,0	-0,5	-0,51
60	0 47,3	0 47,6	-0,3	-0,31	240	3 02,0	3 02,6	-0,6	-0,61
75	1 03,3	1 03,3	0,0	-0,01	255	3 17,2	3 16,5	+0,7	+0,69
90	1 15,3	1 15,8	-0,5	-0,51"	270	3 28,7	3 27,9	+0,8	+0,79
105	1 22,8	1 23,3	-0,5	-0,51	285	3 43,3	3 43,3	0,0	-0,01
120	1 30,0	1 30,4	-0,4	-0,41	300	3 59,1	3 58,7	+0,4	+0,39
135	1 45,7	1 44,9	+0,8	+0,79	315	4 16,7	4 16,0	+0,7	+0,69
150	1 58,5	1 59,2	-0,7	-0,71	330	4 24,8	4 24,2	+0,6	+0,59
165	2 06,0	2 06,4	-0,4	-0,41	345	4 50,6	4 50,3	+0,3	+0,29

Среднее: +0,01"

Средняя квадратическая ошибка одной разности

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = 0,53'' \quad \sum v^2 = 6,51$$

Средняя квадратическая ошибка средней разности

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{n}} = \frac{0,53''}{4,9} = 0,11''$$

Исследования выполнил \_\_\_\_\_

Вычисления проверил \_\_\_\_\_

Таблица 30

## Установки алидады при определении рена оптического микрометра

Номер установки	Прямой ход	Обратный ход
1	0°00'	337°15'
2	45 15	292 00
3	90 30	247 45
4	135 45	202 30
5	180 00	157 15
6	225 15	112 00
7	270 30	67 45
8	315 45	22 30

Устанавливают по шкале оптического микрометра отсчет, близкий к нулю, и приблизительно совмещают с помощью наводящего винта алидады диаметрально противоположные штрихи А и  $(A + 180^\circ)$  верхнего и нижнего изображения круга. После этого по барабану оптического микрометра берут отсчеты при трех точных совмещениях штрихов:

$a$  — при совмещении штрихов А и  $(A + 180^\circ)$ ;

$b$  — при совмещении штрихов  $(A - 10')$  и  $(A + 180^\circ)$ ;

$c$  — при совмещении штрихов А и  $(A + 180^\circ - 10')$ .

Значения рена верхнего и нижнего изображений круга, выраженные в секундах дуги, вычисляют по формулам:

$$r_{\text{в}} = a - b + 5',$$

$$r_{\text{н}} = a - c + 5'.$$

Если значение  $r = \frac{1}{2}(r_{\text{в}} + r_{\text{н}})$  по абсолютной величине меньше  $0,5''$ , то в отсчеты по горизонтальному кругу поправка за рен не вводится, если больше, то поправка  $\Delta r$  за рен в отсчет по горизонтальному кругу вводится по формуле

$$\Delta r = 0,2 r \cdot m,$$

где  $m$  — отсчет по оптическому микрометру (для теодолита ДКМЗ-А с учетом  $5'$ ).

Пример определения рена приведен в табл. 31.

### Подготовка к астрономическим наблюдениям

85. Подготовка к астрономическим наблюдениям включает: подготовку места установки теодолита, подготовку теодолита и других астрономических приборов к наблюдениям, установку контактного (окулярного) микрометра зрительной трубы, ориентирование теодолита в меридиане.

Астрономические наблюдения могут выполняться со столика сигнала, астрономического столба или надежно укрепленного штатива. Прежде чем приступить к наблюдениям на сигнале, необходимо убедиться в его устойчивости, в прочности столика для теодолита, а также проверить, не соприкасается ли внутренняя пирамида с полом для наблюдателя или с лестницами. При обнаружении недостатков наблюдатель обязан устранить их.

Если планируется выполнять наблюдения с астрономического столба, то по прибытии на пункт наблюдатель должен выбрать место для его постройки. Астрономический столб строят, как правило, из бетона или кирпича, но для определения астрономических коор-

## Определение рена оптического микрометра

ДКМЗ-А № 9662

16 июня 1976 г.

Установка алидады горизонтального круга	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a-b+5'</i>	<i>a-c+5'</i>
Прямой ход					
0°00'	+0,9" +1,1	+1,0" +1,4	+0,6" +0,5	-0,1" -0,3	+0,3" +0,6
45 15	+0,4 +0,7	+0,4 -0,5	+0,3 0,0	0 +1,2	+0,1 +0,7
90 30	-0,7 -0,4	-0,9 -1,1	-0,5 -0,3	+0,2 +0,7	-0,2 -0,1
135 45	+0,6 +0,6	-0,2 +0,1	+0,4 +0,5	+0,8 +0,5	+0,2 +0,1
180 00	-0,1 0,0	-0,7 -0,6	-0,3 -0,4	+0,6 +0,6	+0,2 +0,4
225 15	-0,8 -0,7	-0,6 -0,7	-0,3 -0,6	-0,2 0,0	-0,5 -0,1
270 30	+0,3 +0,5	0,0 +0,2	-0,1 +0,2	+0,3 +0,3	+0,4 +0,3
315 45	+0,6 +0,7	+0,7 +0,8	+0,3 +0,7	-0,1 -0,1	+0,3 0,0
Среднее:				+0,29	+0,17
Обратный ход					
337°15'	+0,7 +0,5	-0,1 -0,3	+0,4 +0,6	+0,8 +0,8	+0,3 -0,1
292 00	+0,2 -0,2	-0,4 -0,6	+0,5 +0,1	+0,6 +0,4	-0,3 -0,3
247 45	+0,7 +0,5	+0,2 +0,3	+0,5 +0,1	+0,5 +0,2	+0,2 +0,4
202 30	+0,4 +0,5	+0,8 +0,7	-0,1 -0,2	-0,4 -0,2	+0,5 +0,7
157 15	-0,9 -1,1	-1,7 -1,6	-1,0 -0,5	+0,8 +0,5	+0,1 -0,6
112 00	+0,3 +0,5	-0,4 -0,6	+0,2 +0,4	+0,7 +1,1	+0,1 +0,1
67 45	-0,7 -0,8	-0,7 -1,1	+0,1 -0,3	0,0 +0,3	-0,8 -0,5
22 30	+0,4 +0,6	+0,5 +0,4	+0,1 +0,3	-0,1 +0,2	+0,3 +0,3
Среднее:				+0,39	+0,07

$$r_B = +0,34''; \quad r_H = +0,12''; \quad r = +0,23''.$$

динат он может быть и деревянным. Вокруг столба делают настил из досок.

При наблюдении со штатива под его ножки забивают на глубину 30—40 см колья диаметром 8—10 см. В местах забивки кольев снимают дерн.

Теодолит устанавливают на столике сигнала, столбе или штативе и горизонтируют с помощью уровня Талькотта или накладного уровня. При этом предохраняют его от вредного действия ветра, росы, пыли и непосредственного нагревания прямыми лучами солнца. Например, для предохранения наружной поверхности объектива зрительной трубы от запотевания заблаговременно изготавливают из толстой бумаги защитную трубку длиной 8—10 см и диаметром, равным диаметру объективного конца зрительной трубы. Трубка, надетая на объективную часть зрительной трубы, позволяет наблюдать даже при сильной росе.

Лучи визирования на земной предмет и на звезды не должны проходить ближе 20 см от деталей сигнала; в противном случае мешающую деталь вырезают, а после наблюдений — восстанавливают. При определении азимута со столба или штатива высота визирного луча над препятствиями должна быть не менее 2 м.

Астрономические приборы: хронометр, хронограф и приемник устанавливают, как правило, вблизи теодолита на отдельном столе или специальном помосте.

Через 1,5—2 ч после установки теодолита его тщательно горизонтируют. Горизонтирование считают законченным, если при вращении теодолита пузырек уровня не будет смещаться более чем на 1—2 деления.

Устанавливают коробку микрометра в нужное положение. При определении астрономических координат микрометр устанавливают так, чтобы подвижная нить занимала горизонтальное положение, а при определении азимута — вертикальное.

Определяют коллимационную ошибку и место зенита по удаленному земному предмету. При определении азимутов коллимационная ошибка подвижной вертикальной нити, установленной в нульпункте микрометра, или центральной вертикальной неподвижной нити не должна превышать 10". При определении астрономических координат по способам Цингера, Талькотта, Мазаева коллимационная ошибка центральной вертикальной неподвижной нити не должна превышать 30". Место зенита, как при определении азимута, так и астрономических координат не должно превышать 1'.

Ориентируют горизонтальный круг теодолита в меридиане с погрешностью, не превышающей 2', по местному предмету, азимут которого определен заранее с погрешностью 1', или по Полярной звезде. Для этого предварительно с помощью Таблицы высот и азимутов Полярной из Астрономического ежегодника СССР с АЕ составляют рабочие эфемериды Полярной с интервалом 20<sup>м</sup> звездного времени (табл. 32).

## Рабочие эфемериды Полярной на 1976 г.

(φ=55°45')

<i>s</i>	<i>a</i>	<i>z</i>	360°-- <i>z</i>
2 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	0°00'	33°24'	326°36'
28	359 52	24	36
48	44	25	35
3 08	36	26	34

Для последующего вычисления окончательных значений координат и азимута определяют элементы центрировки и редукции.

---

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

86. Астрономические широты со средними квадратическими ошибками  $0,3$  и  $1''$  определяют по способу Талькотта из наблюдений звезд в произвольных малых часовых углах. Астрономические долготы со средними квадратическими ошибками  $0,03$  и  $0,06^s$  получают по способу Цингера. Для совместного определения широт и долгот с точностью  $1''$  и  $0,06^s$  соответственно может применяться способ Мазаева. Наблюдения в способе Мазаева выполняют методом „глаз-клавиша“.

Для определения астрономических координат применяют астрономические теодолиты АУ-2"/10" и ДКМЗ-А. Поверки и исследования астрономических теодолитов описаны в главе II. Регистрацию моментов наблюдений звезд осуществляют с помощью экспедиционного кварцевого хронометра «Альтаир» и малогабаритного печатающего устройства МПУ8-3 или с помощью морского хронометра 6МХ и маркопечатающего хронографа ХПМ-3. В способе Талькотта печатающее устройство МПУ8-3 и хронограф ХПМ-3 не используются.

Определение долгот полевых пунктов включает определение лично-инструментальной разности на основном пункте и наблюдения на полевых пунктах. Поправка в долготу определяемого пункта за лично-инструментальную разность вычисляется по формуле

$$\partial\lambda = \lambda_0 - \lambda,$$

где  $\lambda_0$  — долгота основного пункта;

$\lambda$  — долгота основного пункта, полученная астрономом.

Лично-инструментальную разность рекомендуется определять на основных пунктах, широты которых не отличаются значительно от широт определяемых пунктов. Список основных астрономических пунктов приведен в приложении 5.

При определении долготы со средней квадратической ошибкой  $0,03^s$  лично-инструментальную разность определяют дважды: в начале и в конце полевого сезона, а при определении долгот с точностью  $0,06^s$  — один раз перед началом полевых работ или по их окончании.



# **Определение широты по способу Талькотта из наблюдений звезд в произвольных малых часовых углах с точностью 0,3 и 1"**

**87.** Программа определения широты по способу Талькотта со средней квадратической ошибкой 0,3" включает 10 пар звезд, а со средней квадратической ошибкой 1"—три пары звезд. Пары Талькотта должны удовлетворять следующим условиям: среднее зенитное расстояние не должно превышать 50°, разность зенитных расстояний звезд, составляющих пару, не должна превышать 16'; разность прямых восхождений звезд пары должна лежать в пределах 3—15<sup>m</sup>.

Программа наблюдений пар Талькотта должна быть подобрана так, чтобы алгебраическая сумма разностей зенитных расстояний южных и северных звезд не превышала 30'.

Для вывода поправки хронометра прием сигналов времени выполняют для хронометра 6МХ не реже чем через четыре часа, а для хронометра «Альтаир» в начале и в конце вечера наблюдений. Пары Талькотта могут наблюдаться в перерывах между наблюдениями пар Цингера.

**88.** Эфемериды для наблюдения звезд по способу Талькотта составляют с использованием соответствующих рабочих эфемерид\*. Описание рабочих эфемерид и порядок составления эфемерид для наблюдений звезд приводятся в объяснениях к указанным рабочим эфемеридам. Для составления эфемерид определяют приближенную широту  $\varphi_0$  пункта наблюдения по топографической карте или по наблюдениям Полярной с точностью 1—2'.

Образец эфемерид для наблюдения пар Талькотта на широте  $\varphi_0=55^{\circ}47'$  в эпоху 1976.0 на звездное время с 19<sup>h</sup>50<sup>m</sup> по 20<sup>h</sup>40<sup>m</sup> приведен в табл. 33.

**Таблица 33**

Номер пары	Номер звезды		$m$	$s$	$z_{\text{ср.}}$	$\varphi_0$	$\Delta \varphi_0$	$\Delta z = z_S - z_N$
	по КГЗ-2**	по АЕ						
1	2404 S	487	5,2	19 <sup>h</sup> 50,0 <sup>m</sup>	02°56'	55°52'	—1'	—8'
	2425 N		5,1	19 55,4				
2	2439 N		5,4	20 01,2	09 00	55 46	—1	+4
	2466 S		5,0	20 12,5				
3	2488 N		5,6	20 19,1	06 26	55 45	—1	+6
	2499 S		5,7	20 26,3				
4	2508 N	39	5,6	20 29,8	25 33	55 49	—1	—2
	2529 S		5,9	20 37,9				

\* Рабочие эфемериды способа Талькотта для широт от +35° до +65°, эпоха 1980.0. Труды ЦНИИГАиК, вып. 158. М., «Недра», 1964.

Теоодов А. В. Рабочие эфемериды пар звезд для определения широты измерением малых разностей зенитных расстояний в меридиане (в пределах от 65 до 78° северной широты). М., Геодезиздат, 1951.

\*\* Каталог 2957 ярких звезд со склонениями от —10 до +90°. Эпоха 1975.0, (КГЗ-2). Труды ЦНИИГАиК, вып. 179. М., «Недра», 1968.

Перед наблюдениями теодолит горизонтируют с помощью талькоттовского уровня; ориентируют его в меридиане с погрешностью, не превышающей  $2'$ , по Полярной либо по местному предмету, азимут которого определен заранее с погрешностью  $1'$ ; устанавливают горизонтальный круг нулем на юг; устанавливают подвижную нить в горизонтальное положение и определяют ее наклон из специальных наблюдений по методике, изложенной в ст. 78.

89. Программа наблюдений включает:

- прием радиосигналов времени;
- наблюдение  $n$  пар звезд;
- прием радиосигналов времени.

Порядок наблюдений каждой пары звезд теодолитом АУ-2"/10" следующий:

— за 2—3 мин до момента кульминации первой звезды пары зрительную трубу теодолита устанавливают на среднее зенитное расстояние  $z_{\text{ср}}$  пары;

— алидаду устанавливают по азимуту на отсчет  $0^\circ$  или  $180^\circ$  в зависимости от того, южную или северную звезду будут наблюдать первой; скрепляют талькоттовский уровень со зрительной трубой закрепительным винтом и откидывают его ограничительную вилку; пузырек уровня элевационным винтом выводится на середину;

— при подходе изображения звезды к рабочей части поля зрения трубы снимают отсчеты по талькоттовскому уровню;

— сразу после записи отсчетов уровня наблюдатель берет счет секундных ударов хронометра, под любой из ударов наводит подвижную нить микрометра на изображение звезды и записывает показание хронометра и отсчет по барабану микрометра (до десятых долей деления барабана). Таких наведений на звезду при ее прохождении через рабочую часть поля зрения трубы делают пять, причем желательно располагать их симметрично относительно средней вертикальной нити, ориентируясь в моменты наведений по видимому положению изображения звезды относительно вертикальных нитей сетки; в момент пересечения изображением звезды средней вертикальной нити должен быть сделан отсчет по хронометру с точностью  $1^s$ ; этот отсчет может совпасть с одним из наведений на изображение звезды (желательно третьим), или сделан дополнительно;

— заканчивают наблюдение звезды вторичными отсчетами по талькоттовскому уровню;

— после наблюдения первой звезды поворачивают алидаду теодолита ровно на  $180^\circ$  и наблюдают вторую звезду пары в таком же порядке, как и первую.

Вместо пары звезд разрешается наблюдать одну „зенигную“ звезду, которая в данном пункте кульминирует на зенитном расстоянии не более  $8'$  ( $|\delta - \varphi| < 8'$ ). Порядок наблюдений зенитной звезды теодолитом АУ-2"/10" следующий:

— за 2—3 мин до момента кульминации звезды зрительную трубу теодолита устанавливают на отсчет  $z=0^{\circ}00'$  и закрепляют в этом положении закрепительным винтом; алидаду теодолита устанавливают по азимуту на отсчет  $0^{\circ}$  или  $180^{\circ}$  в зависимости от того — к югу или северу происходит фактическая кульминация звезды, скрепляют талькоттовский уровень со зрительной трубой, откидывают его ограничительную вилку и выводят пузырек уровня элевационным винтом на середину;

— при подходе изображения звезды к рабочей части поля зрения трубы снимают отсчеты по талькоттовскому уровню;

— сразу после записей отсчетов уровня наблюдатель берет счет секундных ударов хронометра, под любой из ударов наводит подвижную нить микрометра на звезду и записывает показание хронометра и отсчет по барабану микрометра (до десятых долей деления барабана); таких наведений на звезду делают три, причем располагают их до пересечения изображением звезды средней вертикальной нити; после третьего наведения поворачивают алидаду теодолита ровно на  $180^{\circ}$ ; выполняют три наведения подвижной нитью на звезду, как и при первом положении теодолита; снимают отсчеты по талькоттовскому уровню. Наведения на звезду, выполненные при втором положении теодолита, желательно делать в тех же местах относительно средней вертикальной нити, что и при первом положении теодолита.

По аналогии с парами звезд необходимо указать, при каком положении круга (КП, КЛ) и какой установке по горизонтальному кругу ( $N$ ,  $S$ ) наблюдалась звезда. Зная величину склонения, сначала устанавливают, к северу или к югу от зенита происходит верхняя кульминация зенитной звезды (звезда  $N$  или  $S$ ), а затем определяют круг, при котором производятся наблюдения. Если, например, южную звезду пары Талькотта при КП наблюдают при положении «окуляр восток» (ОК.Е), то зенитной звезде, если она по склонению южная, при положении (ОК.Е.) приписывают КП, а наблюдениям — индекс  $S$ ; при втором положении теодолита «окуляр запад» (ОК.З.) наблюдениям этой звезды приписывают индекс  $N$ .

При наблюдении теодолитом ДКМЗ-А, подвижная одиночная нить которого имеет движение не по всей рабочей части поля зрения трубы, наведения на звезду выполняют одной из нитей подвижного биссектора, но обязательно одной и той же нитью для всех звезд, например, той нитью биссектора, которая расположена ближе к 5-му обороту. Отсчеты по уровню Талькотта производятся по обеим ампулам.

При наблюдениях пар Талькотта особое внимание должно быть уделено сохранению взаимного положения визирной оси зрительной трубы и оси талькоттовского уровня. Поэтому после первого отсчета уровня, при наблюдении первой звезды пары, и до последнего отсчета уровня, при наблюдении второй звезды пары, нельзя касаться элевационного винта и оправы уровня, а также зрительной трубы.

Образец записи наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 34.

Таблица 34

Образец записи наблюдений и вычислений  
в журнале определения широты по способу Талькотта

Пара № 4 (КЛ)

$z = 25^{\circ} 33'$

2508 N; $m=5,6$ ; $s=20^h 29,8^m$ (по АЕ N 39)		2529 S; $m=5,9$ ; $s=20^h 37,9^m$	
10,0 — 32,3	108,8 — 132,8	12,2 — 34,5	111,2 — 135,3
10,0 — 32,1	108,8 — 133,0	12,0 — 34,4	111,0 — 135,2
10,00 — 32,20	108,80 — 132,90	12,10 — 34,45	111,10 — 135,25
$(\Pi + \Pi)_{N_1} = 42,20$	$(\Pi + \Pi)_{N_2} = 241,70$	$(\Pi + \Pi)_{S_1} = 46,55$	$(\Pi + \Pi)_{S_2} = 246,35$
$20^h 28^m 53^s - 53^s$	$10^h 06^m 40,8^s$	$20^h 37^m 40^s - 25^s$	$9^h 06^m 15,6^s$
29 03 — 43	39,5	$T_{\text{ср. Н}}$ 54 — 11	15,6
$T_{\text{ср. Н}}$ 50 + 4	38,8	38 05 0	17,8
30 26 + 40	38,5	17 + 12	15,7
40 + 54	39,5	28 + 23	14,6
$T_N = 20 \ 29 \ 46,4$	$m_N = 10 \ 39,42$	$T_S = 20 \ 38 \ 04,8$	$m_S = 9 \ 15,86$
$[\Delta T^2] = 9190$		$[\Delta T^2] = 1419$	
$u = + \ 8,2^s$	$T_{\text{ср. Н}} - T_N = +3,6^s$	$u = + \ 8,2^s$	$T_{\text{ср. Н}} - T_S = -10,8^s$
$\alpha = 20^h 29^m 53,4$	$\cos \delta = 0,150$	$\alpha = 20^h 38^m 03,7$	$\cos \delta = 0,864$
$t = + \ 1,2$		$t = + \ 9,3$	
$\Delta m''_N = -$		$\Delta m''_S = +$	
$-0,0044 (T_{\text{ср. Н}} - T_N) \cos \delta_N \psi'_{\text{ср. Н}} =$	$= +0,00''$	$+0,0044 (T_{\text{ср. Н}} - T_S) \cos \delta_S \psi'_{\text{ср. Н}} =$	$= +0,08''$
$\sin 2 \delta_N = 0,297$	$\sin 2 \delta_S = 0,870$	$(m_S - m_N) = -1^h 06^m 23,56^s$	
$K_N = +0,15''$	$K_S = -0,07''$		
$\Delta z_K = +0,11''$			
$i_{S_1} - i_{N_1} = -4,35$	$i_{S_2} - i_{N_2} = -4,65$	$\Delta z_m = -1^h 09^m 22''$	
$\Delta z'_i = (i_{S_1} - i_{N_1}) \frac{\tau_1}{4} = -2,83''$	$\Delta z''_i = (i_{S_2} - i_{N_2}) \frac{\tau_2}{4} = -2,32$	$\Delta z_i = - \ 2,58$	
$\Delta z_{i_{\text{ср.}}} = \frac{1}{2} \left[ (i_{S_1} - i_{N_1}) \frac{\tau_1}{4} + (i_{S_2} - i_{N_2}) \frac{\tau_2}{4} \right] = -2,58''$		$\Delta z_{\Delta m} = + \ 0,04$	
		$\Delta p = - \ 0,05$	
		$\Sigma = -1 \ 11,81$	

90. Обработку журнала ведут в следующем порядке:

— Вычисляют средние моменты наблюдений северной и южной звезд до десятых долей секунды. Для северной и южной звезд вычисляют средние отсчеты по микрометру до сотых долей деления;

— Вычисляют разность  $(m_S - m_N)^{06}$  средних отсчетов по микрометру в оборотах (для теодолитов ДКМЗ-А деления в доли оборота не переводят, так как в одном обороте микрометра содержится 120 делений);

— Вычисляют полуразность  $\Delta z_m$  средних отсчетов по микрометру в угловой мере по формуле

$$\Delta z_m = (m_S - m_N)^{06} \cdot \frac{R''}{2},$$

где  $R''$  — цена оборота барабана окулярного микрометра.

Если наблюдения выполнялись теодолитом ДКМЗ-А, то полуразность вычисляют по формуле

$$\Delta z_m = (m_S - m_N)^{06} \cdot \frac{R''}{2} + (m_S - m_N)^{\partial} \cdot \frac{\mu''}{2},$$

где  $(m_S - m_N)^{06}$  — целое число оборотов;

$(m_S - m_N)^{\partial}$  — доля оборота (в делениях);

$\mu''$  — цена деления барабана окулярного микрометра;

— Вычисляют разность наклонностей  $(i_S - i_N)^{\partial/2}$  оси уровня в полуделениях, руководствуясь следующими правилами:

а) отсчеты по барабану микрометра возрастают с увеличением зенитного расстояния:

нуль делений шкалы уровня вблизи объектива

$$(i_S - i_N)^{\partial/2} = (Л + П)_S - (Л + П)_N;$$

нуль делений шкалы уровня вдали от объектива

$$(i_S - i_N)^{\partial/2} = (Л + П)_N - (Л + П)_S;$$

б) отсчеты по барабану микрометра убывают с увеличением зенитного расстояния:

нуль делений шкалы уровня вблизи объектива

$$(i_S - i_N)^{\partial/2} = (Л + П)_N - (Л + П)_S;$$

нуль делений шкалы уровня вдали от объектива

$$(i_S - i_N)^{\partial/2} = (Л + П)_S - (Л + П)_N;$$

— Вычисляют поправку  $\Delta z_i$  за разность наклонностей оси уровня в секундах дуги в измеренную полуразность зенитных расстояний звезд по формуле

$$\Delta z_i = (i_S - i_N)^{\partial/2} \cdot \frac{\tau''}{4},$$

где  $\tau''$  — цена деления уровня.

Если при наблюдениях используются два талькоттовских уровня, то поправку  $\Delta z_i$  вычисляют по формуле

$$\Delta z_{i \text{ ср.}} = \frac{1}{2} (\Delta z'_i + \Delta z''_i),$$

где  $\Delta z'_i$  и  $\Delta z''_i$  — поправки за разность наклонностей первого и второго уровней соответственно.

Выбирают из приложения 4 поправку  $\Delta p$  за дифференциальную рефракцию в измеренную полуразность зенитных расстояний звезд по аргументу  $z_{\text{ср.}}$  и  $(m_S - m_N) \frac{R}{2}$ . Поправка  $\Delta p$  будет иметь тот же знак, что и разность  $(m_S - m_N)$ ;

— Вычисляют поправку  $\Delta z_{\Delta m}$  за наклон подвижной нити в измеренную полуразность зенитных расстояний звезд по формуле

$$\Delta z_{\Delta m} = \frac{1}{2} (\Delta m_S - \Delta m_N),$$

где  $\Delta m_S$  и  $\Delta m_N$  — поправки за наклон подвижной нити в зенитные расстояния южной и северной звезд соответственно. Поправки  $\Delta m_S$  и  $\Delta m_N$  вычисляют по формуле

$$\Delta m'' = \pm 0,0044 (T_{\text{ср. н}} - T_{N(S)})^s \cos \delta \cdot \psi'_{\text{ср.}},$$

где  $T_{\text{ср. н}}$  — отсчет по хронометру при пересечении звездой средней вертикальной нити;

$T_{N(S)}$  — среднее из отсчетов по хронометру, сделанных при наведениях на северную (южную) звезду;

$\delta$  — склонение звезды;

$\psi'_{\text{ср.}} = \frac{1}{2} (\psi_1 + \psi_2)$  — средний наклон нити, полученный из наблюдений миры в начале и конце вечера наблюдений, *минуты дуги*.

Знак перед коэффициентом устанавливается по табл. 35.

Таблица 35

Знаки коэффициента для определения поправки  $\Delta m''$

Положение теодолита	Звезда южная	Звезда северная	
		верхняя кульминация	нижняя кульминация
Отсчеты по микрометру возрастают с увеличением $z$ (КЛ для АУ-2"/10")	+	—	+
Отсчеты по микрометру убывают с увеличением $z$ (КП для АУ-2"/10")	—	+	—

Для зенитной звезды поправки  $\Delta m_s$  и  $\Delta m_N$  за наклон подвижной нити вычисляют по формуле

$$\Delta m'' = \pm 0,0044 (\mp t_0 - t_{\text{ср}})^s \cos \delta \cdot \psi'_{\text{ср}},$$

где  $t_{\text{ср}}$  — средний часовой угол звезды для каждого положения теодолита;

$t_0 = \frac{1}{2} (|t_{\text{ср}}|_{\text{ОК.Е}} + |t_{\text{ср}}|_{\text{ОК.В}})$  — среднее из абсолютных значений средних часовых углов звезды для каждого положения теодолита.

Знак перед коэффициентом устанавливается по табл. 35, считая звезду южной при положении теодолита ОК.Е, знак перед  $t_0$  устанавливается: „минус“ для первого положения теодолита, „плюс“ — для второго;

— Вычисляют окончательное значение  $\Sigma$  измеренной полуразности зенитных расстояний звезд по формуле

$$\Sigma = \Delta z_m + \Delta z_i + \Delta z_{\Delta m} + \Delta \rho;$$

— Вычисляют поправку  $u$  хронометра на средний момент наблюдения пары до десятых долей секунды по формуле

$$u = u_1 + \omega (T_{\text{ср}} - X_1),$$

где  $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$ , на момент  $X_1$ ;

$X_1$  — показание хронометра в средний момент приема сигналов времени первой радиостанции;

$\omega$  — ход хронометра;

$T_{\text{ср}}$  — средний момент наблюдения пары.

**91.** Видимые координаты звезд  $\alpha$  и  $\delta$  (до  $0,1^\circ$  и  $0,01''$  соответственно) вычисляют по КГЗ-2. Координаты звезд, которые помещены в АЕ, вычисляют по АЕ. Долгота принимается положительной к востоку.

Пример вычисления  $\alpha$  и  $\delta$  по КГЗ-2 и по АЕ приведен в табл. 36.

Часовые углы  $t$  звезд до десятых долей секунды вычисляют по формуле

$$t = T_H + u - \alpha.$$

**Вычисление видимых координат звезд  
с использованием КГЗ-2 и АЕ**

Обозначения	2529 S (по КГЗ-2)		2508 N (по КГЗ-2) N 39 (по АЕ)	
	10.9.1976 г.		10.9.1976 г.	
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$
$T$	+ 0,02			
$\alpha_{1975.0}; \delta_{1975.0}$	$20^h37^m57,64^s$	$+30^\circ14'45,30''$		
$I_\alpha T; I_\delta T$	+ 4,94	+ 25,37		
$II_\alpha T^2; II_\delta T^2$	0,00	0,00		
$III_\alpha T^3; III_\delta T^3$	0,00	0,00		
$\alpha_{1977.0}; \delta_{1977.0}$	$20\ 38\ 02,58$	$+30\ 15\ 10,67$	$20^h29^m44,75^s$	$+81^\circ20'42,45''$
$\alpha - \lambda$	$18^h08^m$		$18^h00^m$	
$n = \frac{1}{24} (\alpha - \lambda)$	+ 0,756		+ 0,750	
$(A + A')$	- 1,910		- 1,910	
$(B + B')$	+ 6,931		+ 6,931	
$C$	+ 18,393		+ 18,392	
$D$	- 4,208		- 4,210	
$\tau$	- 0,3058			
$a; a'$	+ 0,12338	+ 0,6362	- 0,1944	+ 0,6079
$b; b'$	+ 0,02474	+ 0,7715	+ 0,2662	+ 0,7940
$c; c'$	+ 0,04910	+ 0,7632	+ 0,2691	+ 0,8506
$d; d'$	- 0,05955	+ 0,3205	- 0,3519	+ 0,6005
$\mu'$		- 0,058		
$(A+A') a; (A+A') a'$	- 0,24 <sup>s</sup>	- 1,22''	+ 0,37 <sup>s</sup>	- 1,16''
$(B+B') b; (B+B') b'$	+ 0,17	+ 5,35	+ 1,85	+ 5,50
$Cc; Cc'$	+ 0,90	+ 14,04	+ 4,95	+ 15,64
$Dd; Dd'$	+ 0,25	- 1,35	+ 1,48	- 2,53
$\tau\mu'$		+ 0,02		
$\alpha_{\text{КГЗ}}; \delta_{\text{КГЗ}}$	$20^h38^m03,66^s$	$+30^\circ15'27,51''$		
$T'$	+ 0,017			
$R_{FK4}; R'_{FK4}$	- 0,001 <sup>s</sup>	+ 0,36''		
$(10 \triangle R'_{FK4}) \cdot 10 T'$		+ 0,01		
$\alpha; \delta$	$20^h38^m03,7^s$	$+30^\circ15'27,88''$	$20^h29^m53,4^s$	$+81^\circ20'59,90''$



В том случае, когда часовые углы обеих звезд пары по абсолютному значению не превышают  $4^s$  при определении широты со средней квадратической ошибкой  $0,3''$  и  $15^s$  — при определении широты со средней квадратической ошибкой  $1''$ , целесообразно вычислять видимые склонения не каждой звезды пары, а сразу полусумму видимых склонений звезд пары  $\frac{1}{2}(\delta_S + \delta_N)$ , если северная звезда наблюдалась в верхней кульминации, или  $90^\circ + \frac{1}{2}(\delta_S - \delta_N)$ , если северная звезда наблюдалась в нижней кульминации. Для вычислений используют формулы:

$$\frac{1}{2}(\delta_S + \delta_N) = \delta_0 + (A + A')a'_0 + (B + B')b'_0 + Cc'_0 + Dd'_0 + \tau\mu'_0,$$

$$\text{где } \delta_0 = \frac{1}{2}(\delta_{S, 1975.0+T} + \delta_{N, 1975.0+T}); \quad a'_0 = \frac{1}{2}(a'_S + a'_N);$$

$$b'_0 = \frac{1}{2}(b'_S + b'_N); \quad c'_0 = \frac{1}{2}(c'_S + c'_N);$$

$$d'_0 = \frac{1}{2}(d'_S + d'_N); \quad \mu'_0 = \frac{1}{2}(\mu'_S + \mu'_N)$$

$$\text{и } 90^\circ + \frac{1}{2}(\delta_S - \delta_N) = \delta_0 + (A + A')a'_0 + (B + B')b'_0 + Cc'_0 + Dd'_0 + \tau\mu'_0,$$

$$\text{где } \delta_0 = 90^\circ + \frac{1}{2}(\delta_{S, 1975.0+T} - \delta_{N, 1975.0+T}); \quad a'_0 = \frac{1}{2}(a'_S - a'_N);$$

$$b'_0 = \frac{1}{2}(b'_S - b'_N); \quad c'_0 = \frac{1}{2}(c'_S - c'_N);$$

$$d'_0 = \frac{1}{2}(d'_S - d'_N); \quad \mu'_0 = \frac{1}{2}(\mu'_S - \mu'_N).$$

**92.** Зенитные расстояния  $z'_{\text{выч. } S}$ ,  $z'_{\text{выч. } N}$  южных и северных звезд вычисляют по формулам:

$$z'_{\text{выч. } S} = \varphi_0 - \delta_S;$$

$$z'_{\text{выч. } N} = \delta_N - \varphi_0;$$

$$z'_{\text{выч. } N_{Sp}} = 180^\circ - (\varphi_0 + \delta_{N_{Sp}}),$$

если средние часовые углы звезд по абсолютному значению не больше  $4^s$  при определении широты со средней квадратической ошибкой  $0,3''$  и не больше  $15^s$  при определении широты со средней квадратической ошибкой  $1''$ . Если часовые углы больше указанных пределов, то зенитные расстояния вычисляют по формуле

$$\cos z'_{\text{выч.}} = \frac{1}{2} [\cos(\varphi_0 - \delta)(1 + \cos t) - \cos(\varphi_0 + \delta)(1 - \cos t)].$$

При полевом контроле наблюдений вычисление значения  $z_{\text{выч.}}$  целесообразно выполнять по формуле

$$z_{\text{выч.}} = z_m \pm \Delta z,$$

где  $z_m$  — зенитное расстояние звезды в момент ее кульминации;  
 $\Delta z$  — поправка, вычисляемая с помощью таблиц приложения 25.

Суммарную поправку  $K$  за ускорение и коллимацию в вычисленное зенитное расстояние звезды находят по формуле

$$K = \pm 5,45 \cdot 10^{-5} \sum_{i=1}^5 \Delta T_i^2 \sin 2\delta,$$

где  $\Delta T_i = T_i - T_H$  — разность между моментом  $T_i$ , соответствующим  $i$ -му наведению нити на звезду, и средним моментом  $T_H$ .

В этой формуле знак „плюс“ для северной звезды в верхней кульминации, знак „минус“ для южной звезды и для северной звезды в нижней кульминации.

Вычисляют поправку  $\Delta z_K$  в полуразность вычисленных зенитных расстояний северной и южной звезд по формуле

$$\Delta z_K = \frac{1}{2} (K_N - K_S).$$

Для зенитной звезды поправку  $\Delta z_K$  в полуразность вычисленных зенитных расстояний вычисляют по формуле

$$\Delta z_K = 4,54 \cdot 10^{-5} \cdot \sin 2\delta \sum_{i=1}^6 (\mp t_0 - t_i)^2,$$

где  $t_i$  — часовой угол звезды в момент  $i$ -го наведения;

$t_0 = \frac{1}{2} (|t_{\text{ср.}}|_{\text{ОК.Е}} + |t_{\text{ср.}}|_{\text{ОК.В}})$  — среднее из абсолютных значений средних часовых углов звезды для каждого положения теодолита.

Знак перед  $t_0$  устанавливается: „минус“ для первого положения теодолита, „плюс“ — для второго. Разность  $(\mp t_0 - t_i)$  выражается в секундах времени.

Вычисляют широту пункта по каждой паре звезд по формуле

$$\varphi = \varphi_0 + x,$$

где  $\varphi_0$  — приближенное значение широты пункта;  
 $x$  — поправка к приближенному значению широты.

Поправку  $x$  находят по формуле

$$x = \frac{1}{2} (z'_{\text{выч. N}} - z'_{\text{выч. S}}) + \Delta z_K \pm \Sigma.$$

Если наблюдали зенитную звезду, то значение  $x$  вычисляют по формуле

$$x = \delta - \varphi_0 + \Delta z_K \pm \Sigma.$$

Знак перед суммой  $\Sigma$  устанавливается: „плюс“, если при увеличении зенитного расстояния отсчеты по барабану микрометра возрастают, и „минус“, если при увеличении зенитного расстояния отсчеты по барабану микрометра убывают.

В том случае, когда часовые углы обеих звезд пары по абсолютному значению не превышают  $4^s$  при определении широты со средней квадратической ошибкой  $0,3''$  и  $15^s$  — при определении широты со средней квадратической ошибкой  $1''$ , значение широты находят по формулам:

— северная звезда наблюдается в верхней кульминации

$$\varphi = \frac{1}{2} (\delta_S + \delta_N) + \Delta z_K \pm \Sigma;$$

— северная звезда наблюдается в нижней кульминации

$$\varphi = 90^\circ + \frac{1}{2} (\delta_S - \delta_N) + \Delta z_K \pm \Sigma.$$

Пример вычисления приведен в табл. 37.

Таблица 37

Вычисление широты из наблюдений пары звезд  
в произвольных малых часовых углах

10.9.76 г.

Обозначения	Вычисления	
	2529 S	2508 N
$t^h$	+ 9,3 <sup>s</sup>	+ 1,2 <sup>s</sup>
$t^0$	+ 2'19,5"	
$\varphi_0$	55°47'00,00"	55°47'00,00"
$\delta$	+30 15 27,88	+81 20 59,90
$\varphi_0 - \delta$	25 31 32,12	
$\varphi_0 + \delta$	86 02 27,88	
$\cos(\varphi_0 - \delta)$	0,90239292	
$1 + \cos t$	1,99999977	
$\cos(\varphi_0 + \delta)$	0,06904126	
$1 - \cos t$	0,00000023	
$\cos z'_{\text{выч.}}$	0,90239281	
$z'_{\text{выч.}}$	25°31'32,17"	25 33 59,90
$\frac{1}{2} (z'_{\text{выч. N}} - z'_{\text{выч. S}})$	+ 1'13,86"	
$\Delta z_K$	+ 0,11	
$\Sigma$	- 1 11,81	
$x$	+ 2,16	
$\varphi$	55°47'02,16"	

Расхождения между отдельными значениями широт, вычисленными по каждой паре, не должны превышать 2,5" при определении широты со средней квадратической ошибкой 0,3" или 4" — при определении широты со средней квадратической ошибкой 1".

93. При определении широты со средней квадратической ошибкой 0,3" уравнивание вычисленных широт выполняется в такой последовательности:

— Составляют для каждой пары звезд уравнение поправок

$$\Delta \varphi - b_i \Delta R + l_i = v_i,$$

где  $b_i = \frac{1}{2} (m_S - m_N)^{06}_i$ ;  $l_i = \varphi_{\text{ср.}} - \varphi_i$ ;  $\varphi_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}$ .

Величины  $\frac{1}{2} (m_S - m_N)^{06}_i$  выписывают с точностью до 0,1 оборота барабана микрометра с тем же знаком, с которым они приняты при вычислении соответствующих пар;

— Составляют из  $n$  уравнений поправок два нормальных уравнения:

$$n \Delta \varphi - [b] \Delta R = 0;$$

$$- [b] \Delta \varphi + [bb] \Delta R - [bl] = 0.$$

Уравненные значения неизвестных  $\Delta \varphi$  и  $\Delta R$  получают из выражений:

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta_\varphi}{\Delta};$$

$$\Delta R = \frac{\Delta_R}{\Delta},$$

где  $\Delta = n [bb] - [b]^2$ ,  $\Delta_\varphi = [b][bl]$ ,  $\Delta_R = n [bl]$ ;

— Вычисляют уравненные значения широты  $\varphi'$  и цены оборота  $R$  барабана микрометра по формулам:

$$\varphi' = \varphi_{\text{ср.}} + \Delta \varphi;$$

$$R = R_0 + \Delta R.$$

Средние квадратические ошибки определения широты пункта и цены оборота барабана микрометра по результатам уравнивания вычисляют по формулам:

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-2}}; \quad M_\varphi = \frac{\mu}{\sqrt{P_\varphi}}; \quad M_R = \frac{\mu}{\sqrt{P_R}},$$

где  $[v^2] = [ll] - \frac{[bl]^2}{[bb]}$ ;  $P_\varphi = \frac{\Delta}{[bb]}$ ;  $P_R = \frac{\Delta}{n}$ .

Пример уравнивания вычисленных широт и оценки точности определения широты приведен в табл. 38.

Уравнивание и оценка точности вычисленных широт

Дата	Номер звезды		$\varphi_i$	$l_i$	$b_i$	Коэффициенты и свободные члены нормальных уравнений
	$N$	$S$				
10.9.1976 г.	2425	2404	55°47'02,89"	-0,88"	-2,1	$n = 10$
"	2439	2466	2,11	-0,10	+0,9	$[b] = + 0,7$
"	2488	2499	1,33	+0,68	+1,6	$[bb] = 34,85$
"	2508	2529	2,16	-0,15	-0,6	
"	2537	2564	1,45	+0,56	-1,5	$[bl] = 3,36$
"	2615	2624	2,12	-0,11	-2,8	$[ll] = 1,71$
"	2641	2665	1,80	+0,21	+2,0	
11.9.1976 г.	2700	2727	2,27	-0,26	-1,4	
"	2771	2758	1,95	+0,06	+2,2	
"	2880	2864	1,99	+0,02	+2,5	

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{ср.}} &= 55^{\circ}47'02,01'' \\ \Delta\varphi &= + 0,01''; \\ \varphi' &= 55^{\circ}47'02,02''\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= n[bb] - [b]^2 = 348,01; & \Delta\varphi &= \frac{\Delta_{\varphi}}{\Delta} = + 0,01''; \\ \Delta_{\varphi} &= [b][bl] = 2,35; \\ \Delta_R &= n[bl] = 33,60; & \Delta R &= \frac{\Delta_R}{\Delta} = + 0,10''; \\ M_{\varphi} &= \frac{\Delta}{[bb]} = 9,99; & [v^2] &= [ll] - \frac{[bl]^2}{[bb]} = 1,39; \\ P_R &= \frac{\Delta}{n} = 34,80; & \mu &= \sqrt{\frac{[v^2]}{n-2}} = 0,42''; \\ M_{\varphi} &= \frac{\mu}{\sqrt{P_{\varphi}}} = 0,13''; & M_R &= \frac{\mu}{\sqrt{P_R}} = 0,071''.\end{aligned}$$

При определении широты со средней квадратической ошибкой 1" из всех значений  $\varphi_i$  берется среднее арифметическое.

Оценка точности определения широты выполняется по формуле

$$M_{\varphi} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

где  $v$  — отклонения отдельных значений широты, вычисленных по каждой паре звезд от среднего арифметического из всех ее значений.

## Определение долготы по способу Цингера с точностью 0,03 и 0,06<sup>s</sup>

94. При определении долгот со средней квадратической ошибкой 0,03<sup>s</sup> лично-инструментальную разность определяют дважды: в начале и в конце полевого сезона. Для получения одного значения лично-инструментальной разности астроном определяет не менее чем в течение четырех вечеров долготу основного пункта из наблюдений не менее 50 пар звезд. В каждый вечер должно наблюдаться не более 16 пар звезд. Между определениями лично-инструментальной разности не разрешается заменять контактный микрометр в астрономическом теодолите, радиоприемник Р-311 и импульсную приставку.

При определении долгот со средней квадратической ошибкой 0,06<sup>s</sup> лично-инструментальную разность определяют один раз перед началом полевых работ или по их окончании. В этом случае для получения значения лично-инструментальной разности астроном определяет не менее чем в течение трех вечеров долготу основного пункта из наблюдений 36 пар звезд.

Поправка в долготу за лично-инструментальную разность вычисляется по формуле, приведенной в ст. 86.

Для определения долготы полевого пункта со средней квадратической ошибкой 0,03<sup>s</sup> необходимо отнаблюдать не менее чем за три вечера 36 пар звезд, а для определения долготы полевого пункта со средней квадратической ошибкой 0,06<sup>s</sup> необходимо отнаблюдать 12 пар звезд.

Для вывода поправки хронометра прием сигналов времени выполняют для хронометра 6МХ через 1—2 ч, для хронометра «Альтаир» в начале и в конце вечера наблюдений.

Каждый вечер определяют мертвый ход винта микрометра и один раз на каждом пункте — ширину контактов.

95. Эфемериды для наблюдения звезд по способу Цингера составляют с использованием соответствующих рабочих эфемерид\*. Описание рабочих эфемерид и примеры составления эфемерид для наблюдений звезд приводятся в объяснениях к указанным «Рабочим эфемеридам». На одном пункте в разные вечера рекомендуется наблюдать разные пары звезд.

Для составления эфемерид определяют приближенную широту  $\varphi_0$  пункта наблюдения по топографической карте с точностью до 1'.

Образец эфемерид для наблюдения пар Цингера на широте  $\varphi_0 = 55^\circ 47'$  в эпоху 1976.0 на звездное время с 18<sup>h</sup>17<sup>m</sup> по 19<sup>h</sup>25<sup>m</sup> приведен в табл. 39.

\* Рабочие эфемериды пар Цингера для широт 40—50°, эпоха 1965.0, т. II. Труды ЦНИИГАиК, вып. 136. М., Геодезиздат, 1960.

Рабочие эфемериды пар Цингера для широт 50—60°, эпоха 1965.0, т. III. Труды ЦНИИГАиК, вып. 134. М., Геодезиздат, 1960.

Рабочие эфемериды пар Цингера для широт 60—70°, эпоха 1960.0. Труды ЦНИИГАиК, вып. 90. М., Геодезиздат, 1951.

Рабочие эфемериды звезд

Номер пары	Номер звезды	$s$	$EW$		$WE$	
			$z$	$A$	$z$	$A$
1381	$E-518-3,8$	$18^h17^m$	$34^\circ33'$	$282^\circ04'$	$33^\circ53'$	$75^\circ38'$
	$W-368-4,5$			76 55		283 20
1385	$E-506-1,3$	18 32	23 01	283 41	22 20	79 01
	$W-394-3,9$			80 24		285 04
1390	$E-542-4,4$	18 46	41 49	280 58	41 08	74 14
	$W-372-4,2$			75 27		282 11
1398	$E-556-4,6$	19 12	34 45	267 03	34 03	88 24
	$W-384-4,6$			89 25		268 03
1402	$E-545-4,6$	19 26	32 06	282 19	31 25	74 53
	$W-406-3,6$			76 11		283 37

96. Программа наблюдений включает:

- первый прием радиосигналов времени;
- наблюдение  $n$  пар звезд;
- второй прием радиосигналов времени.

Порядок наблюдений каждой пары звезд астрономическим теодолитом АУ-2"/10" следующий:

— за 4—5 мин до эфемеридного момента  $s_{эф}$  зрительную трубу теодолита устанавливают на эфемеридное зенитное расстояние  $z_{эф}$  пары и закрепляют в этом положении; алидаду теодолита в соответствии с выбранным порядком наблюдений ( $WE$  или  $EW$ ) устанавливают по азимуту первой звезды; скрепляют талькоттовский уровень со зрительной трубой и откидывают его ограничительную вилку; пузырек уровня элевационным винтом выводят на середину; подвижную нить микрометра устанавливают на расстоянии около 1,5 оборота микрометричного винта от нуля пункта навстречу ожидаемому появлению в поле зрения трубы изображения звезды;

— с приближением звезды к первой по ходу ограничительной нити  $a_1a_2$  или  $a_7a_8$  (см. рис. 4 на стр. 12) отсчитывают талькоттовский уровень, наводят вращением наводящего винта алидады вертикальную нить  $m_3m_4$  на звезду и удерживают на ней вращением винта до тех пор, пока звезда не дойдет до ограничительной нити  $a_3a_4$  или  $a_5a_6$  (точки  $F_1$  или  $F_2$ ); после этого вращение наводящего винта прекращают и дают сигнал для пуска хронографа;

— с момента вступления звезды на подвижную нить перемещают ее примерно на три оборота путем плавного вращения обеими руками головок привода контактного микрометра, все время удерживая звезду на нити; после этого подают команду о выключении хро-

нографа и берут отсчеты по талькоттовскому уровню. При наблюдениях с маркопечатающим хронографом помощник наблюдателя останавливает его только после того, как на ленте будет отмечено начало минуты и записано показание хронометра, соответствующее этой минуте;

— алидаду теодолита устанавливают по азимуту второй звезды пары и наблюдают ее в таком же порядке как и первую; закончив наблюдение второй звезды и записав показание талькоттовского уровня, ставят ограничительную вилку в верхнее положение и отпускают закрепительные винты уровня и зрительной трубы.

Если наблюдения выполняют теодолитом ДКМЗ-А, то методика наблюдений будет несколько отличаться от предыдущей вследствие того, что в этом теодолите при контактном микрометре имеется позиционное устройство в виде круговой шкалы в поле зрения окуляра (см. рис. 6 на стр. 15), с помощью которого, зная параллактические углы звезд, можно исключить влияние остаточного наклона подвижной нити. Отличие методики заключается в том, что при подходе изображения звезды к круговой шкале добиваются вращением наводящего винта алидады, чтобы изображение звезды прошло через отсчет круговой шкалы, соответствующий позиционному углу  $p$  звезды. Позиционный угол равен  $100^g - q^g$  (где  $q$  — параллактический угол) и отсчитывается от диаметра  $0^g - 200^g$  круговой шкалы в сторону направления видимого движения звезды.

Вычисление параллактических углов  $q$  можно производить с помощью логарифмической линейки по формуле

$$\sin q = \frac{\cos \varphi \sin t}{\sin z} = k \sin t,$$

где  $t = s_{\alpha\varphi} - \alpha$ ,  $k = \cos \varphi \cdot \operatorname{cosec} z_{\alpha\varphi}$ .

Если круговая шкала сетки нитей разбита на градусы, то угол  $q$  в градусах переводится в градусы по формуле

$$q^g = 1,11 \cdot q^\circ.$$

При переходе от наблюдений одной пары Цингера к другой рекомендуется менять порядок наблюдения звезд в паре. Если, например, первая пара наблюдалась в порядке  $WE$ , то следующие за ней пары наблюдаются в порядке  $EW$ ,  $WE$ ,  $EW$  и т. д.

В обработку включают по 10 одноименных контактов, расположенных симметрично относительно нуля пункта микрометра.

97. Обработка наблюдений складывается из расшифровки хронографической ленты (при использовании хронографа ХПМ-3), обработки журнала наблюдения и вычисления долготы. Результаты расшифровки записывают в журнал (табл. 40).



## Образец записи наблюдений при определении долготы

Пара 1398 EW  $z = 34^{\circ}45'$ 

556 E	$A_E = 267^{\circ}03'$	384 W	$A_W = 89^{\circ}25'$
9,3—31,3	108,0—131,9	11,8—33,8	110,7—134,6
9,2—31,2	107,8—131,8	11,8—33,8	110,7—134,6
40,6—40,4	239,9—239,6	45,6—45,6	245,3—245,3
$t_{E_1} = 40,50$	$t_{E_2} = 239,75$	$t_{W_1} = 45,60$	$t_{W_2} = 245,30$
$19^h 09^m 14,07^s$	$19^h 14^m 28,24^s$	$19^h 11^m 51,155^s$	
15,70	26,60	51,150	
17,08	25,30	51,190	
18,42	24,13	51,275	
19,76	22,75	51,255	
21,10	21,38	51,240	
22,63	19,83	51,230	
24,00	18,38	51,190	
25,51	16,83	51,170	
26,66	15,67	51,165	
$T_E = 19^h 09^m 20,493^s$	$T_W = 19^h 14^m 21,911^s$	$T_H = 19^h 11^m 51,202^s$	
$\operatorname{cosec} A_W = 1,000$	$(t_{E_1} - t_{W_1}) = -5,10$	$\Delta y_l = -3,05''$	
$\cos z = 0,822$	$(t_{E_2} - t_{W_2}) = -5,55$	$\Delta y_a = +0,15$	
$\cos \varphi = 0,562$	$\Delta y'_l = -3,32''$	$\Delta y_T = -0,58$	
	$\Delta y''_l = -2,78$	$\Sigma = -3,48$	

Обработку журнала ведут в следующем порядке:

— Вычисляют средние моменты  $T_E$  и  $T_W$  наблюдений восточной и западной звезд пары по формуле

$$T_{E, W} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n},$$

где  $T_i$  — отсчет по хронометру, соответствующий рабочему контакту  $i$ ;

$n$  — число рабочих контактов (как правило  $n = 10$ );

— Вычисляют средние значения сумм  $i_E$  и  $i_W$  отсчетов по талькоттовскому уровню по формулам:

$$i_E = \frac{1}{2} (i'_E + i''_E);$$

$$i_W = \frac{1}{2} (i'_W + i''_W),$$

где  $i'_E$  и  $i'_W$  — суммы отсчетов по талькоттовскому уровню перед наблюдением звезд восточной и западной соответственно;

$i''_E$  и  $i''_W$  — суммы отсчетов по талькоттовскому уровню после наблюдения звезд восточной и западной соответственно;

— Вычисляют поправку  $\Delta y_i$  за изменение наклонности оси талькоттовского уровня по формуле

$$\Delta y_i = (i_W - i_E)^{0/2} \frac{\tau}{4} \operatorname{cosec} A_W,$$

если нуль шкалы уровня находится вблизи объектива, и

$$\Delta y_i = (i_E - i_W)^{0/2} \frac{\tau}{4} \operatorname{cosec} A_W,$$

если нуль шкалы уровня находится вдали от объектива.

В этих формулах азимуты звезд отсчитываются от точки юга по ходу часовой стрелки от 0 до 360°. Если при наблюдениях используются два талькоттовских уровня, то поправку  $\Delta y_i$  вычисляют по формуле

$$\Delta y_i = \frac{1}{2} (\Delta y'_i + \Delta y''_i),$$

где  $\Delta y'_i$  и  $\Delta y''_i$  — поправки за изменение наклонностей осей талькоттовских уровней первого и второго соответственно;

— Вычисляют поправку  $\Delta y_a$  за влияние суточной аберрации по формуле

$$\Delta y_a = +0,32 \cos z \cos \varphi;$$

— Вычисляют поправку  $\Delta y_\gamma$  за ширину контакта и мертвый ход контактного микрометра по формуле

$$\Delta y_\gamma = \frac{1}{2} (\pm \text{ШК} - \text{МХ}) \operatorname{cosec} A_W,$$

где МХ — мертвый ход контактного микрометра, *секунды дуги*; ШК — ширина контакта, *секунды дуги*.

Перед величиной ШК ставится знак „минус“, если хронограф срабатывает от переднего края контакта, и знак „плюс“, если от заднего края контакта;

— Вычисляют сумму  $\Sigma$  поправок для каждой пары звезд

$$\Sigma = \Delta y_i + \Delta y_a + \Delta y_\gamma.$$

98. Видимые координаты  $\alpha$  и  $\delta$  звезд вычисляют по АЕ. При определении долготы со средней квадратической ошибкой  $0,03^s$  видимое прямое восхождение  $\alpha$  вычисляют до  $0,001^s$ , а видимое склонение  $\delta$  — до  $0,1''$ . Пример вычисления  $\alpha$  и  $\delta$  приведен в табл. 41.

Таблица 41

Вычисление видимых координат  $\alpha$  и  $\delta$  звезд  
с использованием АЕ СССР

Обозначения	Вычисления	
	556 E	384 W
	10.9.1976 г.	10.9.1976 г.
$S_0$	$23^h 17^m$	$23^h 17^m$
$s$	19 09	19 15
$\lambda$	2 30	2 30
$S$	$16\ 39 = 0,694^d$	$16\ 45 = 0,698^d$
$\alpha$	22 40	15 52
Последовательность	$S_0 \rightarrow S \rightarrow \alpha$	$S_0 \rightarrow \alpha \rightarrow S$
$T_*$	$-6\ 01 = -0,251^d$	$+0\ 53 = +0,037^d$
$d_*$	1	1
$n = \frac{1}{10} (d_* + T_*)$	0,075	0,104
$a_{\text{табл.}}$	$22^h 39^m 32,002^s$	$15^h 51^m 51,734^s$
$n (\Delta'_1)_\alpha$	$-0,002$	$-0,026$
$\frac{a'}{2}$	$22\ 39\ 32,000$	$15\ 51\ 51,708$
$\delta_{\text{табл.}}$	$+44^\circ 09' 29,25''$	$+42^\circ 31' 19,57''$
$n (\Delta'_1)_\delta$	$+0,21$	$-0,10$
$\frac{\delta'}{2}$	$+44\ 09\ 29,46$	$+42\ 31\ 19,47$
$A'$	$-0,028$	$-0,028$
$B'$	$-0,057$	$-0,057$
$a$	$+0,131$	$+0,102$
$b$	$+0,061$	$-0,032$
$d\alpha = A'a + B'b$	$-0,007^s$	$-0,001^s$
$a'$	$+0,939$	$-0,530$
$b'$	$+0,344$	$+0,848$
$d\delta = A'a' + B'b'$	$-0,05''$	$-0,03''$
$\alpha$	$22^h 39^m 31,993^s$	$15^h 51^m 51,707^s$
$\delta$	$+44^\circ 09' 29,4''$	$+42^\circ 31' 19,4''$

При определении долготы со средней квадратической ошибкой  $0,06^s$  видимое прямое восхождение  $\alpha$  вычисляют до  $0,01^s$ , а видимое склонение  $\delta$  — до  $0,1''$ . Аргумент интерполирования  $n$  в этом случае может вычисляться по формуле

$$n = 0,1 (D, i - D_0),$$

где  $D, i$  — дата наблюдения (до десятых долей суток) по всемирному времени (гринвичская дата);

$D_0$  — ближайшая меньшая табличная дата АЕ с точностью до 0,1 суток.

Дробная часть даты наблюдения  $i$  может быть выбрана из таблицы 42 по аргументу „всемирное время момента наблюдения звезды“  $[T_1 + (T_H - X_1)]$  или вычислена по формуле

$$i = \frac{1}{24} [T_1 + (T_H - X_1)],$$

где  $T_1$  — средний программный момент передачи секундных сигналов времени первой радиостанции по всемирному времени;

$T_H$  — средний момент наблюдения звезды по хронометру;

$X_1$  — показание хронометра в средний момент  $T_1$ .

Таблица 42

$D, i$	$T_1 + (T_H - X_1)$	$D, i$	$T_1 + (T_H - X_1)$
	$0^h00^m$		$10^h48^m$
$D, 0$	1 12	$D, 5$	13 12
$D, 1$	3 36	$D, 6$	15 36
$D, 2$	6 00	$D, 7$	18 00
$D, 3$	8 24	$D, 8$	20 24
$D, 4$	10 48	$D, 9$	22 48

**99.** Вычисление долготы пункта (табл. 43) производится в следующем порядке:

— Вычисляют зенитные расстояния  $z_{\text{выч.}}$  звезд пары по формуле

$$\cos z_{\text{выч.}} = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t_0$$

или

$$\cos z_{\text{выч.}} = \frac{1}{2} [\cos(\varphi - \delta)(1 + \cos t_0) - \cos(\varphi + \delta)(1 - \cos t_0)],$$

где  $t_0 = T_H + u_1 + \omega (T_H - X_1) - \alpha$ ;

$\alpha$  и  $\delta$  — видимые координаты звезды, исправленные за влияние короткопериодических членов нутации;

$T_H$  — средний момент наблюдения звезды;

$u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$  в момент  $X_1$ ;

$\omega$  — ход хронометра;

$X_1$  — показание хронометра в средний момент первого приема сигналов времени;

## Вычисление долготы из наблюдений одной пары Цингера

Обозначения	Вычисления	
	1398 EW (10.9.1976 г.)	
	556 E	384 W
$T_H$	$19^h 09^m 20,493^s$	$19^h 14^m 21,911^s$
$u_1$	+ 8,360	+ 8,360
$\omega (T_H - X_1)$	— 0,061	— 0,064
$s$	19 09 28,792	19 14 30,207
$\alpha$	22 39 31,993	15 51 51,707
$t_0^h$	— 3 30 03,201	3 22 38,500
$t_0^m$	$52^\circ 30' 48,02''$	$50^\circ 39' 37,50''$
$\varphi$	55 47 02,0	55 47 02,0
$\delta$	+44 09,29,4	+42 31 19,4
$\varphi - \delta$	11 37 32,6	13 15 42,6
$\varphi + \delta$	99 56 31,4	98 18 21,4
$\cos(\varphi - \delta)$	0,9794849	0,9733319
$1 + \cos t_0$	1,6085767	1,6339153
$\cos(\varphi + \delta)$	— 0,1726521	— 0,1444589
$1 - \cos t_0$	0,3914233	0,3660847
$\cos z_{\text{выч.}}$	0,82157833	0,82161305
$z_{\text{выч.}}$	$34^\circ 45' 24,82''$	$34^\circ 45' 12,26''$
$z_{\text{выч. E}} - z_{\text{выч. W}}$	+	12,56''
$\sin A_W - \sin A_E$		1,999
$y'$	+	6,28''
$\Sigma$	—	3,48
$y$	+	2,80
$\frac{1}{15} y \sec \varphi$	+	0,332 <sup>s</sup>
$\lambda_0$	$2^h 29^m 47,400^s$	
$\lambda$	2 29 47,732	

— Вычисляют величину  $y$  из наблюдений каждой пары звезд по формуле

$$y = \frac{z_{\text{вмч. } E} - z_{\text{вмч. } W}}{\sin A_W - \sin A_E} + \Sigma;$$

— Вычисляют долготу  $\lambda_i$  из наблюдений каждой пары звезд по формуле

$$\lambda_i = \lambda_0 + \frac{1}{15} y_i \sec \varphi.$$

Расхождения долгот, вычисленных по каждой паре звезд, не должны превышать  $0,3''$ .

### Совместное определение широты и долготы по способу Мазаева с точностью $1''$ и $0,06''$

100. Программа совместного определения широты и долготы включает три серии по 8—10 звезд в каждой. Звезды, составляющие серию, должны быть выбраны так, чтобы они распределялись возможно равномерно по азимуту.

Перед началом полевых работ или по их окончании наблюдатель должен определить лично-инструментальную разность. Для определения лично-инструментальной разности наблюдают шесть серий звезд в течение (не менее) трех вечеров на одном из основных астрономических пунктов, список которых дан в приложении 5.

Поправка в долготу за лично-инструментальную разность вычисляется по формуле, приведенной в ст. 86.

Для вывода поправки хронометра прием сигналов времени выполняют для хронометра 6МХ через 1—2 ч, для хронометра «Альтаир» в начале и конце вечера наблюдений.

101. Перед наблюдением звезд составляют рабочие эфемериды, в которых для каждой звезды в момент ее прохождения через данный альмукантарат указывают номер и величину звезды, звездное время  $s$  и азимут  $A$ , отсчитываемый от точки севера. Для составления рабочих эфемерид используют эфемериды звезд для совместного определения широты и долготы по способу равных высот\*.

Табличные величины  $A_0$  и  $s_0$  выбирают из эфемерид для всех звезд, пересекающих альмукантарат в предполагаемом для наблюдений промежутке времени, и интерполируют их на приближенную широту пункта  $\varphi_0$ , определенную по карте с точностью  $2'$ . Затем за отличие эпох составления эфемерид и наблюдения исправляют выбранные величины  $A_0$  и  $s_0$  поправками  $\Delta A$  и  $\Delta s$ , взятыми из приложения 6, по формулам:

$$A = A_0 + \Delta A;$$

$$s = s_0 + \Delta s.$$

\* Мазаев А. В. Эфемериды звезд для совместного определения времени и широты по способу равных высот в альмукантарате  $45^\circ$ , вып. I, для широт от  $+29^\circ 30'$  до  $+45^\circ 30'$ . М., Воениздат, 1945.

То же, вып. II, для широт от  $+45^\circ 30'$  до  $+70^\circ 30'$ . М., Воениздат, 1945.

После этого составляют рабочие эфемериды, в которых звезды располагают строго в порядке времени их наблюдения. При составлении рабочих эфемерид надо подбирать звезды так, чтобы между наблюдениями проходило не менее 4—5 мин. Пример составления рабочих эфемерид для наблюдения звезд по способу Мазаева для промежутка звездного времени от  $17^h39^m$  до  $18^h55^m$  на пункте с приближенной широтой  $\varphi_0 = 55^\circ 46' = 55,8^\circ$  приведен в табл. 44.

Подбор звезд и интерполирование величин  $s_0$  и  $A_0$  необходимо производить от ближайшей табличной широты  $\varphi_0$ .

Таблица 44

Рабочие эфемериды звезд

Номер звезды по АЕ	$m$	$s_0$	$A_0$	$\alpha_0$	$\Delta s$	$\Delta A$	$s$	$A$
517	3,4	$17^h39^m$	$102,0^\circ$	$21^h11^m$	$+0,7^m$	$-0,3^\circ$	$17^h40^m$	$101,7^\circ$
545	4,6	49	82,8	22 12	$+0,6$	$-0,4$	50	82,4
356	2,7	58	251,4	14 43	$+0,7$	$-0,3$	59	251,1
3	2,4	18 05	46,9	0 06	$+0,7$	$-0,3$	18 06	49,6
412	4,9	14	204,3	17 03	$+0,8$	$-0,3$	15	204,0
542	4,4	21	95,9	22 08	$+0,7$	$-0,3$	22	95,6
564	3,6	26	77,6	23 00	$+0,7$	$-0,4$	27	77,2
316	1,7	38	308,1	12 52	$+0,6$	$-0,3$	39	307,8
350	3,0	47	275,7	14 30	$+0,7$	$-0,3$	48	275,4
510	4,5	54	141,1	20 44	$+0,3$	$-0,5$	54	140,6

102. Программа наблюдений включает:

- первый прием радиосигналов времени;
- наблюдение серии звезд;
- второй прием радиосигналов времени.

После приема сигналов времени устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние  $45^\circ$  и закрепляют ее; скрепляют талькоттовский уровень со зрительной трубой и выводят пузырек уровня на середину элевационным винтом.

Затем выбирают из рабочих эфемерид подходящую по времени звезду и записывают в журнал наблюдений номер звезды, ее звездную величину, местное звездное время  $s$  и азимут  $A$ . За 3—5 мин до момента  $s$  алидаду теодолита устанавливают по азимуту выбранной звезды. Перед наблюдением первой звезды в серии положение пузырька талькоттовского уровня исправляют элевационным винтом уровня, перед наблюдением второй и последующих звезд при крайней необходимости — наводящим по высоте винтом зрительной трубы. За 2—3 мин до момента  $s$  вращением наводящего винта алидаду поворачивают навстречу движению звезды.

При появлении звезды в поле зрения трубы включают освещение сетки нитей; вращением наводящего винта алидады подводят

изображение звезды ближе к средней вертикальной нити (биссектору) и отсчитывают по талькоттовскому уровню. При наблюдении теодолитом ДКМЗ-А используется один талькоттовский уровень.

При подходе изображения звезды к крайней (верхней или нижней) нити сетки наблюдатель подает команду включить хронограф. Затем при пересечении изображением звезды каждой горизонтальной нити наблюдатель регистрирует момент каждого пересечения путем нажатия клавиши. По окончании наблюдений звезды снова отсчитывают по талькоттовскому уровню.

Наблюдатель должен следить за тем, чтобы изображение звезды пересекало все горизонтальные нити сетки вблизи от средней вертикальной нити (биссектора) с тем, чтобы исключить влияние ошибок за непараллельность и наклон горизонтальных нитей. Для этого во время прохождения изображения звезды между крайними нитями трубу теодолита поворачивают по азимуту вращением наводящего винта алидады и прекращают вращение винта перед пересечением звездой каждой нити.

Образец записи наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 45.

Таблица 45

Образец записи в журнале совместного определения широты и долготы по способу Мазаева

412	$m = 4,9$	$s = 18^h 12^m$	$A = 204,0^\circ$
<hr/>			
17,1 — 32,9			
17,6 — 33,4			
<hr/>			
17,35 — 33,15			
$b = - 0,50$			
$18^h 10^m 05,43^s$			
36,52			
11 08,34			
37,16			
12 06,47			
37,19			
13 08,43			
39,14			
<hr/>			
14 10,51			
<hr/>			
$T'_H = 18 \ 12 \ 07,69$			
$\delta T = - \quad 0,02$			
<hr/>			
$T_H = 18 \ 12 \ 07,67$			
<hr/>			
$\left( \frac{T_n - T_1}{100} \right)^2 = 6,00$			
$W = 0,69$			



**103.** Обработка наблюдений складывается из расшифровки хронографической ленты (при использовании хронографа ХПМ-3), обработки журнала наблюдений, вычисления свободных членов уравнений поправок, графической проверки наблюдений и вычислений, составления и решения уравнений поправок и вывода значений широты и долготы пункта. Результаты расшифровки записывают в журнал.

Обработку журнала ведут в следующем порядке:

— Вычисляют средний момент  $T'_H$  наблюдения звезды до 0,01<sup>с</sup> по формуле

$$T'_H = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n},$$

где  $T_i$  — отсчет по хронометру в момент прохождения изображения звезды через  $i$ -тую нить;

$n$  — число нитей;

— Исправляют средний момент  $T'_H$  наблюдения звезды поправкой за влияние суточной абберации по формуле

$$T_H = T'_H - 0,02^s,$$

где 0,02<sup>с</sup> — поправка за влияние суточной абберации;

— Вычисляют наклонность  $b$  оси талькоттовского уровня в полуделениях по одной из формул:

нуль делений шкалы находится вблизи объектива

$$b = m - (Л + П);$$

нуль делений шкалы находится вдали от объектива

$$b = (Л + П) - m,$$

где  $Л$  и  $П$  — отсчеты по левому и правому концам пузырька уровня;

$m$  — наибольшее число, подписанное на шкале уровня (если на другом конце шкалы подписан нуль) и

$m = m_1 + m_2$ , если  $m_1$  и  $m_2$  крайние подписи на шкале.

**104.** Видимые координаты  $\alpha$  и  $\delta$  звезд вычисляют по АЕ:  $\alpha$  до 0,01<sup>с</sup>, а  $\delta$  до 0,01<sup>″</sup>. Аргумент интерполирования  $n$  может вычисляться так же как и при вычислении видимых координат звезд для определения долготы по способу Цингера со средней квадратической ошибкой 0,06<sup>″</sup>.

**105.** Зенитное расстояние  $z_{\text{выч.}}$  звезды вычисляют по формулам:

$$\cos z_{\text{выч.}} = \frac{1}{2} [\cos(\varphi_0 - \delta)(1 + \cos t_0) - \cos(\varphi_0 + \delta)(1 - \cos t_0)]$$

или

$$\cos z_{\text{выч.}} = \sin \varphi_0 \sin \delta + \cos \varphi_0 \cos \delta \cos t_0,$$

где  $\alpha$  и  $\delta$  — видимые координаты звезды;

$$t_0 = T_H + u_1 + \omega(T_H - X_1) - \alpha;$$

$\varphi_0$  — предварительное значение широты пункта наблюдения;

$T_H$  — средний момент наблюдения звезды по хронометру;

$u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$  в момент  $X_1$ ;

$\omega$  — ход хронометра;

$X_1$  — показание хронометра в средний момент первого приема сигналов времени.

Находят поправку  $\Delta l_i$  в вычисляемое зенитное расстояние звезды за наклонность оси талькоттовского уровня по формуле

$$\Delta l''_i = b \cdot \frac{\tau''}{2},$$

где  $\tau''$  — цена деления талькоттовского уровня.

Поправку  $\Delta l_w$  за ускорение движения звезды по зенитному расстоянию вычисляют по формуле

$$\Delta l_w = p \left( \frac{T_n - T_1}{100} \right)^2 W,$$

где  $p = 0,454 \frac{n+1}{n-1}$ ;

$n$  — число нитей, на которых наблюдались звезды;

$(T_n - T_1)$  — промежуток времени между моментами наблюдения на крайних нитях, с.

Величину  $W$  выбирают из графиков, приведенных в приложении 7, по аргументам  $\varphi_0$  и  $A$ .

В случае пропуска отдельных нитей вычисляют поправку за пропущенные нити

$$\Delta l_f = \frac{\Sigma f_l}{n},$$

где  $\Sigma f_l$  — сумма расстояний пропущенных нитей от средней фиктивной нити (при образовании суммы учитываются знаки расстояний).

Свободные члены  $l$  уравнений поправок вычисляют по форме, приведенной в табл. 46.

## Вычисление свободных членов уравнений поправок

4.8.1959 г.

Обозначения	Вычисления	
	412	542
$T_H$	$18^h 12^m 07,67^s$	$18^h 19^m 53,09^s$
$u_1$	+ 22,23	
$\omega (T_H - X_1)$	— 0,03	— 0,03
$s$	18 12 29,87	18 20 15,29
$\alpha$	17 03 31,07	22 08 13,33
$t_0^h$	1 08 58,80	— 3 47 58,04
$t_0^m$	$17^\circ 14' 42,00''$	$-56^\circ 59' 30,60''$
$\varphi_0$	55 45 35,00	
$\delta$	12 47 59,45	32 58 51,44
$\varphi_0 - \delta$	42 57 35,55	22 46 43,56
$\varphi_0 + \delta$	68 33 34,45	88 44 26,44
$\cos (\varphi_0 - \delta)$	0,731831	0,922007
$1 + \cos t_0$	1,955046	1,544759
$\cos (\varphi_0 + \delta)$	0,365534	0,021978
$1 - \cos t_0$	0,044954	0,455241
$\cos z_{\text{выч.}}$	0,707166	0,707137
$z_{\text{выч.}}$	$44^\circ 59' 42,8''$	$44^\circ 59' 51,2''$
$z_{\text{эф}}$	45 00 00,0	
$z_{\text{выч.}} - z_{\text{эф}}$	— 17,2	— 8,8
$\Delta I_I$	— 0,6	— 0,1
$\Delta I_W$	+ 2,4	0,0
$N$	+ 10,0	+ 10,0
$l$	— 5,4	+ 1,1

106. Для каждой звезды составляют уравнение поправок

$$a\zeta + b_i x + c_i y + l_i = v_i \text{ с весом } p = 1,$$

где

$$a = -1; \quad b_i = -\cos A_i; \quad c_i = -\sin A_i;$$

$$\zeta = \Delta z; \quad x = \Delta \varphi; \quad y = 15 \cos \varphi_0 \Delta \lambda;$$

$$l = (z_{\text{выч.}} - z_{\text{эф}}) + \Delta l_i + \Delta l_w + \Delta l_f \pm N;$$

$\Delta z, \Delta \varphi, \Delta \lambda$  — искомые поправки к приближенным значениям  $z_{\text{эф}}, \varphi_0, \lambda_0$ ;

$z_{\text{эф}}$  — зенитное расстояние альмукантарата наблюдения, равное  $45^\circ$ ;

$N$  — произвольное целое число секунд, одинаковое для всех звезд данной серии, подбираемое так, чтобы сумма свободных членов была близка к нулю.

Перед решением уравнений поправок производят графическую проверку наблюдений и вычислений свободных членов в следующем порядке:

— На миллиметровой бумаге строят оси прямоугольных координат, за начало которых (рис. 21) принимают приближенные значения  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ ;

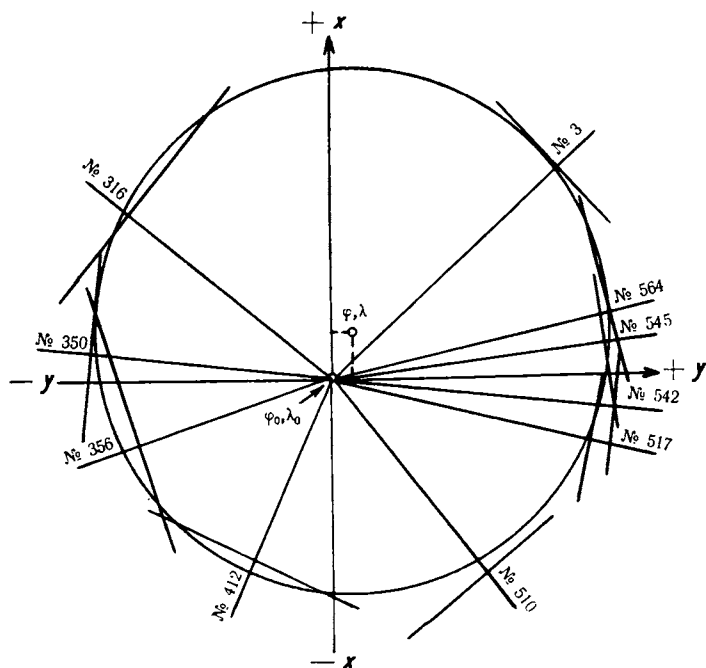


Рис. 21. Графическая проверка наблюдений и вычислений

— От положительного направления оси абсцисс  $X$ , откладывают по транспортиру углы, равные азимутам наблюдаемых в серии звезд, и на прочерченных направлениях откладывают от начала координат отрезки, равные  $l$ , в принятом масштабе. Если величины  $l$  имеют знак „плюс“, то отрезки откладывают по направлению линии азимута, если знак „минус“—то в противоположном направлении;

— В точках, образованных концами отрезков  $l_i$ , проводят прямые, перпендикулярные к отрезкам  $l$  (так называемые „линии положения“), а затем строят окружность, которая бы наилучшим образом вписывалась в фигуру, образованную линиями положения.

Расстояния линий положения от вписанной окружности, равные в масштабе чертежа погрешностям измерений, не должны превышать 3". При больших значениях проверяются обработка журнала наблюдений и вычисление свободного члена уравнения поправок для данной звезды. Если выявить ошибку не удастся, то это наблюдение звезды исключают из обработки как ошибочное, запись наблюдений данной звезды в журнале зачеркивают и пишут краткое объяснение.

Решение уравнений поправок выполняют в следующем порядке:

— Значение  $\zeta$  знать не требуется, поэтому при решении  $n$  уравнений поправок по способу наименьших квадратов неизвестное  $\zeta$  исключается путем добавления к уравнениям поправок данной серии звезд одного суммарного уравнения

$$[a]\zeta + [b_i]x + [c_i]y + [l_i] = v \text{ с весом } p = -\frac{1}{n};$$

— Составляют по уравнениям поправок, включая и суммарное уравнение, два нормальных уравнения с двумя неизвестными:

$$[pbb]x + [pbc]y + [pbl] = 0;$$

$$[pbc]x + [pcc]y + [pcl] = 0;$$

— Решают систему нормальных уравнений алгебраическим путем с помощью определителей по формулам:

$$x = \frac{\Delta_x}{\Delta}; \quad y = \frac{\Delta_y}{\Delta},$$

где  $\Delta = [pbb][pcc] - [pbc][pbc];$

$$\Delta_x = [pbc][pcl] - [pbl][pcc];$$

$$\Delta_y = [pbl][pbc] - [pbb][pcl];$$

— Вычисляют для данной серии уравненные значения широты и долготы:

$$\varphi' = \varphi_0 + x;$$

$$\lambda' = \lambda_0 + \frac{1}{15} y \text{ сек } \varphi;$$

— Вычисляют средние квадратические ошибки широты  $\varphi'$  и долготы  $\lambda'$ , полученных из этой серии:

$$m_{\varphi'} = m_x;$$

$$m_{\lambda'} = \frac{1}{15} m_y \cdot \sec \varphi,$$

где

$$m_x = \frac{\mu}{\sqrt{P_x}}; \quad m_y = \frac{\mu}{\sqrt{P_y}}; \quad \mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-3}}; \quad P_x = \frac{\Delta}{[pcc]}; \quad P_y = \frac{\Delta}{[pbb]};$$

$$[pv^2] = [pll] + [pbl] \cdot x + [pcl] \cdot y.$$

Пример составления уравнений поправок и решения нормальных уравнений приведен в табл. 47 и 48.

Таблица 47

Уравнения поправок

Номер звезды	$A$	$a$	$b$ ( $-\cos A$ )	$c$ ( $-\sin A$ )	$l'$	$S$	$p$
517	102,4°	— 1	+0,21	—0,98	—0,20"	— 1,97	1
545	82,8	— 1	—0,13	—0,99	+1,30	— 0,82	1
356	251,4	— 1	+0,32	+0,95	—4,50	— 4,23	1
3	46,9	— 1	—0,68	—0,73	+3,10	+ 0,69	1
412	204,0	— 1	+0,91	+0,41	—5,50	— 5,18	1
542	95,9	— 1	+0,10	—0,99	+1,10	— 0,79	1
564	77,6	— 1	—0,21	—0,98	+1,40	— 0,79	1
316	308,2	— 1	—0,62	+0,79	0,00	— 0,83	1
350	275,7	— 1	—0,10	+1,00	—2,10	— 2,20	1
510	141,2	— 1	+0,78	—0,63	—1,70	— 2,55	1
Суммарное		—10	+0,58	—2,15	—7,10	—18,67	—0,1

## Нормальные уравнения

	$b]$	$c]$	$l]$	$S]$
$[pb]$	2,48	0,25	— 9,57	— 6,84
$[pc]$		7,04	— 14,84	— 7,55
$[pl']$			66,32	41,91

$$\Delta = 17,397$$

$$\Delta_x = 63,663$$

$$\Delta_y = 34,411$$

$$\varphi_0 = 55^\circ 45' 35,0''$$

$$x = + 3,7$$

$$\varphi' = 55^\circ 45' 38,7''$$

$$x = + 3,7''$$

$$y = + 2,0$$

$$\lambda_0 = 2^h 30^m 39,50^s$$

$$\frac{1}{15} y \sec \varphi = + 0,24$$

$$\lambda' = 2^h 30^m 39,74^s$$

Оценка точности

$$[pv^2] = 66,32 + (-9,57) 3,7 + (-14,84) 2,0 = 1,231;$$

$$\mu = 0,42'';$$

$$P_x = 2,47;$$

$$P_y = 7,01$$

$$m_x = 0,27''$$

$$m_y = 0,16''$$

$$m_{\varphi} = 0,27''$$

$$m_{\lambda} = 0,019^s$$

Средние значения широты и долготы определяемого пункта, выведенные из наблюдений  $k$  серий вычисляют по формулам:

$$\varphi_{\text{ср.}} = \frac{\sum \varphi'}{k};$$

$$\lambda'_{\text{ср.}} = \frac{\sum \lambda'}{k},$$

где  $k$  — число серий.

Среднюю квадратическую ошибку определения среднего значения широты вычисляют по формуле

$$M_{\varphi} = \sqrt{\frac{[v^2]}{k(k-1)}},$$

где  $[v^2]$  — сумма квадратов отклонений отдельных значений широты  $\varphi'$  от  $\varphi_{\text{ср.}}$ .

Среднюю квадратическую ошибку определения среднего значения долготы вычисляют по формуле

$$M_{\lambda_{\text{ср.}}} = \sqrt{\frac{[v^2]}{k(k-1)}},$$

где  $[v^2]$  — сумма квадратов отклонений отдельных значений долготы  $\lambda'$  от  $\lambda'_{\text{ср.}}$ .

Вычисление широты и долготы пункта

Дата	Количество звезд	$\varphi'$	$\nu_\varphi$	$\lambda'$	$\nu_\lambda$
4.7.1959 г.	10	$55^\circ 45' 38,7''$	$-0,1''$	$2^h 30^m 39,74^s$	$+0,01^s$
4.7.1959 г.	8	39,2	$-0,6$	39,80	$-0,05$
5.7.1959 г.	8	38,0	$+0,6$	39,71	$+0,04$

$$\begin{aligned}\varphi_{\text{ср.}} &= 55^\circ 45' 38,6'' & \lambda'_{\text{ср.}} &= 2^h 30^m 39,75^s \\ [v^2_\varphi] &= 0,73 & [v^2_\lambda] &= 0,0042 \\ M_\varphi &= 0,35'' & M_{\lambda'} &= 0,026^s\end{aligned}$$

### Вычисление окончательных значений широт и долгот

107. Окончательное значение широты пункта вычисляют по формуле

$$\varphi = \varphi_{\text{ср.}} + \Delta\varphi_c + \Delta\varphi_n,$$

где  $\varphi_{\text{ср.}}$  — широта точки установки теодолита, вычисленная на пункте наблюдения;

$\Delta\varphi_c$  — поправка за приведение широты  $\varphi_{\text{ср.}}$  к центру пункта;

$\Delta\varphi_n$  — поправка за приведение широты  $\varphi_{\text{ср.}}$  к среднему полюсу.

Для вычисления поправок в широты и долготы за приведение к центру пункта измеряют азимут направления с точки установки теодолита на центр пункта и расстояние между ними. Азимут может измеряться путем непосредственного отсчитывания его по ориентированному в меридиане горизонтальному кругу теодолита. Для приведения расстояния к горизонту измеряют угол наклона при двух положениях круга одним приемом.

Значения азимута (до  $1'$ ), расстояния (до  $0,1$  м) и чертеж взаимного расположения центра пункта и теодолита (рис. 22) приводятся в журнале наблюдения.

Если теодолит был установлен над центром пункта, то в журнале делают запись: «Определение астрономических координат выполнено с центра пункта».

Поправку  $\Delta\varphi_c$  за приведение широты к центру пункта вычисляют по формуле

$$\Delta\varphi_c = 0,0324 \, l \cos A,$$

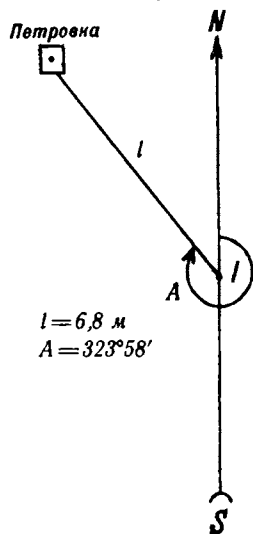


Рис. 22. Чертеж взаимного расположения центра пункта и теодолита



где  $l$  — расстояние, приведенное к горизонту, с точки установки теодолита до центра пункта,  $m$ ;

$A$  — азимут направления с точки установки теодолита на центр пункта.

Пример вычисления поправки  $\Delta \varphi_c$  показан в табл. 50.

Таблица 50

Вычисление поправки  $\Delta \varphi_c$  за приведение широты к центру пункта

Обозначения	Вычисления
$A$	$323^{\circ}58'$
$l$	$6,8 \text{ м}$
$0,0324 \text{ } l$	$0,220$
$\cos A$	$0,809$
$\Delta \varphi_c$	$+ 0,18''$

Поправку  $\Delta \varphi_n$  за приведение широты к среднему полюсу вычисляют по формуле

$$\Delta \varphi_n = Y \sin \lambda - X \cos \lambda,$$

где  $X$  и  $Y$  — координаты мгновенного полюса;

$\lambda$  — астрономическая долгота пункта наблюдения.

Координаты мгновенного полюса  $X$  и  $Y$  выбирают из бюллетеня серии А «Всемирное время и координаты полюса (ОСІ) (окончательные данные)» на среднюю дату определения широты.

Пример вычисления поправки  $\Delta \varphi_n$  показан в табл. 51.

Таблица 51

Вычисление поправки  $\Delta \varphi_n$  за приведение широты к среднему полюсу

10.9.1976 г.

Обозначения	Вычисления
$Y$	$+0,207''$
$\sin \lambda$	$0,608$
$X$	$0,265''$
$\cos \lambda$	$0,794$
$Y \sin \lambda$	$0,126''$
$X \cos \lambda$	$0,210$
$\Delta \varphi_n$	$-0,08''$

В табл. 52 дан пример вычисления окончательного значения широты пункта.

Таблица 52

Вычисление окончательного значения широты пункта

Обозначения	Вычисления
$\varphi_{\text{ср.}}$	$55^{\circ}47'02,02''$
$\Delta \varphi_c$	+ 0,18
$\Delta \varphi_n$	- 0,08
$\varphi$	$55^{\circ}47'02,12''$

108. Окончательное значение долготы пункта вычисляют по формуле

$$\lambda = \lambda'_H + \Delta \lambda_c + \Delta \lambda_n + \partial \lambda,$$

где

$$\lambda'_H = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda'_i + \Delta \lambda_{H_i})}{n};$$

$\lambda'_i$  — долгота точки установки теодолита, вычисленная для  $i$ -той пары с предварительным значением разности

$$UT1 - UTC = DUT1 - dUT1;$$

$\Delta \lambda_{H_i}$  — поправка за приведение долготы  $\lambda'_i$  к окончательному значению  $UT1$ ;

$\lambda'_H$  — среднее значение долготы точки установки теодолита, приведенной к окончательному значению  $UT1$ ;

$\Delta \lambda_c$  — поправка за приведение к центру пункта;

$\Delta \lambda_n$  — поправка за приведение к среднему полюсу;

$\partial \lambda$  — поправка в долготу за лично-инструментальную разность.

Поправку  $\Delta \lambda_n$  вычисляют в такой последовательности:

— Сначала находят поправку  $\Delta T_1$  ко времени, с которым вычислена первая поправка хронометра  $u_1$  для данной серии пар звезд, по формуле

$$\Delta T_1 = (UT1 - UTC)_1 - (DUT1 + dUT1)_1,$$

где  $(UT1 - UTC)_1$  — поправка к координированному времени первой радиостанции, выбираемая из бюллетеня серии А „Всемирное время и координаты полюса (ОСІ) (окончательные данные)“;

$(DUT1 + dUT1)_1$  — предварительное значение поправки к координированному времени, которое было принято для вычисления первой поправки хронометра;

— Затем аналогично находят поправку  $\Delta T_2$  ко времени, с которым получена вторая поправка хронометра  $u_2$  для данной серии пар звезд.

Если разность  $|\Delta T_2 - \Delta T_1|$  по абсолютному значению не превышает  $0,003^s$ , поправку  $\Delta \lambda_H$  в долготы, определенные по каждой паре звезд в данной серии, вычисляют по формуле

$$\Delta \lambda_H = -1/2(\Delta T_1 + \Delta T_2).$$

Если  $|\Delta T_2 - \Delta T_1|$  превышает  $0,003^s$ , то поправку  $\Delta \lambda_{H_i}$  в долготы, определенные по каждой паре звезд в данной серии, вычисляют по формуле

$$\Delta \lambda_{H_i} = - \left[ \Delta T_1 + \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{X_2 - X_1} (T_{H_i} - X_1) \right],$$

где  $X_1$  и  $X_2$  — показания хронометра в средние моменты передач сигналов времени первой и второй радиостанций;

$T_{H_i}$  — средний момент наблюдения  $i$ -той пары звезд в данной серии.

В табл. 53 дан пример вычисления поправки  $\Delta \lambda_H$  для одной серии, когда  $|\Delta T_2 - \Delta T_1| < 0,003^s$ .

**Таблица 53**

**Вычисление поправки на эталонное время для третьей серии пар звезд**

10.9.1976 г.

Обозначения	Вычисления
$(UT1 - UTC)_1$	$+0,015^s$
$(DUT1 + dUT1)_1$	$+0,020$
$\Delta T_1$	$-0,005$
$(UT1 - UTC)_2$	$+0,014$
$(DUT1 + dUT1)_2$	$+0,020$
$\Delta T_2$	$-0,006$
$\Delta \lambda_H$	$+0,006$

После вычисления поправок  $\Delta \lambda_H$  исправляют ими значения долгот  $\lambda'_H$ , определенных по каждой паре Цингера, и затем вычисляют среднее значение долготы  $\lambda'_H$  точки установки теодолита, приведенной к окончательному значению  $UT1$ .

**Вычисление долготы, определенной по способу Цингера  
со средней квадратической ошибкой 0,03<sup>s</sup>,  
исправленной поправкой  $\Delta\lambda_H$**

Дата	Номер пары $i$	Значение долготы $\lambda'_i$	Значение поправки $\Delta\lambda_{H_i}$ (0,001) <sup>s</sup>	Значение долготы $\lambda'_{H_i}$	$v$ (0,001) <sup>s</sup>
9.9.1976 г.	1367	$2^h29^m47,666^s$	+4	$2^h29^m47,670^s$	+ 36
"	1372	606	+4	610	+ 96
"	1376	804	+4	808	-102
"	1380	651	+4	655	+ 51
"	1383	742	+4	746	- 40
"	1386	691	+4	695	+ 11
"	1390	659	+4	663	+ 43
"	1420	716	+4	720	- 14
"	1425	800	+4	804	- 98
"	1431	766	+4	770	- 64
"	1435	605	+4	609	+ 97
"	1441	668	+4	672	+ 34
"	1445	677	+4	681	+ 25
10.9.1976 г.	1368	791	+6	797	- 91
"	1377	554	+6	560	+146
"	1381	779	+6	785	- 79
"	1385	741	+6	747	- 41
"	1390	834	+6	840	-134
"	1398	732	+6	738	- 32
"	1402	621	+6	627	+ 79
10.9.1976 г.	1417	771	+6	777	- 71
"	1421	750	+6	756	- 50
"	1426	592	+6	598	+108
"	1430	830	+6	836	-130
"	1433	673	+6	679	+ 27
"	1438	546	+6	552	+154
11.9.1976 г.	1418	571	+9	580	+126
"	1423	633	+9	642	+ 64
"	1427	666	+9	675	+ 31
"	1432	848	+9	857	-151
"	1437	810	+9	819	-113
"	1441	667	+9	676	+ 30
"	1448	704	+9	713	- 7
"	1452	752	+9	761	- 55
"	1456	662	+9	671	+ 35
"	1460	590	+9	599	+107
"	1464	781	+9	790	- 84
"	1467	650	+9	659	+ 47

$$\lambda'_H = 2^h29^m47,706^s$$

$$[v^2] = 0,2583$$

$$\mu = \sqrt{\frac{0,2583}{38 \cdot 37}} = 0,014^s$$

Среднюю квадратическую ошибку определения долготы пункта  $M_{\lambda'_H}$ , по внутренней сходимости, находят по формуле

$$M_{\lambda'_H} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

где  $v$  — отклонения отдельных значений долгот от среднего.

Пример вычисления среднего значения долготы  $\lambda'_H$  точки установки теодолита и оценки точности ее определения приведен в табл. 54.

При определении долготы со средней квадратической ошибкой  $0,06''$ , если при вычислении поправок хронометра учитывалось предварительное значение поправки к координированному времени  $DUT1 + dUT1$ , поправку  $\Delta \lambda_H$  не вычисляют.

Поправку  $\Delta \lambda_c$  в секундах времени вычисляют по формуле

$$\Delta \lambda_c = 0,00215 \, l \sin A \cdot \sec \varphi,$$

где  $l$  — расстояние (приведенное к горизонту) между центром пункта и точкой стояния теодолита,  $m$ ;

$A$  — азимут направления с точки стояния теодолита на центр пункта.

В табл. 55 дан пример вычисления поправки  $\Delta \lambda_c$ .

**Таблица 55**

**Вычисление поправки за приведение долготы к центру пункта**

Обозначения	Вычисления
$\varphi$	$55^{\circ}47'$
$A$	$323 \ 58$
$l$	$6,8 \ m$
$0,00215 \, l$	$0,015$
$\sin A$	— $0,588$
$\sec \varphi$	$1,778$
$\Delta \lambda_c$	— $0,016''$

Поправку  $\Delta \lambda_n$  вычисляют по формуле

$$\Delta \lambda_n = -\frac{1}{15} \operatorname{tg} \varphi (X \sin \lambda + Y \cos \lambda),$$

где  $X$  и  $Y$  — координаты мгновенного полюса;

$\varphi$  и  $\lambda$  — астрономические координаты пункта наблюдения.

Координаты мгновенного полюса  $X$  и  $Y$  выбирают из бюллетеня серии А «Всемирное время и координаты полюса (ОСІ) (окончательные данные)» на среднюю дату определения долготы.

В табл. 56 дан пример вычисления поправки  $\Delta \lambda_n$ .

Таблица 56

Вычисление поправки за приведение долготы пункта к среднему полюсу

10.9.1976 г.

Обозначения	Вычисления
$X$	$+0,265''$
$\sin \lambda$	$0,608$
$Y$	$+0,208''$
$\cos \lambda$	$0,794$
$X \sin \lambda + Y \cos \lambda$	$0,326$
$\frac{1}{15} \operatorname{tg} \varphi$	$0,098$
$\Delta \lambda_n$	$-0,032^s$

Поправку  $\partial \lambda$  вычисляют по формуле

$$\partial \lambda = \frac{1}{2} (\partial \lambda_1 + \partial \lambda_2),$$

где  $\partial \lambda_1$  и  $\partial \lambda_2$  — поправки за лично-инструментальную разность, полученные из определений на основном пункте в начале и в конце полевого сезона.

При определении долготы со средней квадратической ошибкой  $0,06^s$  учитывается одно значение поправки за лично-инструментальную разность.

Пример вычисления окончательного значения долготы пункта и оценки точности приведен в табл. 57.

Таблица 57

Вычисление окончательного значения долготы пункта, определенной по способу Цингера со средней квадратической ошибкой  $0,03^s$

Обозначения	Значения долготы и поправок	Средние квадратические ошибки
$\lambda'_H$	$2^h 29^m 47,706^s$	$0,014^s$
$\Delta \lambda_n$	— $0,032$	
$\Delta \lambda_c$	— $0,016$	
$\partial \lambda$	— $0,04$	$0,011$

$$\lambda = 2^h 29^m 47,654^s$$

## Глава IV

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОГО АЗИМУТА

109. Астрономические азимуты со средними квадратическими ошибками 1, 2 и 3" определяются астрономическими теодолитами АУ-2"/10" или ДКМЗ-А. Астрономические азимуты со средними квадратическими ошибками 5, 10, 15, 30 и 60" могут определяться оптическими теодолитами Т1, Т2 и Т5.

Астрономические азимуты определяются по часовому углу Полярной с точностью 1—60", по способу совместного определения астрономического азимута и долготы из наблюдений звезд в меридиане с точностью 1 и 2", по высотам ярких звезд с точностью 10", по часовому углу Солнца с точностью 10—60" и по высоте Солнца с точностью 30 и 60".

Число приемов наблюдения приведено в табл. 58.

*Таблица 58*

Число приемов при определении астрономического азимута

Требуемая точность определения азимута	Теодолит	Число приемов	Интервал перестановки круга
1"	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	18+18	10°05'
2	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	8	20 05
3	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	6	30 10
5	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	3	60
5	Т1, Т2	6	30
10	Т1, Т2	4	45
15	Т1, Т2	3	60
30	Т1, Т2	2	90
30	Т5	3	60
60	Т5	2	90

Программа определения азимута с точностью 1" должна выполняться в течение не менее двух вечеров. Программу определения азимута с точностью 2" и грубее разрешается заканчивать в течение одного вечера.

Расхождения отдельных значений астрономического азимута в приемах не должны превышать величин, приведенных в табл. 59.

Таблица 59

Точность астрономического азимута	Допустимые расхождения между значениями азимута в приемах
1 и 2"	6"
3	8
5	15
10	30
15	45
30	60
60	90

Азимуты, определяемые с точностью 1", на полевом пункте вычисляются до 0,1", а при камеральных вычислениях — до 0,01". Азимуты, определяемые с точностью 2—10", вычисляются до 0,1", а определяемые с точностью 15—60" — до 1". Среднее значение азимута, получаемого с точностью 5 и 10", округляется до 1".

Определение астрономического азимута со средней квадратической ошибкой 1" производится 18-ю приемами в прямом направлении и 18-ю приемами в обратном направлении. Средняя квадратическая ошибка одностороннего азимута, вычисленная по внутренней сходимости, не должна превышать 0,5".

Расхождение между приведенными к центрам пунктов прямым и обратным азимутами, вычисленное по формуле

$$\Delta A = (A_{12} - A_{21} \pm 180^\circ) - (\lambda_1 - \lambda_2) \sin \varphi_m,$$

не должно превышать 2,5".

Астрономические долготы для приведения обратного азимута, определенного по наблюдениям Полярной, к прямому должны быть известны со средней квадратической ошибкой 0,03°. Если прямой и обратный азимуты определены одним наблюдателем совместно с долготой из наблюдений звезд в меридиане, то дополнительное определение долгот для приведения обратного азимута к прямому не производится.

Определение азимутов со средними квадратическими ошибками 2" и более производится только в одном направлении.

### Определение астрономического азимута по часовому углу Полярной с точностью 1, 2 и 3"

110. При определении астрономических азимутов со средними квадратическими ошибками 1, 2 и 3" для регистрации моментов наблюдения Полярной применяют экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир» или морской хронометр 6МХ. При определении азимута со средними квадратическими ошибками 2 и 3" можно использовать также двухстрелочный секундомер 51СД.



Для вывода поправки хронометра (секундомера) прием сигналов времени выполняют: для хронометра 6МХ через 2—4 ч, для хронометра «Альтаир» — в начале и в конце вечера наблюдений, для секундомера 51СД через 1—2 ч.

Для вычисления азимутов, определяемых с точностью 1", значения астрономических широт должны быть известны с ошибкой не более 3". Для получения широт могут использоваться геодезические координаты пункта и уклонения отвесной линии, полученные по специальным картам со средней квадратической ошибкой не более 2".

Для вычисления азимутов, определяемых с точностью 2 и 3", астрономические координаты могут быть получены через геодезические, определенные по топографической карте масштаба 1 : 50 000, с учетом уклонений отвесной линии, снятых со специальной карты с ошибкой не более 5".

111. Перед наблюдениями для ускорения вычислений поправок за окулярный микрометр в направлении на земной предмет составляют вспомогательную таблицу произведений отсчетов по барабану микрометра в делениях на цену деления барабана окулярного микрометра. Как образец приводится табл. 60, которая составлена для окулярного микрометра, имеющего цену деления  $\mu = 1,145''$ .

Таблица 60

Поправки за окулярный микрометр,  $\mu = 1,145''$

Деления барабана	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
$\text{с}^{\text{д}}$	0,00"	0,11"	0,23"	0,34"	0,46"	0,57"	0,69"	0,80"	0,92"	1,03"
1	1,14	1,26	1,37	1,49	1,60	1,72	1,83	1,95	2,06	2,18
2	2,29	2,40	2,52	2,63	2,75	2,86	2,98	3,09	3,21	3,32
3	3,44	3,55	3,66	3,78	3,89	4,01	4,12	4,24	4,35	4,46
4	4,58	4,69	4,81	4,92	5,04	5,15	5,27	5,38	5,50	5,61
5	5,72	5,84	5,95	6,07	6,18	6,30	6,41	6,53	6,64	6,76
6	6,87	6,98	7,10	7,21	7,33	7,44	7,56	7,67	7,79	7,90
7	8,02	8,13	8,24	8,36	8,47	8,59	8,70	8,82	8,93	9,04
8	9,16	9,27	9,39	9,50	9,62	9,73	9,85	9,96	10,08	10,19
9	10,30	10,42	10,53	10,65	10,76	10,88	10,99	11,11	11,22	11,34
10	11,45	11,56	11,68	11,79	11,91	12,02	12,14	12,25	12,37	12,48

При наблюдениях в целях уменьшения личных ошибок следует визировать на земной предмет и на Полярную одиночную нить окулярного микрометра (но не биссектором).

Во избежание влияния систематических ошибок, связанных с упругими деформациями в наводящем устройстве алидады горизонтального круга, до отсчета по кругу не следует делать перекладки накладного уровня.

Не затягивать сильно закрепительные винты. При работе пользоваться средней частью наводящих винтов.

Стремиться к полному однообразию действий при наведениях зрительной трубы на земной предмет и на Полярную. Наводить на объект визирования только вращением барабана окулярного микрометра на ввинчивание микрометричного винта. Наведение зрительной трубы по азимуту и высоте завершать только ввинчиванием наводящих винтов.

Отсчеты по горизонтальному кругу делать всегда при электрическом освещении поля зрения микроскопов.

Визировать на объект одной и той же точкой вертикальной нити. Для этого при одном положении вертикального круга КЛ (или КП) визируемый объект устанавливают немного выше средней горизонтальной нити, а при другом КП (или КЛ) — на таком же удалении ниже.

Избегать частой юстировки коллимации и фокусировки.

Проверять и уточнять горизонтирование теодолита через 2—3 приема наблюдений. Не допускается выполнять горизонтирование теодолита внутри приема.

Подвижная нить окулярного микрометра не должна удаляться от нуля на расстояние более 20 делений барабана.

112. Каждый прием определения азимута выполняется в следующем порядке:

— Наблюдают земной предмет при КЛ (КП), при этом: наводят зрительную трубу вращением алидады по ходу часовой стрелки на земной предмет; выполняют три последовательных визирования на земной предмет подвижной нитью окулярного микрометра с отсчетами каждый раз по барабану микрометра (колебание отсчетов не должно превышать трех делений барабана); снимают отсчет по горизонтальному кругу;

— Наблюдают Полярную при КЛ (КП), при этом: устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние Полярной; устанавливают алидаду вращением по ходу часовой стрелки на отсчет, соответствующий направлению на Полярную; подводят изображение звезды к пересечению центральной горизонтальной нити с подвижной нитью, установленной в нульпункте гребенки на отсчет, равный нулю по барабану окулярного микрометра; повернувшись лицом к Полярной, делают отсчет сначала левого, а затем правого концов пузырька уровня и записывают отсчеты в журнал наблюдений; переключивают (для теодолита АУ-2"/10") накладной уровень на 180°; под секундные удары хронометра три раза наводят подвижную нить окулярного микрометра на Полярную, записывая каждый раз отсчеты по хронометру и барабану микрометра; берут отсчеты по накладному уровню и по горизонтальному кругу;

— Переводят трубу через зенит и наблюдают Полярную при КП (КЛ) в том же порядке, как при КЛ (КП);

— Наблюдают земной предмет при КП (КЛ) в том же порядке, как и при КЛ (КП).

Если при КЛ алидаду вращали по ходу часовой стрелки, то при КП ее вращают против.

Образец записей наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 61(а). Наблюдения произведены теодолитом АУ-2"/10". Цена одного деления барабана окулярного микрометра  $\mu = 1,145''$ . Цена накладного уровня  $\tau = 2,174''$ . Рен определялся 15 июня 1955 г.,  $r_A = +0,39''$ ;  $r_B = -0,58''$ . Координаты пункта  $\varphi = 53^{\circ}02'23,0''$ ;  $\lambda = 2^{\circ}37'12,29''$ . Образец записей наблюдений и вычислений в журнале для теодолита ДКМЗ-А приведен в табл. 61(б).

При определении азимута с точностью 2 и 3" разрешается наблюдения выполнять с неподвижной вертикальной нитью. В этом случае наблюдения в приеме выполняются в следующем порядке:

- наблюдают при КЛ (КП) земной предмет, наводя на него неподвижную нить; снимают отсчеты по горизонтальному кругу;

- устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние Полярной и, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, устанавливают ее на отсчет, соответствующий направлению на Полярную; подводят микрометричным винтом алидады изображение звезды к неподвижной вертикальной нити; снимают отсчет по накладному уровню и (у теодолита АУ-2"/10") перекалывают его; в момент секундного удара хронометра наводят микрометричным винтом алидады вертикальную нить на Полярную; снимают отсчеты по накладному уровню и горизонтальному кругу;

- переводят трубу через зенит и наблюдают Полярную при КП (КЛ);

- наблюдают земной предмет при КП (КЛ).

Во втором полуприеме, при КП (КЛ), алидаду вращают против хода часовой стрелки.

Если наблюдения выполняют с двухстрелочным секундомером 51СД, то момент наведения нити на Полярную фиксируют на секундомере путем нажатия кнопки.

Образец записей в журнале наблюдений и его обработки приведен в табл. 97.

При определении азимута со столика сигнала со средней квадратической ошибкой 1" используется поверительная труба. В этом случае при наблюдении земного предмета и Полярной в момент каждого наведения окулярного микрометра зрительной трубы делают наведение на марку подвижной нитью окулярного микрометра поверительной трубы и производят отсчеты по барабану микрометра.

Если зенитное расстояние земного предмета отличается от  $90^{\circ}$  более чем на  $1^{\circ}$ , то при каждом наблюдении земного предмета снимают отсчеты по накладному уровню. По этим отсчетам вычисляют поправку в направление на земной предмет за наклонность горизонтальной оси по формуле

$$\Delta M_b = b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z.$$

## Образцы записи наблюдений в журнале определения азимута по часовому углу Полярной

а) теодолит АУ-2"/10"

Прием 7

Дата 4/5.7.1955 $\text{ctg } z = \underline{1,330}$  $\frac{\tau}{2} \text{ ctg } z = \underline{1,416}$  $s = \underline{20^{\text{h}}01^{\text{m}}42,2^{\text{s}}}$  $\text{cosec } z = \underline{1,664}$  $\mu \text{ cosec } z = \underline{1,905}$  $z = \underline{36^{\circ}55,8'}$ 

Объекты наблюдения	Отсчеты по микрометрам		T	Уровень	Отсчеты L и R по микроскопам			$\frac{a+b}{2}$ } A среднее	Поправки за сд. тр. пов. уровня гир. сумма	Направления ° , "
	главной трубы	поверит. трубы			с лимба	$a_1 b_1$ $a_2 b_2$ среднее	A B			
Земной предмет, фонарь	1,4		КП		250	13,3	14,8	18,1	- 1,60	
	1,5				35	41,2	43,1	44,3		
	1,4									
	1,43							31,20	- 1,60	250 35 29,60
a Ursae minoris	1,2		$19^{\text{h}}58^{\text{m}}23,0^{\text{s}}$	26,1— 9,3	288	12,4	10,9	13,3	- 2,53	
	1,4		34,0	8,9—25,8	09	41,1	40,7	41,8	+ 0,51	
	1,4		42,0	35,4—34,7						
				$x = 35,05$						
				$b = +0,35$						
	1,33		19 58 33,0					27,55	- 2,02	288 09 25,53
	4,1		20 04 44,0	28,0—11,1	108	24,3	22,3	26,6	+ 8,06	
	4,0		51,0	9,0—25,9	09	22,0	21,1	23,1	+ 3,04	
	1,6		59,0	39,1—34,9						
				$x = 37,00$						
				$b = +2,10$						
	4,23		20 04 51,3					24,85	+ 11,10	108 09 35,95
Земной предмет, фонарь	3,4		КЛ		70	24,2	30,9	30,1	+ 4,58	
	4,7				35	21,1	22,9	24,0		
	4,0									
	4,03							27,05	+ 4,58	70 35 31,63

 $s = \underline{20^{\text{h}}02,3^{\text{m}}}$  $\alpha = \underline{1^{\text{h}}52^{\text{m}}25,63^{\text{s}}}$ Среднее:  $\underline{70 35 30,62}$  $\lambda + \alpha = \underline{4 29,6}$  $\delta = \underline{89^{\circ}03'07,64''}$  $2c = \underline{+2,03}$  $s - (\lambda + \alpha) = \underline{15 32,7}$  $\mu = \underline{+35,72^{\text{s}}}$ Доли суток =  $\underline{0,648}$

б) теодолит ДКМЗ-А

Прием 6

Дата 15/16.9.1973

$s = \underline{20^{\circ}28'53,8^s}$

$z = \underline{39^{\circ}49,6'}$

$\text{ctg } z = \underline{1,199}$

$\text{cos } z = \underline{1,561}$

$\frac{\tau}{2} \text{ctg } z = \underline{1,559}$

$\mu \text{cos } z = \underline{1,505}$

Объекты наблюдений	Отсчеты по микрометрам		Т	Уровень	Отсчеты L и R по микроскопам			$\frac{a+b}{2} \left. \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \right\} \text{среднее}$	Поправки за гл. тр. пов. тр. уровень тип сумма	Направ- ления о " "
	главной трубы	поверит. трубы			с лимба о'	$a_1 b_1$ $a_2 b_2$ среднее	A B			
Земной предмет, фонарь	$90^{\circ}118,3^{\circ}$		КЛ		60	36,6	36,6			60 30 34,74
	118,0				30					
	117,9									
	118,07									
	-1,93							36,60	-1,86	
α Ursae minoris	$10^{\circ}0,1$		$20^{\circ}27'18,0^s$	26,8 -12,3	121	35,0	35,0		+1,91	121 20 41,62
	1,3								+4,71	
	2,4									
			39,05	26,75-12,30	20					
	+1,27		20 27 25,7					35,00	+6,62	
α Ursae minoris	$90^{\circ}117,7$		20 30 14,0	9,3 -23,7	101	23,0	23,0		+5,76	301 20 33,47
	116,5								+4,71	
	114,3									
			33,00	9,30-23,70	20					
	116,17			b = +3,02						
	-3,83		20 30 22,0	x = 36,02				23,00	+10,47	
Земной предмет, фонарь	$90^{\circ}118,4$		КП		240	39,8	39,8			240 30 41,28
	119,0									
	118,3									
	118,57									
	-1,43							39,90	+1,38	

$s = \underline{20^{\circ}28,9^m}$

$\lambda + \alpha = \underline{4 \ 34,5}$

$s - (\lambda + \alpha) = \underline{15 \ 54,4}$

Доли суток = 0,663

$\alpha = \underline{2^{\text{h}}07^m38,30^s}$

$\delta = \underline{89^{\circ}08'32,37''}$

$\mu = \underline{+3,16^s}$

Среднее: = 60 30 38,01

2c = -6,54

Для каждого приема сразу же после его окончания вычисляют нульпункт уровня (в полуделениях) по формуле

$$x = \frac{(\Pi + \Pi)_0 + o(\Pi + \Pi)}{2},$$

где  $(\Pi + \Pi)_0$  и  $o(\Pi + \Pi)$  — суммы отсчетов по концам пузырька, когда нуль уровня справа (зрительная труба теодолита направлена на Полярную и наблюдатель обращен лицом к ней) и слева соответственно.

Колебание нульпункта уровня в приеме не должно превышать трех полуделений.

**113.** Обработка наблюдений складывается из обработки журнала наблюдения и вычисления азимута.

Обработку журнала (табл. 61) ведут в следующем порядке:

— Вычисляют среднее значение из отсчетов при наведении на „младший“ и „старший“ штрихи по микроскопам А и Б горизонтального круга и берут среднее  $\frac{A+B}{2}$  до 0,01" как для земного предмета, так и для Полярной;

— Вычисляют средние отсчеты по барабану микрометра до 0,01°;

— Вычисляют поправку за окулярный микрометр в отсчеты по горизонтальному кругу при наблюдении земного предмета по формуле

$$\Delta m = \pm \mu (m - 10^6)^{\circ} \operatorname{cosec} z_{\Delta},$$

где  $\mu$  — цена одного деления барабана окулярного микрометра;

$m$  — отсчет по барабану микрометра;

$z_{\Delta}$  — зенитное расстояние земного предмета.

В этой формуле знак «плюс» принимают для КЛ, знак «минус» — для КП;

— Вычисляют среднее значение горизонтального направления на земной предмет в приеме по формуле

$$M = \frac{1}{2} [L_{\Delta} + (R_{\Delta} \pm 180^{\circ})],$$

где  $L_{\Delta}$  и  $R_{\Delta}$  — отсчеты по горизонтальному кругу при наблюдении земного предмета при КЛ и КП, исправленные поправкой за окулярный микрометр;

— Вычисляют средние моменты  $T_L$  и  $T_R$  наблюдений Полярной для каждого полуприема;

— Вычисляют на средний момент  $T_H = \frac{1}{2}(T_L + T_R)$  наблюдений в приеме поправку хронометра  $u$  по формуле

$$u = u_1 + \omega(T_H - X_1),$$

где  $u_1$  — поправка хронометра в момент  $X_1$ ;

$X_1$  — показание хронометра в средний момент приема сигналов времени первой радиостанции;

$\omega$  — ход хронометра;

— Вычисляют зенитное расстояние  $z$  Полярной с точностью до 1' для каждого приема по формуле

$$z = 90^\circ - \varphi + I + II + III,$$

где величины I, II и III выбирают из таблиц «Широта по наблюдениям Полярной» АЕ;

— Вычисляют поправку за окулярный микрометр в отсчеты горизонтального круга при наблюдениях Полярной по формуле

$$\Delta m^* = \pm \mu (m^* - 10^{06})^{\delta} \operatorname{cosec} z,$$

где  $z$  — зенитное расстояние Полярной в средний момент наблюдений в приеме. Знаки перед формулой устанавливаются: „плюс“ при КЛ и „минус“ при КП;

— Вычисляют наклонность горизонтальной оси в полуделениях уровня при наблюдении Полярной для каждого полуприема по формуле

$$b = \frac{(J + \Pi)_0 - (J + \Pi)}{2};$$

— Вычисляют поправку за наклонность горизонтальной оси в отсчет горизонтального круга, полученный при наблюдении Полярной, по формуле

$$\Delta N = b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z;$$

— Вычисляют отсчеты  $L^*$  и  $R^*$  по горизонтальному кругу при наблюдении Полярной при КЛ и КП, исправленные поправками за окулярный микрометр и за наклонность горизонтальной оси;

— Вычисляют интерполяционный множитель

$$n = \frac{1}{24} [s - (\alpha + \lambda)]^k,$$

с которым для каждого приема вычисляют видимые координаты Полярной.

**114.** Вычисление азимута на земной предмет выполняют по следующим формулам:

$$\begin{aligned} m &= \operatorname{ctg} \delta \sec \varphi; \\ n &= \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi; \\ \operatorname{tg} a &= \frac{m \sin t}{n \cos t - 1}; \\ M_{N_L} &= L^* - a_L; \quad M_{N_R} = (R^* \pm 180^\circ) - a_R; \\ M'_N &= \frac{1}{2} (M_{N_L} + M_{N_R}); \quad M_N = M'_N - 0,32''; \\ p &= 2 \operatorname{cosec} z; \\ c^* &= \frac{1}{p} (M_{N_L} - M_{N_R}); \quad c = \frac{1}{2} [L_\lambda - (R_\lambda \pm 180^\circ)]; \\ A &= M - M_N, \end{aligned}$$

где  $M_N$  — место севера на горизонтальном круге;

$A$  — азимут земного предмета, отсчитываемый от точки севера к востоку, от 0 до  $360^\circ$ .

Вычисления по указанным формулам ведут в следующем порядке (табл. 62):

— Выписывают из журнала наблюдений в ведомость вычисления азимута  $T_L$ ,  $T_R$ ,  $\alpha - u$ ,  $L^*$ ,  $R^* \pm 180^\circ$ ,  $M$  и  $c$ ;

— Вычисляют для каждого наблюдения Полярной ее часовой угол  $t^h$  до  $0,1^\circ$  и  $t^\circ$  до  $1''$

$$t = T - (\alpha - u);$$

— Выписывают  $\sin t$ ,  $\cos t$ ,  $\sec \varphi$ ,  $\operatorname{tg} \varphi$  до шестого десятичного знака и  $\operatorname{ctg} \delta$  до седьмого десятичного знака;

— Вычисляют величины  $m$  и  $n$ ;

— Вычисляют  $\operatorname{tg} a$  и по таблицам натуральных значений тригонометрических функций находят  $a$  до  $0,01''$ ;

— Вычисляют величины  $c^*$  и  $M_N$  из наблюдений Полярной; коллимации  $c^*$  и  $c$ , выведенные из наблюдений Полярной и из наблюдений земного предмета, не должны расходиться более чем на  $6''$ ;

— Вычисляют азимут  $A$  земного предмета с точностью до  $0,01''$ .

**115.** Для получения уравненного значения азимута составляют сводку результатов его вычисления в приемах. Уравненное значение азимута вычисляют до  $0,01''$  как среднее арифметическое из этих результатов.

Среднюю квадратическую ошибку определения азимута (по внутренней сходимости) вычисляют по формуле

$$m_A = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}},$$

где  $v$  — отклонение отдельного значения азимута от среднего;

$n$  — число значений азимута, включенных в сводку.



## Вычисление астрономического азимута по часовому углу Полярной

Прием 7

Номер действия	Обозначения	Вычисления	
		КП ( $R$ )	КЛ ( $L$ )
1	$T_R, T_L$	$19^h 58^m 33,0^s$	$20^h 04^m 51,3^s$
2	$\alpha - u$	1 51 49,9	1 51 49,9
7	$t^h$	18 06 43,1	18 13 01,4
8	$t^\circ$	$271^\circ 40' 46''$	$273^\circ 15' 21''$
9	$\sin t$	— 0,999 570	— 0,998 386
10	$\cos t$	0,029 308	0,056 794
17	$m \sin t$	— 0,027 505 5	— 0,027 472 9
16	$n \cos t - 1$	— 0,999 356	— 0,998 751
18	$\operatorname{tg} a$	+ 0,027 523 2	+ 0,027 507 3
3	$R^* \pm 180^\circ, L^*$	$108^\circ 09' 25,53''$	$108^\circ 09' 35,95''$
19	$a$	1 34 35,64	1 34 32,35
20	$M_{N_R}, M_{N_L}$	106 34 49,89	106 35 03,60
14	$m$	0,027 517 3	
11	$\sec \varphi$	1,663 171	
13	$\operatorname{ctg} \delta$	0,016 545 1	
12	$\operatorname{tg} \varphi$	1,328 961	
15	$n$	0,021 988	
6	$p$	3,328	
5	$c$	+ 1,02	
22	$c^*$	+ 4,12	
21	$M'_N$	$106^\circ 34' 56,74''$	
23	$\triangle a_a$	— 0,32	
4	$M$	70 35 30,62	
24	$M_N$	106 34 56,42	
25	$A$	324 00 34,20	

Для азимутов, определяемых со средними квадратическими ошибками 1, 2 и 3", величины ошибок  $m_A$  не должны превышать 0,5; 1 и 3" соответственно.

Пример составления сводки вычисленных значений азимута, вычисления среднего значения азимута и оценки его точности приведен в табл. 63. Полевые вычисления азимутов даны в табл. 65.

Таблица 63

Сводка вычисленных значений азимута

Дата	Объект наблюдения	Номер приема	Азимут	$v$
4/5.7.1955 г.	Гелиотроп	1	324°00'33,52"	+1,27"
"	"	2	33,85	+0,94
"	"	3	34,93	-0,14
"	"	4*	39,03	
"	"	5	34,80	-0,01
"	Фонарь	6	35,47	-0,68
"	"	7	34,20	+0,59
"	"	8	35,25	-0,46
5/6.7.1955 г.	Гелиотроп	9	34,63	+0,16
"	"	10	35,46	-0,67
"	"	11	32,62	+2,17
"	"	12	34,28	+0,51
"	Фонарь	13	36,29	-1,50
"	"	14	36,80	2,01
"	"	15	36,15	-1,36
"	"	16	36,44	-1,65
6/7.7.1955 г.	Гелиотроп	17	33,52	+1,27
"	"	18	35,36	-0,57
"	Фонарь	4 bis	32,66	+2,13
			Среднее: 324°00'34,79"	

$$[vv] = 26,3187$$

$$m_A = 0,29''$$

\* Прием № 4 в сводку не включен (значение азимута отклонилось на 6,4" от приема № 11), он заменен приемом № 4 bis.

## Определение астрономического азимута по часовому углу Полярной с точностью 5 и 10"

116. При определении азимута со средней квадратической ошибкой 5 и 10" вместо астрономических координат, необходимых для вычислений, могут использоваться геодезические координаты пункта, снятые с карты масштаба 1 : 50 000 со средней квадратической ошибкой не более 3".

Для регистрации моментов наблюдения Полярной могут применяться хронометр, двухстрелочный секундомер 51СД, палубные часы ЧП или другие часы высокого качества с центральной секундной стрелкой, среднее квадратическое колебание двухчасового хода которых не превышает 2 с.

Поправку хронометра, секундомера, часов определяют по сигналам проверки времени, подаваемым широкоэшелонными радиостанциями (шесть точек). Интервалы времени между приемами сигналов для вывода поправки не должны превышать 6 ч для хронометра, 4 ч для палубных часов и 2 ч для секундомера 51СД и других часов.

При определении азимута со средней квадратической ошибкой 5" теодолитами типа Т1 и Т2 наблюдения выполняют с накладным уровнем, а при определении азимута со средней квадратической ошибкой 10" наблюдения могут выполняться без накладного уровня. В этом случае перед наблюдением каждого приема теодолит тщательно горизонтируют с помощью уровня на алидаде. Во время наблюдений пузырек уровня не должен отклоняться от середины более чем на одно деление. Отсчеты по уровню не берут.

117. Каждый прием определения азимута теодолитами типа Т1 и Т2 выполняется в следующем порядке:

- Наблюдают земной предмет при КЛ (КП), при этом наводят центральную вертикальную нить на земной предмет; снимают отсчет по горизонтальному кругу;

- Наблюдают Полярную при КЛ (КП), при этом наводят центральную вертикальную нить вблизи ее пересечения с горизонтальной нитью на Полярную с одновременным отсчетом по хронометру (секундомеру, часам); снимают отсчет по накладному уровню, если он используется при наблюдениях; делают отсчеты, повернувшись лицом к Полярной, сначала левого, а затем правого концов пузырька уровня; снимают отсчет по горизонтальному кругу;

- Наблюдают Полярную при КП (КЛ) в том же порядке, как при КЛ (КП);

- Наблюдают земной предмет при КП (КЛ) в том же порядке, как при КЛ (КП).

Образец записей результатов наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 64.

**Образец записи наблюдений в журнале определения азимута  
по часовому углу Полярной**

22.7.1965 г.

$$z = 45^{\circ}48; \quad \text{ctg } z = 0,972; \quad \frac{\tau}{2} \text{ ctg } z = 5,0''$$

Объект наблюдения	Отсчет по часам	Отсчет по уровню	Отсчет по кругу	Примечание
Дерновка		КЛ	60°06'23" <u>23</u> 23,0	$M = 60^{\circ}06'27,0''$ $N = 87 \ 28 \ 23,0$ $Q = 332 \ 38 \ 04,0$
Полярная	15 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 01,8 <sup>s</sup>	$\frac{7,8-43,8}{51,6}$	87 27 43 <u>43</u> 43,0	
Полярная	16 03 09,8	$\frac{44,3-8,3}{52,6}$	267 29 03 <u>03</u> 03,0	
Дерновка		КП	240 06 31 <u>31</u> 31,0	
$T_H =$	16 01 05,8			
$\Delta T =$	124 <sup>s</sup>			
$\left(\frac{\Delta T}{100}\right)^2 =$	1,54	$b = +0,5$ $\Delta a_b = -2,5''$		

**118. Обработка наблюдений в журнале производится в последовательности:**

— Вычисляют наклонность горизонтальной оси

$$b = \frac{(\Pi + \Pi)_0 - 0(\Pi + \Pi)}{2};$$

— Вычисляют поправку в азимут за наклон горизонтальной оси по формуле

$$\Delta a_b = -b \frac{\tau}{2} \text{ ctg } z;$$

— Вычисляют угол  $Q$  по формуле

$$Q = M - N,$$

где  $M$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях трубы на земной предмет при КЛ и КП;  
 $N$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях трубы на Полярную при КЛ и КП;

— Вычисляют средний момент наблюдения Полярной в приеме

$$T_H = \frac{1}{2} (T_L + T_R);$$

— Находят разность  $\Delta T = T_H - T_{L(R)}$  и величину  $\left(\frac{\Delta T^s}{100}\right)^2$ .

**119.** Вычисление азимута производится по форме табл. 65 в следующем порядке:

— Выбирают из АЕ или Каталога\* видимые координаты  $\alpha$  и  $\delta$  Полярной на дату наблюдения;

— Вычисляют местное звездное время среднего момента наблюдения Полярной в приеме

$$s = T_H + u_1 + \omega (T_H - X_1),$$

где  $u_1$  — поправка хронометра (секундомера, часов) в момент  $X_1$ ;

$\omega$  — часовой ход хронометра (секундомера, часов);

$X_1$  — показание хронометра (секундомера, часов) в средний момент приема сигналов времени первой радиостанции;

— Вычисляют часовой угол

$$t = s - \alpha;$$

— Вычисляют азимут  $a$  Полярной по формулам:

$$a = a' + \Delta a_b + \Delta a_w;$$

$$\operatorname{tg} a' = \frac{m \sin t}{n \cos t - 1};$$

$$m = \operatorname{ctg} \delta \sec \varphi; \quad n = \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi;$$

$$\Delta a_w = K \sin a' \left( \frac{\Delta T^s}{100} \right)^2.$$

Коэффициент  $K$  берут из таблиц приложения 9. Поправка  $\Delta a_w$  в азимут за ускорение звезды вычисляется только при определении азимута с точностью  $5''$  и при  $\Delta T > 3^m$ .

Вычисляют азимут  $A$  земного предмета

$$A = a + Q.$$

Пример вычисления азимута приведен в табл. 65.

---

\* Здесь и далее имеется в виду «Каталог координат Солица и ярких звезд».

**Вычисление астрономического азимута  
по часовому углу Полярной**

Прием 2

Обозначения	Вычисления
$\omega^h$	+ 9,7 <sup>s</sup>
$(T_H - X_1)$	1,02 <sup>h</sup>
$T_H$	16 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 05,8 <sup>s</sup>
$u_1$	+51,0
$\omega(T_H - X_1)$	+ 9,9
$s$	16 02 06,7
$a$	1 59 22,1
$t^h$	14 02 44,6
$t^\circ$	210°41'09,0"
$\sin t$	-0,510 330
$\cos t$	-0,859 978
$\delta$	89°05'54"
$m$	0,022 248
$\sec \varphi$	1,413 645
$\operatorname{ctg} \delta$	0,015 738
$\operatorname{tg} \varphi$	0,999 196
$n$	0,015 725
$m \sin t$	-0,011 354
$n \cos t - 1$	-1,013 523
$\operatorname{tg} a'$	0,011 202
$a'$	0°38'30,4"
$\Delta a_b$	- 2,5
$a$	0 38 27,9
$Q$	332 38 04,0
$A$	333 16 31,9
$\sin a'$	0,011
$K$	-5,24
$K \sin a'$	-0,06

Окончательное значение азимута вычисляют как среднее арифметическое из всех приемов (табл. 66).

Таблица 66

Сводка вычисленных значений азимута

Номер приема	Азимут
1	333°16'34,8"
2	31,9
3	37,7
4	31,6
5	32,4
6	36,0
Среднее:	333°16'34"

**Определение астрономического азимута  
по часовому углу Полярной с точностью 15, 30 и 60"**

120. Для регистрации моментов наблюдения Полярной применяют двухстрелочный секундомер 51СД или часы с центральной секундной стрелкой, установленные по московскому времени.

Поправку секундомера (часов) определяют по сигналам проверки времени, передаваемым широкоэвещательными радиостанциями (шесть точек). Интервал времени между приемами сигналов для вывода поправки секундомера (часов) не должен превышать 4 ч. Координаты пунктов могут определяться по топографической карте масштаба 1 : 100 000.

Перед наблюдением каждого приема теодолит тщательно горизонтируют. Отсчеты по уровню не берут.

121. Каждый прием определения азимута выполняется в следующем порядке:

— Наблюдают земной предмет при КЛ (КП), при этом наводят центральную вертикальную нить вблизи ее пересечения с горизонтальной нитью на земной предмет; снимают отсчет по горизонтальному кругу;

— Наблюдают Полярную при КЛ (КП), при этом наводят центральную вертикальную нить вблизи ее пересечения с горизонтальной нитью на Полярную с одновременным отсчетом по секундомеру (часам), снимают отсчет по горизонтальному кругу;

— Наблюдают Полярную при КП (КЛ) в том же порядке, как при КЛ (КП);

— Наблюдают земной предмет при КП (КЛ) в том же порядке, как при КЛ (КП).

Образец записей результатов наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 67.

**Образец записи наблюдений в журнале определения азимута  
по часовому углу Полярной**

11.8.1960 г.

Прием 1

Объект наблюдения	Отсчет по часам	Отсчет по кругу	Примечание
	КЛ		
Юхнов		$\begin{array}{r} 0^{\circ}03'10'' \\ 10 \\ 10 \end{array}$	$\begin{array}{r} M = 0^{\circ}03'12'' \\ - \\ N = 301 \ 17 \ 16 \\ \hline Q = 58 \ 45 \ 56 \end{array}$
Полярная	$2^h 30^m 10^s$	$\begin{array}{r} 301 \ 15 \ 13 \\ 15 \\ 14 \end{array}$	
		КП	
Полярная	2 36 30	$\begin{array}{r} 121 \ 19 \ 20 \\ 18 \\ 19 \end{array}$	$\begin{array}{r} T = 2^h 33^m 20^s \\ + \\ u = - \quad 1 \ 07 \\ \hline T_m = 2 \ 32 \ 13 \end{array}$
Юхнов		$\begin{array}{r} 180 \ 03 \ 14 \\ 14 \\ 14 \end{array}$	

**122.** В журнале производятся следующие вычисления:

— Вычисляют угол  $Q$  по формуле

$$Q = M - N,$$

где  $M$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на земной предмет при КЛ и КП;

$N$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на Полярную при КЛ и КП;

— Вычисляют средний момент наблюдения Полярной в приеме

$$T = \frac{1}{2} (T_L + T_R);$$

— Вычисляют для среднего момента  $T$  наблюдения в приеме поправку секундомера (часов)  $u$  по формуле

$$u = u_1 + \omega_h (T - X_1)^h,$$

где  $u_1$  — поправка секундомера (часов) относительно московского времени в момент приема радиосигналов  $X_1$ ;



— Вычисляют средний момент  $T_m$  наблюдений Полярной в приеме по московскому времени по формуле

$$T_m = T + u.$$

**123.** Вычисление азимута производится по форме табл. 68 в следующем порядке:

Таблица 68

Вычисление астрономического азимута  
по часовому углу Полярной

Прием 1

Обозначения	Вычисления
$T_m$	$2^h 32^m 13^s$ (12.8.1960 з.)
$T_m - 3^h$	23 32 13 (11.8.1960 з.)
$S_0$	21 17 50
$\lambda$	2 40 50
$(T_m - 3^h) \mu$	3 55
$s$	23 34 48
$\alpha$	1 57 02
$t^h$	21 37 46
$t^o$	$324^o 26' 30''$
$\delta$	89 04 27
$y$	$-1938''$
$\sin t$	$-0,58 \ 153$
$\Delta$	$3333''$
$\cos t$	$0,81 \ 352$
$x$	$+2711''$
$\varphi$	$43^o 10' 00''$
$\varphi + x$	43 55 11
$\cos(\varphi + x)$	$0,72 \ 031$
$a''$	$2690''$
$a$	$0^o 44' 50''$
$Q$	58 45 56
$A$	59 30 46

— Вычисляют местное звездное время  $s$  среднего момента наблюдения Полярной в приеме

$$s = T_m - n^h + S_0 + \lambda + (T_m - n^h) \mu,$$

где  $S_0$  — звездное время в  $0^h$  всемирного времени (выбирается из табл. 1 Каталога или АЕ);

$\lambda$  — астрономическая долгота пункта наблюдения;

$n$  — разность между московским и всемирным временем.

Поправка за переход среднего времени к звездному (в секундах) вычисляется по формуле

$$(T_m - n^h)_\mu = (T_m - n^h)^h \cdot 10,$$

где величина  $T_m - n^h$  выражается в часах с точностью до  $0,1^h$ ;

— Выбирают из Каталога или АЕ видимые координаты  $\alpha$  и  $\delta$  Полярной на дату наблюдения и вычисляют ее полярное расстояние по формуле

$$\Delta = 90^\circ - \delta;$$

— Вычисляют часовой угол  $t$

$$t = s - \alpha;$$

— Вычисляют азимут Полярной по формуле

$$a'' = \frac{-y}{\cos(\varphi - x)},$$

где  $y = \Delta'' \sin t$ ;  $x = \Delta'' \cos t$ ;

— Вычисляют азимут земного предмета

$$A = a + Q;$$

— Вычисляют среднее значение азимута из приемов.

#### **Совместное определение астрономического азимута и долготы из наблюдений звезд в меридиане с точностью 1 и 2''**

**124.** Определение азимута со средней квадратической ошибкой  $1''$  производится астрономическими теодолитами АУ-2''/10'' и ДКМЗ-А 18-ю приемами в прямом направлении и 18-ю приемами в обратном направлении. Лично-инструментальная разность не определяется, поэтому получаемое значение долготы используется только для приведения обратного астрономического азимута к прямому и не используется для вычисления геодезического азимута со средней квадратической ошибкой  $3''$  и менее.

Программа определения азимута в одном направлении на пунктах с широтой  $45^\circ$  и более включает наблюдения:

- Полярной — 5 приемов;
- южных звезд в меридиане на зенитных расстояниях от  $20$  до  $50^\circ$  — 5 приемов;
- южных звезд в меридиане на зенитных расстояниях от  $50$  до  $70^\circ$  — 4 приема;
- северных звезд в меридиане на зенитных расстояниях от  $50$  до  $70^\circ$  — 4 приема.

На пунктах, широта которых меньше  $45^\circ$ , программа включает:

- Полярную — 9 приемов;
- южные звезды в меридиане на зенитных расстояниях от  $35$  до  $70^\circ$  — 9 приемов.

Горизонтальный круг между приемами переставляется на  $10^\circ 05'$ .

Программа определения одностороннего азимута со средней квадратической ошибкой  $1''$  должна выполняться не менее чем за два вечера. В течение одного вечера следует наблюдать примерно равное количество северных (включая Полярную) и южных звезд. Последовательность наблюдения звезд в программе не регламентируется.

Определение азимута со средней квадратической ошибкой  $2''$  производится астрономическими теодолитами АУ- $2''/10''$  и ДКМЗ-А только в одном направлении восемью приемами. Горизонтальный круг между приемами переставляется на  $20^{\circ}05'$ .

Программа определения азимута со средней квадратической ошибкой  $2''$  на пунктах с широтой  $45^{\circ}$  и более включает:

- Полярную — 2 приема;
- южные звезды в меридиане на зенитных расстояниях от  $20^{\circ}$  до  $50^{\circ}$  — 2 приема;
- южные звезды в меридиане на зенитных расстояниях от  $50^{\circ}$  до  $70^{\circ}$  — 2 приема;
- северные звезды в меридиане на зенитных расстояниях от  $50^{\circ}$  до  $70^{\circ}$  — 2 приема.

На пунктах, широта которых меньше  $45^{\circ}$ , программа включает наблюдения:

- Полярной — 4 приема;
- южных звезд в меридиане на зенитных расстояниях от  $35^{\circ}$  до  $70^{\circ}$  — 4 приема.

Программа определения азимута со средней квадратической ошибкой  $2''$  может выполняться в течение одного вечера. Последовательность наблюдений звезд в программе не регламентируется.

Для регистрации моментов наблюдений звезд применяют экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир» и малогабаритное печатающее устройство МПУ8-3 или морской хронометр 6МХ и маркопечатающий хронограф ХПМ-3.

Для вывода поправки хронометра прием сигналов времени выполняется для хронометра 6МХ через 1—2 ч, а для хронометра «Альтаир» в начале и конце вечера наблюдений.

Для вычисления астрономического азимута используются астрономические координаты пункта  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ , полученные из наблюдений, или вычисленные по формулам:

$$\varphi_0 = B + \xi;$$

$$\lambda_0 = L + \eta \sec \varphi,$$

где  $B$  и  $L$  — геодезические широта и долгота пункта наблюдения (с точностью  $2-3''$ );

$\xi$  и  $\eta$  — составляющие уклонения отвесной линии в меридиане и в первом вертикале, известные с точностью  $2''$ .

Если зенитное расстояние земного предмета отличается от  $90^\circ$  более чем на  $1^\circ$ , то при каждом наблюдении земного предмета снимают отсчеты по накладному уровню. По этим отсчетам вычисляют поправку в направление на земной предмет за наклонность горизонтальной оси по формуле

$$\Delta M_b = b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z_{\Delta}.$$

Для ускорения вычислений поправок за окулярный микрометр в отсчеты земного предмета составляют вспомогательную таблицу произведений отсчетов по барабану микрометра в делениях на цену деления барабана окулярного микрометра (см. табл. 60 на стр. 138).

Перед наблюдениями составляется список рабочих эфемерид звезд (табл. 69). Подбор звезд осуществляется по средним местам АЕ по формулам:

для южных звезд

$$s = \alpha, \quad z_s = \varphi - \delta_s;$$

для северных звезд в нижней кульминации

$$s = \alpha \pm 12^h, \quad z_N = 180^\circ - (\varphi + \delta_N).$$

Таблица 69

**Рабочие эфемериды звезд**

$$\varphi = 55^\circ 42,8'$$

Номер звезды	Величина	s	z	$360^\circ - z$
473 S	3,2	$19^h 29^m$	$27^\circ 49'$	$332^\circ 11'$
242 N	4,9	21 14	70 08	289 51

Если вычисления предполагается производить на топографической электронной вычислительной машине ТЭМ-1, для наблюдения выбирают звезды, включенные в Машинный звездный каталог (МЗК).

125. Порядок наблюдений в приеме следующий:

— Наблюдают земной предмет при КЛ (КП), при этом вращением алидады по ходу часовой стрелки наводят зрительную трубу на земной предмет; выполняют три последовательных визирования на земной предмет подвижной нитью контактного микрометра с отсчетами каждый раз по барабану микрометра (колебание отсчетов не должно превышать трех делений барабана); снимают отсчеты по горизонтальному кругу;

— Наблюдают звезду при КЛ (КП), при этом, пользуясь списком рабочих эфемерид, устанавливают зрительную трубу по зенитному расстоянию звезды и алидаду горизонтального круга на величину  $\Delta a$  упреждения по азимуту левее меридиана (величина упреждения для южных звезд выбирается в пределах 30—45', для северных звезд — в пределах 20—30'); сдвигают подвижную нить контактного микрометра на полтора оборота от нуля пункта навстречу видимому движению звезды; за 3—4 минуты до эфемеридного момента  $s$  снимают отсчет по накладному уровню и перекладывают его (при наблюдении теодолитом ДКМЗ-А уровень не перекладывается); при появлении звезды в поле зрения трубы наблюдатель подает помощнику команду: «Включить хронограф» и, с момента вступления звезды на подвижную нить, удерживают ее на этой нити в пределах трех центральных оборотов винта контактного микрометра; при записи моментов наблюдений маркопечатающим хронографом помощник наблюдателя ждет появления на хронографической ленте отметки начала счета минуты рабочего хронометра, записывает на ленте прошедшую минуту и только после этого останавливает хронограф; снимают отсчеты по накладному уровню и по горизонтальному кругу;

— Переводят зрительную трубу через зенит, устанавливают алидаду на угол упреждения правее меридиана и наблюдают звезду при КП (КЛ) в том же порядке, как и при КЛ (КП).

— Наблюдают земной предмет при КП (КЛ) в том же порядке, как и при КЛ (КП).

Для исключения остаточного влияния наклона подвижной нити звезду пропускают вблизи горизонтальной нити, соответственно выше и ниже ее в разных (КЛ и КП) положениях теодолита.

При определении азимута со столика сигнала со средней квадратической ошибкой 1" используется поверительная труба.

Образец записей наблюдений и вычислений в журнале приведен в табл. 70 (наблюдения выполнены теодолитом ДКМЗ-А).

Если в качестве северной звезды выбрана Полярная, то наблюдения Полярной в каждом приеме выполняют в последовательности, изложенной в ст. 112.

После окончания каждого приема контролируется постоянство нуля пункта уровня, если уровень в приеме перекладывался. Значение нуля пункта, вычисленного для каждого полуприема по формуле

$$x = \frac{(Л + П)_0 + {}_0(Л + П)}{2},$$

где  $(Л + П)_0$  и  ${}_0(Л + П)$  — суммы отсчетов по концам пузырька, когда ноль уровня справа и слева соответственно, не должны различаться более чем на три полуделения.

126. Обработка наблюдений складывается из расшифровки хронографической ленты (при использовании хронографа ХПМ-3), обработки журнала наблюдения и вычисления азимута. Результаты расшифровки записывают в журнал (табл. 70).

**Образец записи в журнале определения азимута  
из наблюдений звезд в меридиане**

ЛЕВАЯ СТОРОНА

6/7.8.1970 г.

Прием 2

Объект наблюдения	Отсчет по уровню	Отсчет по микро- метру	Отсчет по горизонтальному кругу	Примечание
Пункт № 2		КЛ		
		17,3 <sup>0</sup>	20°10'31,2"	
		17,0	31,3	
		17,7	+ 31,25	
		17,3	16,66	
			47,91	
473 S	m=3,2	s=19 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>	z= 27°49,0' (332°11,0')	
	27,3 —15,4		273 27 11,0	
	26,0 —14,0		12,2	
	26,65 —14,70		11,60	
	41,35			
473 S		КП		
	10,8 —22,8		94 57 48,5	
	10,0 —22,0		48,9	
	10,40 —22,40		48,70	
	32,80			
Пункт № 2	x= 37,08	12,3	200 11 05,4	
	b= +4,28	12,4	05,2	
		12,8	05,30	
		12,5	—	
			12,04	
			10°53,26"	
			2 c=— 5,35"	

ПРАВАЯ СТОРОНА

КЛ	КП	
19 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 05,25 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 16,40 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 40,825 <sup>s</sup>
05,94	15,42	40,680
06,74	14,63	40,685
07,73	13,76	40,745
08,71	13,00	40,855
09,44	11,83	40,635
10,38	10,69	40,535
11,27	09,98	40,625
12,37	09,09	40,730
19 31 13,68	19 34 08,60	41,140
T <sub>L</sub> = 19 31 09,151	T <sub>R</sub> =19 34 12,340	19 32 40,746
T <sub>H</sub> =19 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 40,746 <sup>s</sup>		u=—3 <sup>m</sup> 25,788 <sup>s</sup>
M= 20°10'50,58"		
N=274 12 30,15		
Q=105 58 20,43		

Обработку журнала ведут в следующем порядке:

— Вычисляют среднее из отсчетов по микрометру при наведении зрительной трубы на земной предмет при КЛ и КП;

— Вычисляют среднее из отсчетов по барабану микрометра до  $0,1^\circ$ ;

— Вычисляют поправку  $\Delta m$  за окулярный микрометр в отсчеты по горизонтальному кругу при наблюдении земного предмета по формуле

$$\Delta m = \pm \mu (m - 10^{06})^\theta \operatorname{cosec} z_\Delta,$$

в которой  $\mu$  — цена деления барабана окулярного микрометра,  $m$  — отсчет по барабану микрометра,  $z_\Delta$  — зенитное расстояние земного предмета;

— Вычисляют среднее  $M$  из отсчетов по горизонтальному кругу, исправленных за окулярный микрометр, а в случае необходимости и за наклон горизонтальной оси, при наведениях зрительной трубы на земной предмет при КЛ и КП

$$M = \frac{1}{2} (L_\Delta + R_\Delta);$$

— Вычисляют среднее  $N$  из отсчетов по горизонтальному кругу при наведении зрительной трубы на звезду при КЛ и КП

$$N = \frac{1}{2} (L^* + R^*);$$

— Вычисляют угол  $Q$  между направлениями на земной предмет и звезду

$$Q = M - N;$$

— Вычисляют наклонность  $b$  горизонтальной оси в полудениях уровня для каждого полуприема (при наблюдении теодолитом ДКМЗ-А наклонность вычисляют для приема)

$$b = \frac{(I + \Pi)_0 - (I + \Pi)}{2};$$

— Вычисляют среднюю наклонность в приеме

$$b_{\text{ср.}} = \frac{1}{2} (b_L + b_R);$$

— Вычисляют средние моменты наблюдения звезды для каждого полуприема

$$T_{L,R} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n},$$

где  $T_i$  — отсчет хронометра, соответствующий рабочему контакту  $i$ ;

$n$  — число рабочих контактов (как правило,  $n = 10$ );

— Вычисляют средний момент  $T_H$  наблюдения звезды в приеме

$$T_H = \frac{1}{2} (T_L + T_R).$$

**127.** Вычисление значения фиктивного азимута  $A'$  направления на земной предмет производится по формуле

$$A' = a + Q + \Delta a_\alpha + \Delta a_{\text{мш}} + \Delta N''_b,$$

где  $a$  — азимут направления на звезду;  
 $Q$  — горизонтальный угол (выбирается из журнала наблюдений);  
 $\Delta a_\alpha$  — поправка за влияние суточной аберрации;  
 $\Delta a_{\text{мш}}$  — поправка за мертвый ход и ширину контакта микрометра;  
 $\Delta N''_b$  — поправка за наклонность горизонтальной оси.

Перед вычислением азимутов звезд вычисляются их часовые углы

$$t = T_H + u_1 + \omega (T_H - X_1) - \alpha,$$

где  $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$ , в момент  $X_1$ ;  
 $\omega$  — ход хронометра;  
 $X_1$  — показание хронометра в средний момент приема сигналов времени первой радиостанции;  
 $\alpha$  — прямое восхождение звезды.

Азимут направления на звезду от точки севера вычисляется по формулам:

для южных звезд

$$a''_S = \frac{15 t^s}{\sin \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta} + 180^\circ;$$

для северных звезд в нижней кульминации

$$a''_N = \frac{15 (t - 12^h)^s}{\sin \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}.$$

Формулы могут применяться, если абсолютные значения часовых углов южных звезд не превышают  $3^m$ , а для северных звезд абсолютная величина значения  $(t - 12^h)$  не превышает  $5^m$ . Пример вычисления азимута приведен в табл. 71. При больших значениях часовых углов азимут звезды вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} a = \frac{\sin t}{\sin \varphi \cos t - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta}.$$



Вычисление азимута из наблюдений звезд в меридиане ( $|t| < 3^m$ )

Обозначения	Вычисления	
	473 S	242 N
$s$	$19^h 29^m 14,958^s$	$21^h 13^m 03,708^s$
$\alpha$	$19 \ 29 \ 33,758$	$9 \ 14 \ 04,111$
$t^s; (t-12^h)^s$	$-18,800$	$-60,403$
$t''; (t-12^h)''$	$-282,00''$	$-906,04''$
$\delta$	$27^\circ 53' 50,65''$	$54^\circ 08' 47,20''$
$\varphi$	$55 \ 42 \ 49,4$	
$\cos \varphi$	$0,563 \ 228$	
$\operatorname{tg} \delta$	$0,529 \ 415$	$1,383 \ 806$
$\sin \varphi$	$0,826 \ 233$	
$\cos \varphi \operatorname{tg} \delta$	$0,298 \ 234$	$0,779 \ 537$
$D_S = \sin \varphi - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta$	$0,527 \ 999$	
$D_N = \sin \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} \delta$		$1,605 \ 770$
$a'' = t'' : D$	$-534,09''$	$-564,24''$
$a'_S = a'' + 180^\circ; a'_N = a''$	$179^\circ 51' 05,91''$	$359^\circ 50' 35,76''$
$\Sigma$	$-7,29$	$+0,83$
$Q$	$105 \ 58 \ 20,43$	$285 \ 58 \ 44,28$
$A'$	$285 \ 49 \ 19,05$	$285 \ 49 \ 20,87$

В вычисленное значение азимута  $a$  вводятся поправки:  
— за влияние суточной аберрации

$$\Delta a''_a = \pm \frac{0,32'' \cos \varphi}{\sin z},$$

где  $z$  — зенитное расстояние звезды (знак „плюс“ берется для северных звезд и „минус“ — для южных);

— за мертвый ход и ширину контакта контактного микрометра

$$\Delta a''_{\text{мш}} = \frac{1}{2} (\text{MX} \pm \text{ШК})'' \operatorname{cosec} z;$$

— за наклон горизонтальной оси

$$\Delta N''_b = -b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z,$$

где  $\tau$  — цена деления накладного уровня.

128. Для выявления и исключения неудовлетворительных приемов в поле выполняют контрольные вычисления азимута земного предмета (табл. 72) для каждого приема по формулам:

для северных звезд

$$A_{N_i} = A'_{N_i} - y \operatorname{ctg} z_{N_i};$$

для южных звезд

$$A_{S_j} = A'_{S_j} + y \operatorname{ctg} z_{S_j},$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, k$ ;  $n = m + k$ ;

$m$  — число отнаблюдаемых северных звезд;

$k$  — число отнаблюдаемых южных звезд.

Условную составляющую  $y$  уклонения отвесной линии в первом вертикале вычисляют (табл. 72) по формуле

$$y = \frac{A'_{N_{\text{ср.}}} - A'_{S_{\text{ср.}}}}{(\operatorname{ctg} z_{N_{\text{ср.}}}) + (\operatorname{ctg} z_{S_{\text{ср.}}})}.$$

Средние значения азимутов  $A'_{N_{\text{ср.}}}$  и  $A'_{S_{\text{ср.}}}$  направления на земной предмет вычисляют по формулам:

$$A'_{N_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{i=1}^m A'_{N_i}}{m};$$

$$A'_{S_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{j=1}^k A'_{S_j}}{k}.$$

Средние значения котангенсов  $(\operatorname{ctg} z_{N_{\text{ср.}}})$  и  $(\operatorname{ctg} z_{S_{\text{ср.}}})$  зенитных расстояний отнаблюдаемых звезд вычисляют по формулам:

$$(\operatorname{ctg} z_{N_{\text{ср.}}}) = \frac{\sum_{i=1}^m \operatorname{ctg} z_{N_i}}{m};$$

$$(\operatorname{ctg} z_{S_{\text{ср.}}}) = \frac{\sum_{j=1}^k \operatorname{ctg} z_{S_j}}{k}.$$

Среднее значение азимута из всех приемов вычисляют по формуле

$$A_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{N_i} + \sum_{j=1}^k A_{S_j}}{n}.$$

Если отдельные значения азимутов  $A_{N_i}$ ,  $A_{S_j}$  расходятся более чем на  $6''$ , то из дальнейшей обработки исключается значение, для которого абсолютная величина поправки, вычисленной по формуле

$$p'_i = A_{\text{ср.}} - A_{i, j},$$

получается наибольшей.

## Контрольные вычисления азимута

Номер звезды	$A'$	$\operatorname{ctg} z$	$y^I \operatorname{ctg} z$	$A_I$	$y^{II} \operatorname{ctg} z$	$A_{II}$	$v'$
Южные звезды							
473	$285^\circ 49' 19,05''$	1,90	$+0,38''$	$19,43''$	$+0,89''$	$19,94''$	$+1,81''$
(480*	26,38	0,99	$+0,20$	26,58)			
482	23,27	0,93	$+0,19$	23,46	$+0,44$	23,71	$-1,96$
532	23,42	0,97	$+0,19$	23,61	$+0,46$	23,88	$-2,13$
557	21,96	1,00	$+0,20$	22,16	$+0,47$	22,43	$-0,68$
488	20,66	1,36	$+0,27$	20,93	$+0,64$	21,30	$+0,45$
685	22,27	0,33	$+0,07$	22,34	$+0,16$	22,43	$-0,68$
537	19,11	0,62	$+0,12$	19,23	$+0,29$	19,40	$+2,35$
551	18,22	0,68	$+0,14$	18,36	$+0,32$	18,54	$+3,21$
571	23,74	0,76	$+0,15$	23,89	$+0,36$	24,10	$-2,35$
Среднее I	285 49 21,81	0,95					
Среднее II	21,30	0,95					
Северные звезды							
N 4	$285^\circ 49' 22,46''$	1,47	$+0,29''$	$22,17''$	$+0,69''$	$21,77''$	$-0,02''$
N 4	23,71	1,48	$+0,30$	23,41	$+0,70$	23,01	$-1,26$
N 4	23,31	1,48	$+0,30$	23,01	$+0,70$	22,61	$-0,86$
N 4	22,36	1,48	$+0,30$	22,06	$+0,70$	21,66	$+0,09$
N 4	22,90	1,48	$+0,30$	22,60	$+0,70$	22,20	$-0,45$
242	20,87	0,36	$+0,07$	20,80	$+0,17$	20,70	$+1,05$
246	19,93	0,55	$+0,11$	19,82	$+0,26$	19,67	$+2,08$
277	20,88	0,41	$+0,08$	20,80	$+0,19$	20,69	$+1,06$
220	22,77	0,31	$+0,06$	22,71	$+0,15$	22,62	$-0,87$
236	22,84	0,66	$+0,13$	22,71	$+0,31$	22,53	$-0,78$
Среднее I	285 49 22,20	0,97		22,00		21,75	
Среднее II	22,20	0,97				$[v^2] =$ $\mu =$ $m =$	44,5870 1,57 0,36

Обозначения	Этапы вычислений	
	I	II
$A'_{N_{\text{ср}}} - A'_{S_{\text{ср}}}$	$+0,39''$	$+0,90''$
$(\operatorname{ctg} z_N)_{\text{ср}} + (\operatorname{ctg} z_S)_{\text{ср}}$	1,92	1,92
$y$	$+0,20$	$+0,47$

$$\begin{aligned} A_{\text{ср.}} &= 285^\circ 49' 21,75'' \\ y \operatorname{tg} \varphi &= + 0,69 \\ A &= 285 \ 49 \ 22,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 36^\circ 44' 44,40'' \\ y \sec \varphi &= + 0,83 \\ \lambda &= 36 \ 44 \ 45,23 \end{aligned}$$

\* Результат из обработки исключен.

После исключения неудовлетворительного приема вычисляют вновь условную составляющую  $u$  уклонения отвесной линии и значения уравненного азимута  $A_i$ .

Вычисления продолжают до тех пор, пока не будут исключены все неудовлетворительные приемы. Перенаблюдение неудовлетворительных приемов выполняется на тех же установках.

Затем вычисляют астрономический азимут направления на земной предмет и астрономическую долготу пункта наблюдения по формулам:

$$A = A_{\text{ср.}} + y \operatorname{tg} \varphi;$$

$$\lambda = \lambda_0 + y \sec \varphi.$$

**129.** После контрольных вычислений азимута производят строгое уравнивание результатов наблюдений. Для каждого из оставшихся после отбраковки приемов составляют (см. табл. 73, 74) уравнение поправок

$$a \triangle A + cy + l_i = v \quad \text{с весом } p_i = \sin^2 z_i,$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $a = 1$ ;  $c = \pm \operatorname{ctg} z_i$ ;  $l_i = A_0 - A'_i$ .

Таблица 73

Коэффициенты уравнений поправок

Номер звезды	$z$	$\sqrt{p}$	$a$	$c$	$l$	$S$	$a\sqrt{p}$	$c\sqrt{p}$	$l\sqrt{p}$	$S\sqrt{p}$	$v\sqrt{p}$
473 S	27°49'	0,47	1	-1,90	+2,95"	+2,05	+0,47	-0,89	+1,39"	+0,97	+0,80
482 S	46 56	0,73	1	-0,93	-1,27	-1,20	+0,73	-0,68	-0,93	-0,88	-1,51
532 S	45 59	0,72	1	-0,97	-1,42	-1,39	+0,72	-0,70	-1,02	-1,00	-1,61
557 S	45 03	0,71	1	-1,00	+0,04	+0,04	+0,71	-0,71	+0,03	+0,03	-0,56
488 S	36 19	0,59	1	-1,36	+1,34	+0,98	+0,59	-0,80	+0,79	+0,58	+0,20
685 S	71 43	0,95	1	-0,33	-0,27	+0,40	+0,95	-0,31	-0,26	+0,38	-0,75
537 S	58 01	0,85	1	-0,62	+2,89	+3,27	+0,85	-0,53	+2,46	+2,78	+1,90
551 S	55 53	0,83	1	-0,68	+3,78	+4,10	+0,83	-0,56	+3,14	+3,41	+2,58
571 S	52 36	0,79	1	-0,76	-1,74	-1,50	+0,79	-0,60	-1,37	-1,18	-1,94
N 4	34 13	0,56	1	+1,47	-0,46	+2,01	+0,56	+0,82	-0,26	+1,12	-0,08
N 4	34 06	0,56	1	+1,48	-1,71	+0,77	+0,56	+0,83	-0,96	+0,43	-0,77
N 4	34 03	0,56	1	+1,48	-1,31	+1,17	+0,56	+0,83	-0,73	+0,66	-0,54
N 4	34 00	0,56	1	+1,48	-0,36	+2,12	+0,56	+0,83	-0,20	+1,19	-0,01
N 4	33 58	0,56	1	+1,48	-0,90	+1,58	+0,56	+0,83	-0,50	+0,89	-0,31
242 N	70 09	0,94	1	+0,36	+1,13	+2,49	+0,94	+0,34	+1,06	+2,34	+0,88
246 N	61 01	0,87	1	+0,55	+2,07	+3,62	+0,87	+0,48	+1,80	+3,15	+1,71
277 N	67 45	0,93	1	+0,41	+1,12	+2,53	+0,93	+0,38	+1,04	+2,35	+0,88
220 N	72 42	0,95	1	+0,31	-0,77	+0,54	+0,95	+0,29	-0,73	+0,51	-0,94
236 N	56 32	0,83	1	+0,66	-0,84	+0,82	+0,83	+0,55	-0,70	+0,68	-0,74

$$\triangle A = -0,36'' \quad y = +0,47'' \quad [pv^2] = 27,35$$

## Нормальные уравнения

	a]	c]	l]	S]
[pa	+10,73	+0,06	+ 3,87	+14,66
[pc		+8,24	— 3,88	+ 4,42
[pl			+30,60	+30,59

$$\Delta = 88,415 - 0,004 = 88,411;$$

$$\Delta_{\Delta A} = -0,233 - 31,889 = -32,122;$$

$$\Delta_y = +0,232 + 41,632 = +41,864;$$

$$\triangle A = \frac{-32,122}{88,411} = -0,36'';$$

$$y = \frac{41,864}{88,411} = +0,47'';$$

$$\begin{aligned} A_0 &= 285^{\circ}49'22,00'' \\ \wedge A &= -0,36 \\ y \operatorname{tg} \varphi &= +0,69 \\ A &= 285^{\circ}49'22,33'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_0 &= 36^{\circ}44'44,40'' \\ y \sec \varphi &= +0,83 \\ \lambda &= 36^{\circ}44'45,23'' \end{aligned}$$

## Оценка точности

$$[pv^2] = 30,60 - 1,39 - 1,82 = 27,39; \quad m_{\Delta A} = 0,39'';$$

$$P_{\Delta A} = \frac{88,411}{8,24} = 10,73; \quad \sqrt{P_{A_{yp}}} = 3,28; \quad m_y = 0,44'';$$

$$P_y = \frac{88,411}{10,73} = 8,24; \quad \sqrt{P_y} = 2,87; \quad m_A = 0,75'';$$

$$\mu = \sqrt{\frac{27,39}{17}} = 1,27''; \quad m_{\lambda} = 0,78''.$$

Знак „плюс“ перед  $\operatorname{ctg} z_i$  ставится для северных звезд, знак „минус“ — для южных. В качестве  $A_0$  целесообразно взять значение среднего азимута  $A_{\text{ср.}}$ , округленное до целой секунды.

Система нормальных уравнений, соответствующая уравнениям поправок, имеет вид:

$$[paa] \triangle A + [pac] y + [pal] = 0;$$

$$[pac] \triangle A + [psc] y + [pcl] = 0.$$

Решение системы нормальных уравнений осуществляют по формулам:

$$\Delta A = \frac{\Delta_{\Delta A}}{\Delta}; \quad y = \frac{\Delta_y}{\Delta},$$

где  $\Delta = [paa][psc] - [pac][pac];$

$$\Delta_{\Delta A} = [pac][pcl] - [pal][psc];$$

$$\Delta_y = [pal][pac] - [paa][pcl].$$

С полученными значениями поправок  $\Delta A$  и  $y$  вычисляют уравненные значения астрономического азимута  $A$  и астрономической долготы  $\lambda$ :

$$A = A_0 + \Delta A + y \operatorname{tg} \varphi;$$

$$\lambda = \lambda_0 + y \sec \varphi.$$

Оценка точности определяемых величин производится по формулам:

$$m_A = \sqrt{m_{\Delta A}^2 + m_y^2 \operatorname{tg}^2 \varphi};$$

$$m_\lambda = m_y \sec \varphi,$$

где  $m_{\Delta A} = \frac{\mu}{\sqrt{P_{A_{yp}}}}; \quad m_y = \frac{\mu}{\sqrt{P_y}}; \quad \mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-2}};$

$$P_{\Delta A} = P_{A_{yp}} = \frac{\Delta}{[psc]}; \quad P_y = \frac{\Delta}{[paa]};$$

$$[pv^2] = [pll] + [pal] \Delta A + [pcl] y.$$

### Определение астрономического азимута по высотам ярких звезд с точностью 10"

130. Астрономический азимут по высотам ярких звезд можно определять как днем, так и ночью при наличии благоприятных условий для наблюдений земного предмета и звезд.

Для наблюдений выбирают яркие звезды, азимуты которых находятся в пределах 50—130° и 230—310°, а зенитные расстояния — в пределах 30—70°. При темном фоне неба звезды опознаются на небесной сфере на память или с помощью звездной карты. При светлом фоне неба зрительную трубу теодолита наводят на звезду по эфемеридам, которые вычисляют по формулам:

$$\operatorname{tg} N = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t}; \quad \operatorname{tg} a = \frac{\operatorname{tg} t \cos N}{\sin (\varphi_0 - N)}; \quad \operatorname{tg} z = \frac{\operatorname{tg} (\varphi_0 - N)}{\cos a},$$

где  $N$  — вспомогательный угол;

$a$  — азимут звезды;

$z$  — зенитное расстояние звезды;

$t = s - \alpha$  — часовой угол звезды;

$\alpha$  и  $\delta$  — прямое восхождение и склонение звезды на дату наблюдения (выбирают из АЕ или из Каталога).

Наблюдения выполняют оптическими теодолитами ОТ-02М, Т1, Т2, *Theo-010* четырьмя приемами, причем одну половину звезд следует наблюдать на востоке, а другую — на западе. Между приемами горизонтальный круг переставляется на  $45^\circ$ .

Значение широты  $\varphi$ , необходимое для вычисления азимута, нужно знать со средней квадратической ошибкой  $2''$ .

После установки теодолита для наблюдения его горизонтируют и ориентируют относительно меридиана с погрешностью не более  $3'$ . Во время наблюдений отсчеты по накладному уровню (или уровню на алидаде) не берут, но следят, чтобы пузырек уровня не отклонялся от середины более чем на одно деление.

131. Каждый прием определения азимута выполняют в следующем порядке:

— Визируют при КЛ (КП) центральной вертикальной нитью на земной предмет; берут отсчеты по горизонтальному кругу;

— Наводят при КЛ (КП) зрительную трубу на звезду; для облегчения визирования на движущуюся звезду одним из наводящих винтов удерживают изображение звезды на горизонтальной или вертикальной нити до тех пор, пока оно не коснется пересечения нитей, после чего вращение наводящего винта прекращают; берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам; перед отсчетом по вертикальному кругу совмещают изображения концов пузырька контактного уровня;

— Переводят трубу через зенит и наблюдают при КП (КЛ) сначала звезду, а потом земной предмет так же, как и при КЛ (КП).

В журнале наблюдений рекомендуется сделать пометку в какой половине неба наблюдалась звезда.

После наблюдения первой и последней за вечер звезд измеряют и записывают в журнал температуру и давление воздуха.

Образец записи в журнале приведен в табл. 75.

132. Обработка наблюдений складывается из обработки журнала и вычисления азимута.

В журнале производятся следующие вычисления:

— Вычисляют угол  $Q$  по формуле

$$Q = M - N,$$

где  $M$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на земной предмет при КЛ и КП;

$N$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на звезду при КЛ и КП;

— Вычисляют среднюю высоту  $h'$  звезды в момент наблюдения; исправляют ее поправкой за рефракцию, которую выбирают из табл. 12 Каталога или из таблиц рефракции АЕ, по формуле

$$h = h' - \rho.$$

**Образец записи наблюдений в журнале определения азимута  
по высотам ярких звезд**

Песчанка

Теодолит Theo-010 № 117513

15.7.1960 г.

Звезда:  $\alpha$  Boo (на западе);  $t = +9,5$ ;  $B = 757,0$  мм рт.ст.

Прием 1

Объект наблюдения	Отсчет по вертикально- му кругу	Отсчет по горизонталь- ному кругу	Примечание
КП			
Ильино		$\begin{array}{r} 206^{\circ} 21' 35'' \\ \underline{34} \\ 206 \ 21 \ 34,5 \end{array}$	$\begin{array}{r} M = 26^{\circ} 21' 30,2'' \\ N = 270 \ 06 \ 29,0 \\ \hline Q = 116 \ 15 \ 01,2 \end{array}$
Звезда	$\begin{array}{r} 291^{\circ} 59' 36'' \\ \underline{36} \\ 36,0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 89 \ 53 \ 52 \\ \underline{53} \\ 89 \ 53 \ 52,5 \end{array}$	
КЛ			
Звезда	$\begin{array}{r} 68 \ 12 \ 58 \\ \underline{59} \\ 58,5 \end{array}$	$\begin{array}{r} 270 \ 19 \ 05 \\ \underline{06} \\ 270 \ 19 \ 05,5 \end{array}$	$\begin{array}{r} h' = 21^{\circ} 53' 18,8'' \\ \hline \rho = \quad 2 \ 23,4 \\ h = 21 \ 50 \ 55,4 \end{array}$
Ильино		$\begin{array}{r} 26 \ 21 \ 26 \\ \underline{26} \\ 26 \ 21 \ 26,0 \end{array}$	

Азимут  $A$  земного предмета из одного приема наблюдений вычисляют по формуле

$$A = a + Q,$$

где  $a$  — азимут звезды.

Азимут  $a$  звезды вычисляют (табл. 76) по формулам («плюс» для восточных звезд, «минус» для западных):

$$a = \pm a';$$

$$\cos a' = \frac{\sin \delta - x}{y};$$

$$x = \sin \varphi \sin h;$$

$$y = \cos \varphi \cos h,$$

где  $\varphi$  — широта пункта наблюдения;

$\delta$  — склонение звезды, выбираемое из табл. 2 Каталога или из таблицы „Видимые места звезд“ АЕ на дату наблюдения, до целых секунд.



Четверть (I или II), в которой лежит азимут звезды, определяется по знаку  $\cos a'$ .

Окончательное значение азимута вычисляют до целой секунды как среднее арифметическое из отдельных его значений.

Таблица 76

Вычисление астрономического азимута по высоте звезды

15.07.1960 г.

$a$  Воо на западе

Прием 1

Обозначения	Вычисления
$h$	$21^{\circ}50'55,4''$
$\varphi$	63 28 55
$\delta$	19 23 29
$\sin \varphi$	0,894 794
$\sin h$	0,372 157
$x$	0,333 004
$\sin \delta$	0,332 019
$\sin \delta - x$	— 0,000 985
$\cos \varphi$	0,446 480
$\cos h$	0,928 170
$y$	0,414 409
$\cos a$	— 0,002 377
$a'$	$90^{\circ}08'10,3''$
$a$	269 51 49,7
$Q$	116 15 01,2
$A$	26 06 51

### Определение астрономического азимута по часовому углу Солнца с точностью 10, 15; 30 и 60"

133. Азимут по часовому углу Солнца можно определять при высоте Солнца не более  $50^{\circ}$ . Наиболее выгодным временем для наблюдения азимута являются утренние и вечерние часы. Начинать наблюдения следует не ранее чем через 30 мин после восхода Солнца и заканчивать не позднее чем за 30 мин до захода.

Для регистрации моментов наблюдений Солнца применяют палубные часы ЧП или двухстрелочный секундомер 51СД, которые устанавливают по московскому времени. Поправку часов следует определять из приема сигналов проверки времени (шесть точек) не реже чем через 2 ч.

Значения широты  $\varphi$  и долготы  $\lambda$  пункта наблюдения, необходимые для вычисления азимута, могут быть получены через геодезические координаты, определенные по топографической карте масштаба 1 : 50 000, с учетом уклонов отвесной линии, снятых со специальной карты с ошибкой не более 5".

Перед началом каждого приема теодолит тщательно горизонтируют. Во время наблюдений отсчеты по уровню не берут, но сле-

дят, чтобы пузырек уровня не отклонялся от середины более чем на два деления.

**134.** Наблюдения Солнца ведут со светофильтром. Каждый прием определения азимута выполняют в следующем порядке:

— Визируют при КЛ (КП) центральной вертикальной нитью на земной предмет; берут отсчеты по горизонтальному кругу;

— Наводят при КЛ (КП) зрительную трубу на Солнце (перед наведением надевают на окуляр зрительной трубы светофильтр); подводят вертикальную нить наводящим винтом вращения алидады к левому (правому) краю диска Солнца; регистрируют момент соприкосновения нити с краем диска Солнца по часам или двухстрелочному секундомеру, берут отсчеты по горизонтальному кругу;

— Переводят зрительную трубу через зенит и вновь визируют сначала на Солнце (теперь уже на другой край его диска), а затем на земной предмет.

В журнале показывается, на какой именно край диска Солнца наводилась вертикальная нить в каждом полуприеме.

При наблюдении с палубными часами момент соприкосновения нити с краем диска Солнца регистрирует помощник наблюдателя по команде наблюдателя «Есть». При наблюдении с двухстрелочным секундомером этот момент регистрирует сам наблюдатель.

Пример записей наблюдений в журнале приведен в табл. 77.

Таблица 77


Образец записи наблюдений в журнале определения азимута по часовому углу Солнца

Ельцы

• Теодолит *Theo-010* № 116296

15.7.1960 г.

Примем 1

Объект наблюдения	Отсчет по часам	Отсчет по кругу	Примечание
Озерное	КЛ		
		$\begin{array}{r} 0^{\circ}02'10'' \\ 08 \\ \hline 09,0 \end{array}$	
	$19^h29^m19^s$	$\begin{array}{r} 268 \ 18 \ 40 \\ 41 \\ \hline 40,5 \end{array}$	$M = 0^{\circ}02'09,8''$ <hr/> $N = 268 \ 15 \ 51,0$ <hr/> $Q = 91 \ 46 \ 18,8$
Озерное	КП		
	$19 \ 31 \ 20$	$\begin{array}{r} 88 \ 13 \ 02 \\ 01 \\ \hline 01,5 \end{array}$	$T_H = 19^h30^m19,5^s$ <hr/> $+ u_M = + \quad 3,0$ <hr/> $T_M = 19 \ 30 \ 22,5$
		$\begin{array}{r} 180 \ 02 \ 10 \\ 11 \\ \hline 10,5 \end{array}$	

135. Обработку наблюдений в журнале выполняют в следующем порядке:

— Вычисляют средний момент  $T_M$  наблюдений Солнца в приеме по московскому времени по формуле

$$T_M = T_H + u_M,$$

где  $T_H$  — средний момент наблюдения Солнца в приеме;

$u_M$  — поправка часов для момента  $T_H$  относительно московского времени;

— Вычисляют угол  $Q$  по формуле

$$Q = M - N,$$

где  $M$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях трубы на земной предмет при КЛ и КП;

$N$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях трубы на Солнце при КЛ и КП.

Азимут земного предмета из одного приема наблюдений (табл. 78) вычисляют по формуле

$$A = a + Q,$$

где  $a$  — азимут Солнца.

Азимут Солнца вычисляют по формулам:

$$\operatorname{ctg} a' = x - \frac{y}{\sin t_{\odot}};$$

$$x = \sin \varphi \operatorname{ctg} t_{\odot};$$

$$y = \cos \varphi \operatorname{tg} \delta_{\odot};$$

$$a = \pm a',$$

где  $t_{\odot}$  — часовой угол Солнца в момент его наблюдения в пункте с долготой  $\lambda$ ;

$\varphi$  — широта пункта наблюдения;

$\delta_{\odot}$  — склонение Солнца в момент его наблюдения.

Знак «плюс» перед  $a'$  берется, если Солнце наблюдалось утром, «минус», если — вечером.

Четверть (I или II), в которой лежит азимут Солнца, определяется по знаку  $\operatorname{ctg} a'$ .

Часовой угол  $t_{\odot}$  Солнца вычисляют по формуле

$$t_{\odot} = T_{\odot} + (T_M - n^h) + (T_M - n^h) \Delta T_{\odot} + \lambda,$$

где  $T_{\odot}$  — часовой угол Солнца в  $0^h$  всемирного времени на меридиане Гринвича, выбирают из табл. 1 Каталога или из таблицы „Солнце“ АЕ на дату наблюдения;

$\Delta T_{\odot}$  — часовое изменение  $T_{\odot}$ ;

$\lambda$  — долгота пункта наблюдения.

Склонение  $\delta_{\odot}$  вычисляют по формуле

$$\delta_{\odot} = \delta'_{\odot} + (T_M - n^h) \Delta \delta_{\odot},$$

где  $\delta'_{\odot}$  — склонение Солнца в  $0^h$  всемирного времени, выбирают из табл. 1 Каталога или из таблицы „Солнце“ АЕ на дату наблюдения;

$\Delta \delta_{\odot}$  — часовое изменение  $\delta'_{\odot}$ .

Окончательное значение азимута вычисляют как среднее арифметическое из отдельных его значений.

Таблица 78

Вычисление астрономического азимута по часовому углу Солнца

15.7.1960 г.

Прием 1

Обозначения	Вычисления
$T_M$ К	$19^h 30^m 22,5^s$
$\delta'_{\odot}$ К	$21^{\circ} 33' 50''$
$\Delta \delta_{\odot}$ К	— 23,4
$(T_M - n^h)^a$	$16,51^h$
$\Delta \delta_{\odot} (T_M - n^h)^h$	$-386,3'' = -6' 26,3''$
$\delta_{\odot}$ К	$21^{\circ} 27' 24''$
$T_{\odot}$ К	$11^h 54^m 12^s$
$T_M - n^h$	$16 \ 30 \ 22,5$
$\lambda$	$2 \ 35 \ 10$
$\Delta T_{\odot}$ К	— 0,26
$\Delta T_{\odot} (T_M - n^h)^h$	— 4,3
$t_{\odot}$	$6 \ 59 \ 40,2$
$t^{\circ}_{\odot}$	$104^{\circ} 55' 03''$
$\varphi$	$61 \ 20 \ 35$
$\sin \varphi$	$0,87 \ 751$
$\operatorname{ctg} t_{\odot}$	— $0,26 \ 641$
$x$	— $0,23 \ 378$
$\cos \varphi$	$0,47 \ 956$
$\operatorname{tg} \delta_{\odot}$	$0,39 \ 304$
$y$	$0,18 \ 849$
$\sin t_{\odot}$	$0,96 \ 630$ ✓
$y/\sin t_{\odot}$	$0,19 \ 506$
$\operatorname{ctg} a'$	$0,42 \ 884$
$a'$	$66^{\circ} 47' 18''$
$a$	$293^{\circ} 12' 42''$
$Q$	$91 \ 46 \ 19$
$A$	$24 \ 59 \ 01$

## Определение астрономического азимута по высоте Солнца с точностью 30 и 60"

136. Азимут по высоте Солнца определяют в утренние и вечерние часы при высоте Солнца не менее 10°. Не разрешается наблюдать Солнце в следующие часы по местному времени:

- от 10 до 14 часов в широтах от 20 до 40°;
- от 9 до 15 часов в широтах от 40 до 60°;
- от 8 до 16 часов в широтах от 60° и севернее.

Переход от московского времени  $T_M$  к местному  $m$  выполняется по формуле

$$m = T_M + \lambda - n^h.$$

Для наблюдений Солнца необходимо иметь часы, поправка которых относительно московского времени должна быть известна с ошибкой не более двух минут.

Широта  $\varphi$  пункта наблюдения, необходимая для вычисления азимута, должна быть известна со средней квадратической ошибкой не более 5".

Подготовка к наблюдениям выполняется так же, как и при определении астрономического азимута по часовому углу Солнца.

137. Наблюдение Солнца ведут со светофильтром. Каждый при-см определении азимута выполняют в следующем порядке:

— Визируют при КЛ (КП) центральной вертикальной нитью на земной предмет; берут отсчеты по горизонтальному кругу;

— Наводят при КЛ (КП) зрительную трубу на Солнце (перед наведением надевается на окуляр трубы светофильтр); подводят горизонтальную нить наводящим винтом вращения зрительную трубу к нижнему (верхнему) краю изображения диска Солнца и вращением винта удерживают его на этой нити до тех пор, пока изображение диска Солнца не коснется центральной вертикальной нити; регистрируют момент касания по часам; снимают отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам;

— Переводят зрительную трубу через зенит и визируют при КП (КЛ) сначала на Солнце, потом на земной предмет. При этом горизонтальная и вертикальная нити теодолита должны касаться краев диска, противоположных взятым в первом полуприеме. Например, если в первом полуприеме фиксировались нижний и правый края диска Солнца, то во втором полуприеме должны фиксироваться верхний и левый края.

Взаимное положение диска Солнца и горизонтальной и вертикальной нитей (как это видно в трубу) должны зарисовываться в журнале наблюдений.

Один раз за период наблюдений измеряют и записывают в журнал температуру и давление воздуха.

138. Обработку наблюдений в журнале (табл. 79) выполняют в следующем порядке:

Таблица 79



Образец записи наблюдений в журнале определения азимута по высоте Солнца

Марфино

Теодолит *Theo-010* № 117341

13.7.1960 г;  $t = +10^\circ$ ;  $B = 750$  мм рт. ст.

Прием 1

Объект наблюдения	Отсчет по часам	Отсчет по вертикальному кругу	Отсчет по горизонтальному кругу	Примечание
Внуково		КЛ		
	$17^h 30^m$	$64^\circ 20' 10''$ $\frac{10}{10}$	$0^\circ 14' 35''$ $\frac{37}{36}$ $333 \ 06 \ 33$ $\frac{33}{33}$	$M = 0^\circ 14' 38''$ — $N = 333 \ 22 \ 20$ $Q = 26 \ 52 \ 18$
	17 36	КП $294 \ 25 \ 36$ $\frac{37}{36}$	$153 \ 38 \ 06$ $\frac{08}{07}$ $180 \ 14 \ 40$ $\frac{40}{40}$	$h' = 25^\circ 02' 43''$ — $p = 2 \ 02$ $h = 25 \ 00 \ 41$
Внуково	$T_H = 17^h 33^m$ $u_M = 0$ $T_M = 17 \ 33$			

— Вычисляют средний момент  $T_M$  наблюдений Солнца в приеме по московскому времени по формуле

$$T_M = T_H + u_M,$$

где  $T_H$  — средний момент наблюдения Солнца в приеме;

$u_M$  — поправка часов для момента  $T_H$  относительно московского времени;

— Вычисляют угол  $Q$  по формуле

$$Q = M - N,$$

где  $M$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на земной предмет при КЛ и КП;

$N$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведениях зрительной трубы на Солнце при КЛ и КП;

— Вычисляют исправленную высоту  $h$  Солнца по формуле

$$h = h' - \rho,$$

где  $h'$  — средняя высота Солнца в момент наблюдения;

$\rho$  — поправка за рефракцию, выбирается из табл. 12 Каталога или из таблицы XII АЕ.

Азимут земного предмета из одного приема наблюдений (табл. 80) вычисляют по формуле

$$A = a + Q,$$

где  $a$  — азимут Солнца.

Таблица 80

Вычисление астрономического азимута по высоте Солнца  
13.7.1960 г. Прием 1

Обозначения	Вычисления
$\delta'_{\odot}$	$21^{\circ}51'50''$
$\Delta \delta_{\odot}$	— 21,6
$(T_M - n^h)^h$	14,55 <sup>h</sup>
$(T_M - n^h)^h \Delta \delta_{\odot}$	— 314,3'' = — 5'14''
$\delta_{\odot}$	$21^{\circ}46'36''$
$\varphi$	62 50 01
$h$	25 00 41
$\sin \varphi$	0,88 968
$\sin h$	0,42 280
$x$	0,37 616
$\sin \delta_{\odot}$	0,37 099
$\sin \delta_{\odot} - x$	— 0,00 517
$\cos \varphi$	0,45 658
$\cos h$	0,90 622
$y$	0,41 376
$\cos a$	— 0,01 250
$a'$	$90^{\circ}42'58''$
$a$	269 17 02
$Q$	26 52 18
$A$	296 09 20

Азимут  $a$  Солнца вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned}\bar{a} &= \pm a'; \\ \cos a' &= \frac{\sin \delta_{\odot} - x}{y}; \\ x &= \sin \varphi \sin h; \\ y &= \cos \varphi \cos h.\end{aligned}$$

Знак «плюс» перед  $a'$  берется, если Солнце наблюдалось утром, знак «минус», если — вечером.

Склонение  $\delta_{\odot}$  Солнца на средний момент  $T_M$  наблюдений вычисляют по формуле

$$\delta_{\odot} = \delta'_{\odot} + (T_M - n^h)^h,$$

где  $\delta'_{\odot}$  — склонение Солнца в  $0^h$  всемирного времени выбирают из таблицы 1 Каталога или из таблицы „Солнце“ АЕ на дату наблюдения;

$\Delta \delta_{\odot}$  — часовое изменение склонения  $\delta'_{\odot}$ .

Окончательное значение азимута вычисляют как среднее арифметическое из отдельных его значений.

### Вычисление окончательных значений астрономических азимутов

139. Значения астрономических азимутов исправляют поправками за приведение к центрам пунктов (за центрировку, редукцию и сближение меридианов) и к среднему полюсу. Кроме того, астрономические азимуты, определенные по часовому углу Полярной со средней квадратической ошибкой  $1''$ , исправляют поправкой за неправильности цапф.

Для приведения азимута к центрам пунктов определяют элементы центрировки  $l$ ,  $\theta$  и  $A$ , элементы редукции  $l_1$  и  $\theta_1$  и расстояние  $S$  между пунктами. В журнале наблюдений приводят чертеж взаимного расположения теодолита, визирной цели и центров пунктов. Если при наблюдениях теодолит устанавливался над центром пункта, то в журнале делают запись: «Определение азимута выполнено с центра пункта».

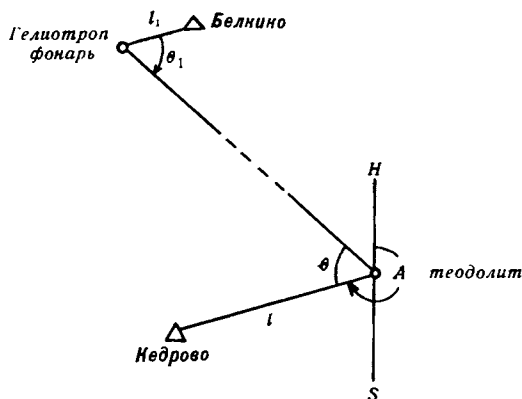
На рис. 23 приведен чертеж расположения теодолита и гелиотропа при определении азимута направления Кедрово—Белкино.

Элементы центрировки и редукции при определении азимута в течение нескольких вечеров измеряют дважды: до начала и после окончания определения азимута. При определении азимута в один вечер элементы центрировки и редукции измеряют один раз до или после определения азимута.

Элементы центрировок и редукций определяют графически на центрировочном листе.

Центр пункта и визирной цели, вертикальную ось теодолита на центрировочный лист проектируют теодолитом с трех установок при двух положениях зрительной трубы.





Элементы  
приведения:  
 $\varphi = 65^{\circ}15,2'$   
 $A = 254^{\circ}35,5'$   
 $l = 25,675 \text{ м}$   
 $\theta = 60^{\circ}42,3'$   
 $l_1 = 0,072$   
 $\theta_1 = 59,5^{\circ}$   
 $S = 23965 \text{ м}$

Рис. 23. Чертеж расположения элементов центрировки и редукции

Проектирующие плоскости должны пересекаться под углом, приблизительно равным  $120^{\circ}$  (или  $60^{\circ}$ ).

Длины сторон треугольников ошибок не должны быть более 5 мм при проектировании центра пункта и оси теодолита и 10 мм при проектировании оси визирной цели.

Из полученной проекции оси теодолита прочерчивают направление на наблюдаемую визирную цель.

Линейные элементы  $l$  и  $l_1$  центрировки и редукции измеряют на центрировочном листе до 1 мм, а угловые  $\theta$  и  $\theta_1$  — до  $30'$ .

Изменение положения проекции оси теодолита или оси визирной цели относительно центра пункта по данным повторного определения элементов центрировки и редукции не должно превышать 10 мм.

Если вследствие значительной величины линейного элемента приведения нельзя спроектировать на один центрировочный лист ось теодолита и центр пункта или ось визирной цели и центр пункта, то их проектируют на отдельные листы, установленные на одном уровне. В этом случае линейный элемент приведения измеряют дважды проверенной стальной рулеткой. Расхождение между результатами измерений не должно превышать 3 мм. Угловой элемент измеряют теодолитом тремя приемами при двух положениях круга с перестановкой круга через  $60^{\circ}$ .

Поправку  $c$  за центрировку вычисляют по формуле

$$c'' = \frac{l}{S} \rho'' \sin \theta,$$

где  $l$  — линейный элемент центрировки, м;

$S$  — расстояние между пунктами, м;

$\rho = 206265''$ ;

$\theta$  — угловой элемент центрировки.

Поправку  $r$  за редукцию вычисляют по формуле

$$r'' = \frac{l_1}{S} \rho'' \sin \Theta_1,$$

где  $l_1$  — линейный элемент редукции;

$\Theta_1$  — угловой элемент редукции.

Поправку  $\Delta \gamma$  за сближение меридианов вычисляют по формуле

$$\Delta \gamma'' = 0,0323 l \sin A \operatorname{tg} \varphi,$$

где  $l$  — линейный элемент центрировки, м;

$A$  — азимут с точки установки теодолита на центр пункта;

$\varphi$  — широта пункта наблюдения.

Поправку  $\Delta A_{\text{сп}}$  в астрономический азимут за приведение к среднему полюсу вычисляют по формуле

$$\Delta A_{\text{сп}} = -(X \sin \lambda + Y \cos \lambda) \sec \varphi,$$

где  $X$  и  $Y$  — координаты мгновенного полюса, публикуемые в бюллетенях „Всемирное время“ серий А и Е;

$\varphi$  и  $\lambda$  — широта и долгота пункта наблюдения.

Примеры вычисления поправок в азимут за центрировку, редукцию, сближение меридианов и за приведение азимута к среднему полюсу приведены в табл. 81—84.

Таблица 81

Вычисление поправки за центрировку

Обозначения	Вычисления
$l$	25,875 м
$\rho''$	206 265
$\sin \Theta$	0,87 211
$l \rho'' \sin \Theta$	4 654 544
$S$	23 965 м
$c$	+ 194,22"

Таблица 82

Вычисление поправки за редукцию

Обозначения	Вычисления
$l_1$	0,072 м
$\rho''$	206 265
$\sin \Theta_1$	0,86 163
$l_1 \rho'' \sin \Theta_1$	12 796
$S$	23 965 м
$r$	+ 0,53"

Таблица 83

## Вычисление поправки за сближение меридианов

Обозначения	Вычисления
$l$	25,875 м
$\sin A$	— 0,964
$\operatorname{tg} \varphi$	2,170
$l \sin A \operatorname{tg} \varphi$	— 54,13
$\Delta \gamma$	— 1,75"

Таблица 84

## Вычисление поправки в астрономический азимут за приведение к среднему полюсу

Обозначения	Вычисления
$X$	+0,116"
$\sin \lambda$	0,996
$X \sin \lambda$	+0,116
$Y$	+0,092
$\cos \lambda$	0,087
$Y \cos \lambda$	+0,008
$-(X \sin \lambda + Y \cos \lambda)$	— 0,124
$\sec \varphi$	2,613
$\Delta A_{\text{сп}}$	— 0,32"

Поправку  $\Delta A_{\text{ц}}$  за неправильности цапф вычисляют по формуле

$$\Delta A_{\text{ц}} = \Delta A_{\text{зп}} - \Delta A_{*} - \Delta i_{*} \operatorname{ctg} z_{*},$$

где  $\Delta A_{\text{зп}}$  — поправка за неправильности цапф при наведении на земной предмет;

$\Delta A_{*}$  — аналогичная поправка в азимут при наведении на Полярную;

$\Delta i_{*}$  — поправка за неправильности цапф в наклонность горизонтальной оси.

Значения поправок  $\Delta A_{\text{зп}}$ ,  $\Delta A_{*}$  и  $\Delta i_{*}$  выбирают по аргументу зенитного расстояния земного предмета и Полярной из таблиц, составляемых по материалам специальных исследований неправильностей цапф. Такие таблицы, образец которых дан в табл. 85, вписываются в паспорт (формуляр) каждого исследованного теодолита.

Таблица 85

Поправки в азимут и в наклонность горизонтальной  
оси теодолита за неправильности цапф

$z$	$\Delta A$	$\Delta i_*$
0°	-0,14"	0,00"
15	-0,17	+0,03
30	-0,08	+0,01
45	+0,02	-0,02
60	+0,13	-0,06
75	+0,17	-0,03
90	+0,11	+0,03
105	+0,10	+0,10

**Пример.** Если Полярная наблюдалась на зенитном расстоянии 35°, а зенитное расстояние земного предмета было 90°, то поправка  $\Delta A_{\text{ц}}$  будет равна

$$\Delta A_{\text{ц}} = [+0,11'' - (-0,05'')] - 0,00'' \cdot \text{ctg } 35^\circ = +0,16''.$$

Окончательные значения астрономического азимута вычисляют по формуле

$$A = A_0 + c + r + \Delta \gamma + \Delta A_{\text{сп}} + \Delta A_{\text{ц}}.$$


---

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО АЗИМУТА

140. Геодезические азимуты со средними квадратическими ошибками 1, 2 и 3" определяются астрономическими теодолитами АУ-2"/10" или ДКМЗ-А с контактным микрометром. Геодезические азимуты со средними квадратическими ошибками 5 и 10" могут определяться астрономическими теодолитами и оптическими теодолитами Т1 и Т2.

При определении азимутов с точностью 1—3" прием сигналов времени производится, как правило, через каждые два часа, если используется морской хронометр 6МХ, или в начале и конце вечера наблюдений, если используется кварцевый хронометр «Альта-ир». При определении азимутов с точностью 5 и 10" для регистрации времени может применяться двухстрелочный секундомер типа 51СД.

Геодезические координаты, необходимые для вычисления азимутов, получают путем преобразования плоских прямоугольных координат по методикам, приведенным в ст. 270—271 Руководства, ч. 1. Прямоугольные координаты пункта наблюдения должны быть известны с точностью 5 м при определении азимутов со средней квадратической ошибкой 1" и с точностью 10 м — при определении азимутов со средней квадратической ошибкой 2" и более. Методики определения прямоугольных координат приведены в главе VII Руководства, ч. 1.

141. Геодезический азимут может определяться одним из следующих способов:

- из наблюдений звезд в меридиане;
- из многократных наблюдений звезд вблизи меридиана;
- из наблюдений звезд в первом вертикале.

Звезды наблюдаются на зенитных расстояниях от 50 до 80°, при этом предпочтение следует отдавать звездам с большими зенитными расстояниями.

В программу не разрешается включать близполюсные звезды ( $\delta > 80^\circ$ ), но при определении азимута первыми двумя способами в широтах южнее 40° можно наблюдать Полярную. В этом случае при определении азимутов с точностью 1" число приемов наблюдения Полярной должно быть не более пяти.

В средних широтах рекомендуется применять способ наблюдения звезд в меридиане. Способ многократных наблюдений звезд вблизи меридиана целесообразно применять в высоких широтах в условиях полярного дня. Способ наблюдений звезд в первом верти-

кале применяется при определении азимута с точностью 2—10", наблюдения производятся теодолитами, имеющими позиционную сетку.

142. Число приемов наблюдения при определении геодезического азимута приведено в табл. 86.

Таблица 86

Число приемов при определении геодезического азимута

Требуемая точность определения азимута	Теодолит	Число приемов	Интервал перестановки круга
1"	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	18+18	10°03'
2	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	8	20 05
3	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	8	20 05
5	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	4	45°
5	T1, T2	6	30
10	АУ-2"/10", ДКМЗ-А	4	45
10	T1, T2	4	45

Программа определения азимута с точностью 1" должна выполняться в течение не менее двух вечеров. Рекомендуется наблюдать равное число звезд по каждую сторону от зенита. Разность числа звезд, отнаблюдаемых по одну и по другую сторону от зенита, должна быть не более четырех.

Программу определения азимута с точностью 2" и грубее разрешается заканчивать в течение одного вечера. В программе из восьми приемов по одну сторону от зенита необходимо наблюдать не менее трех звезд (приемов). В программах из четырех и шести приемов наблюдается равное число звезд по каждую сторону от зенита.

При определении азимута каждую звезду можно наблюдать вблизи меридиана в нескольких приемах, однако по каждую сторону от зенита должно быть отнаблюдено не менее двух звезд.

Расхождения отдельных значений геодезического азимута в приемах не должны превышать величин, приведенных в табл. 87.

Таблица 87

Точность геодезического азимута	Допустимые расхождения между значениями азимута в приемах
1 и 2"	6"
3	8
5	15
10	30

Азимуты, определяемые с точностью 1", на полевом пункте вычисляются с точностью до 0,1", а при камеральных вычислениях — до 0,01". Азимуты, определяемые с точностью 2—10" могут вычисляться до 0,1", среднее значение азимута, получаемого с точностью 5 и 10", округляется до 1".

Определение геодезического азимута со средней квадратической ошибкой 1" производится в прямом и обратном направлениях. Расхождение между приведенными к центрам пунктов прямым и обратным азимутами, вычисленное по формуле

$$\Delta A = (A_{12} - A_{21} \pm 180^\circ) - (L_1 - L_2) \sin B_m,$$

не должно превышать 2,5".

Определения азимутов со средними квадратическими ошибками 2" и более производятся в одном направлении.

**143.** Лично-инструментальная разность определяется на основном астрономическом пункте до начала и после окончания полевых работ по определению геодезических азимутов с точностью 1—2". Для азимутов, определяемых с точностью 3", разрешается получать лично-инструментальную разность на пунктах Лапласа.

Для азимутов, получаемых с точностью 1", азимутальная лично-инструментальная разность определяется из наблюдения не менее чем 40 пар звезд в течение не менее четырех вечеров. Между вечерами количество пар звезд распределяется равномерно.

При точности азимутов 2—3" для одного определения лично-инструментальной разности необходимо отнаблюдать не менее 20 пар звезд. Для азимутов, получаемых с точностью 5 и 10", лично-инструментальная разность не определяется.

### Определение азимутальной лично-инструментальной разности

**144.** Для получения азимутальной лично-инструментальной разности определяется долгота на основном пункте по наблюдениям прохождений пар звезд через вертикал, близкий к меридиану, без отсчетов горизонтального круга. Пара состоит из северной и южной звезд с зенитными расстояниями от 40 до 70°. Северные звезды наблюдаются в нижней кульминации. В программу не разрешается включать близполюсные звезды ( $\delta > 80^\circ$ ). Предпочтение отдается звездам с меньшими зенитными расстояниями.

Порядок наблюдения звезд пары всегда следующий:

КП (КЛ) — северная звезда,

КЛ (КП) — южная звезда,

КП (КЛ) — южная звезда,

КЛ (КП) — северная звезда.

Одни и те же северные (южные) звезды могут наблюдаться в парах с несколькими южными (северными) звездами при условии, что средний вертикал пары отстоит от меридиана не более чем на 4°.

**145.** Перед наблюдениями составляются рабочие эфемериды (табл. 88 и 89).

Для подбора звезд используется Астрономический ежегодник (АЕ) или «Каталог 2957 ярких звезд со склонениями от  $-10$  до  $+90^\circ$ » (КГЗ-2).

При подборе звезд учитывается, что разности прямых восхождений северной и южной звезд, входящих в пару, должны находиться в пределах  $\Delta \alpha = 12^h \pm 12^m$ . Для приближенного значения момента наблюдения  $s_N$ , выраженного в системе местного звездного времени, выбирают северные звезды с прямым восхождением  $\alpha_N = s_N \pm 12^h$ . В табл. 88 записывают номер звезды, ее звездную величину и экваториальные координаты. Под строкой, в которую записывают эти данные, оставляют 5—6 свободных строк, в которые заносят аналогичные данные о южных звездах с прямым восхождением  $\alpha_S$

$$\alpha_N \pm 12^h - 12^m \leq \alpha_S \leq \alpha_N \pm 12^h + 12^m.$$

Вычисляют и записывают в таблицу разности

$$\Delta \alpha = \alpha_S - (\alpha_N \pm 12^h).$$

Таблица 88

### Вычисление эфемерид

Основной пункт: г. Москва,  $\varphi_0 = 55^\circ 42'$

Номер звезды	$m$	$\delta$	$\alpha$	$\Delta \alpha = \alpha_S - \alpha_N \pm 12^h$	$v$	$\Delta v = v_S - v_N$	$\Delta s = \Delta \alpha \frac{v_S}{\Delta v}$	$s = \alpha_N + \Delta s \pm 12^h$	$\Delta a = \Delta s \cdot v_N = (s - \alpha_S) v_S$	$a$	$\Delta a_y$	$z$
470 N	4,6	$73^\circ 18'$	$19^h 16,1^m$		5,6							$51^\circ 00'$
202 S	4,1	$-0^\circ 27'$	$7^h 10,4^m$	$-5,7^m$	18,0	12,4	$-8,5^m$	$7^h 07,8^m$	$-0^\circ 45'$	$179^\circ 15'$	18'	$56^\circ 09'$
208 S	3,1	$+8^\circ 21'$	25,6	+9,5	20,2	14,6	+13,1	29,2	+1,14	$181^\circ 14'$	20	$47^\circ 21'$
469 N	4,0	$53^\circ 19'$	$19^h 16,4^m$		9,5							$69^\circ 59'$
204 S	3,6	$+16^\circ 35'$	$7^h 16,4^m$	0,0	22,7	13,2	0,0	$7^h 16,4^m$	0,00	$180^\circ 00'$	29	$39^\circ 07'$
208 S	3,1	$+8^\circ 21'$	25,6	+9,2	20,2	10,7	+17,4	33,8	+2,45	$183^\circ 45'$	36	$47^\circ 21'$

Из таблицы приложения 11 для основного пункта выбирают скорости движения звезд по азимуту  $v_S$  и  $v_N$ . Находят разность:

$$\Delta v = v_S - v_N.$$

Вычисляют величины:

$$\Delta s = \Delta \alpha \frac{v_S}{\Delta v}, \quad \Delta a = \Delta s \cdot v_N.$$

Определяют момент  $s$ , когда обе звезды пары находятся в одном вертикале

$$s = \alpha_N + \Delta s \pm 12^h.$$



Для контроля используется формула

$$\Delta a = (s - a_s) v_s.$$

По формуле  $a = \Delta a + 360^\circ$  находят азимут северной части вертикала наблюдения пары звезд. Из таблицы приложения 12 по скоростям северной  $v_N$  и южной  $v_s$  звезд пары выбирают угол упреждения  $\Delta a_y$ .

По формулам:

$$z_s = \varphi_0 - \delta_s, \quad z_N = 180^\circ - (\varphi_0 + \delta_N)$$

вычисляют зенитные расстояния звезд.

После того как эти вычисления выполнены для всех подобранных звезд, в табл. 89 выписывают в порядке возрастания средних моментов наблюдений следующие данные: номера и величины звезд, средние моменты наблюдения пары  $s_i$ , зенитные расстояния и азимуты звезд:

$$a_1 = a - \Delta a_y, \quad a_2 = a \pm 180^\circ + \Delta a_y.$$

Таблица 89

Рабочие эфемериды звезд для определения  
азимутальной лично-инструментальной разности

Номер звезды	$m$	$s$	$z$	$a_{1,2}$
470 N	4,6	07 <sup>h</sup> 07,8 <sup>m</sup>	51°00'	358°57'
202 S	4,1		56 09	179 30
467 N	3,2	08,9	52 26	359 15
202 S	4,1		56 09	179 55
467 N	3,2	18,3	52 26	0 19
204 S	3,6		43 22	181 00
476 N	4,6	20,4	69 54	356 52
210 S	4,8		47 53	178 02

146. До наблюдений теодолит ориентируется в меридиане по Полярной с точностью 1—2'. Подвижная нить микрометра приводится в вертикальное положение. Определяется мертвый ход и ширина контактов.

Перед наблюдениями теодолит горизонтируется. Через 2—3 приема горизонтирование контролируется и при необходимости уточняется. Горизонтирование между наблюдениями звезд пары не допускается.

Наблюдение пар всегда начинается с северной звезды. За 5—6 минут до эфемеридного среднего момента наблюдения пары  $S_i$  зрительную трубу закрепляют на зенитном расстоянии северной звезды. Теодолит устанавливают по азимуту  $a_N$ , выбранному из эфемерид. При появлении северной звезды в поле зрения трубы подвижную нить микрометра отводят на 1,5 оборота от нуля пункта навстречу ее видимому движению и отсчитывают по шкале накладного уровня. Для теодолита АУ-2"/10" переключают уровень на

оси. Для исключения остаточного влияния наклона вертикальной нити пропускают звезду вблизи средней горизонтальной нити. При этом, если в первом полуприеме звезда наблюдалась несколько выше горизонтальной нити, то во втором — звезду пропускают на столько же ниже.

Регистрация моментов прохождений звезды выполняется на трех центральных оборотах винта контактного микрометра. После прохождения звезды вторично отсчитывают уровень.

Не сдвигая алидаду теодолита по азимуту, осторожно переводят трубу через зенит и закрепляют ее на зенитном расстоянии южной звезды. При ее появлении в поле зрения трубы берут отсчет по шкале уровня, регистрируют прохождение звезды на трех центральных оборотах винта контактного микрометра и вторично отсчитывают уровень.

Переводят трубу через зенит и снова закрепляют ее на зенитном расстоянии южной звезды. Верхнюю часть теодолита устанавливают и закрепляют по азимуту  $a_s$ . Наблюдают южную звезду во втором полуприеме.

Не сдвигая алидаду теодолита по азимуту, осторожно переводят трубу через зенит и, закрепив на зенитном расстоянии северной звезды, наблюдают ее прохождение во втором полуприеме.

В процессе наблюдений контролируют постоянство нуля в полуделениях для каждой звезды вычисляется по формуле

$$X = \frac{(L + \Pi)_0 + {}_0(L + \Pi)}{2},$$

где  $(L + \Pi)_0$  и  ${}_0(L + \Pi)$  — суммы отсчетов по концам пузырька, когда ноль уровня справа и слева соответственно.

Колебания нуля для пары звезд не должны превышать трех полуделений.

Результаты наблюдений записывают в журнал, форма которого приведена в табл. 90.

В журнале наблюдений вычисляют наклонность горизонтальной оси в полуделениях уровня по формуле

$$b = \frac{(L + \Pi)_0 - {}_0(L + \Pi)}{2},$$

средние моменты наблюдения звезд  $T_H$ , абсолютные значения вспомогательных величин  $\Delta T = T_H - T_L$  (в секундах) и  $\left(\frac{\Delta T}{100}\right)^2$

Из приемов радиосигналов времени двух радиостанций вычисляется поправка и ход хронометра. Поправки хронометра вычисляются по формуле

$$u = (S_0 + T_0 + T_0 \mu + \lambda_0 + v) - X + H,$$

где  $\lambda_0$  — долгота основного пункта;

$v$  — поправка за скорость распространения радиоволн;

$H$  — поправка за приведение ко всемирному времени.

**Образец записи наблюдений  
в журнале определения азимутальной лично-инструментальной разности**

Теодолит АУ.2"/10" № 10062

$$\frac{\tau}{2} = 0,513'' \quad \frac{1}{2} (MX + ШК) = + 0,60''$$

Пара № 2

Звезда № 28 N

$$z = 69^{\circ}10'$$

Звезда № 323 S

$$\bullet \quad z = 50^{\circ}08'$$

Уровень

Уровень

8,1 —34,1    36,0 —10,0  
7,7 —33,7    36,0 —10,0  
—  
7,90—33,90    36,00—10,00  
41,80  $b = +2,10$     46,00  
 $x = 43,90$

33,7 —7,8    9,4 —35,4  
33,7 —7,8    9,4 —35,4  
—  
33,70—7,80    9,40—35,40  
41,50  $b = -1,65$     44,80  
 $x = 43,15$

$T_L$	$T_R$	$T_H$
$13^h 10^m 50,35^s$ 53,09 55,68 58,40 20 01,04 03,88 06,52 09,04 11,90 13 20 14,48	$13^h 25^m 41,35^s$ 38,88 36,13 33,32 30,05 28,07 25,25 22,60 19,84 13 25 17,32	$13^h 22^m 45,85^s$ 98 90 86 84 98 88 82 87 90
$13^h 20^m 02,438^s$	$13^h 25^m 29,341^s$	$13^h 22^m 45,888^s$

$T_L$	$T_R$	$T_H$
$13^h 21^m 22,42^s$ 23,80 25,25 26,87 28,44 30,02 31,53 32,93 34,48 13 21 36,08	$13^h 23^m 40,43^s$ 39,06 37,48 36,04 34,52 32,90 31,42 29,90 28,39 13 23 26,88	$13^h 22^m 31,42^s$ 43 36 46 48 46 48 42 44 48
$13^h 21^m 29,182^s$	$13^h 23^m 33,702^s$	$13^h 22^m 31,443^s$

$$\Delta T_H = 163^s, \quad \left( \frac{\Delta T_H}{100} \right)^2 = 2,67$$

$$\Delta T_H = 62^s, \quad \left( \frac{\Delta T_H}{100} \right)^2 = 0,38$$

Для вычислений поправок хронометра может использоваться приближенное значение долготы. В этом случае с точным значением долготы основного пункта в последующем вычисляется собственно значение лично-инструментальной разности.

147. Для каждой звезды вычисляют значение азимута по формуле

$$a = a' + \Delta a_{\alpha} + \Delta a_{\omega} + \Delta a_{\text{мш}} + \Delta N_b + \Delta N_{\text{ц}},$$

где  $a'$  — значение азимута, соответствующее среднему моменту наблюдения;

$\Delta a_{\alpha}$  — поправка за влияние суточной аберрации;

$\Delta a_{\omega}$  — поправка за ускорение движения звезды;

$\Delta a_{\text{мш}}$  — поправка за мертвый ход и ширину контакта микрометра;

$\Delta N_b$  — поправка за наклон горизонтальной оси;

$\Delta N_{\text{ц}}$  — поправка за неправильности фигуры цапф.

Перед вычислением азимутов звезд вычисляются их часовые углы  $t$  по формуле

$$t = T_{\text{н}} + u_1 + \omega(T_{\text{н}} - X_1) - \alpha,$$

где  $T_{\text{н}}$  — средний момент наблюдения звезды;

$u_1$  — поправка хронометра, вычисленная по результатам первого приема радиосигналов времени;

$\omega$  — часовой ход хронометра;

$X_1$  — средний момент первого приема радиосигналов времени по показанию хронометра;

$\alpha$  — видимое прямое восхождение звезды.

Азимут направления на звезду от точки севера вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} a' = \frac{\sin t}{\sin \varphi_0 \cos t - \cos \varphi_0 \operatorname{tg} \delta}.$$

Поправки в азимут вычисляются по формулам:

$$\Delta a_{\alpha} = \frac{0,32'' \cos \varphi_0 \cos a'}{\sin z};$$

$$\Delta a_{\omega} = K \left( \frac{\Delta T_{\text{н}}}{100} \right)^2 \sin a';$$

$$\Delta a_{\text{мш}} = 1/2 (MX \pm \text{ШК}) \operatorname{cosec} z;$$

$$\Delta N_b = -b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z;$$

$$\Delta N_{\text{ц}} = -(\Delta a_{*} + \Delta i_{*} \operatorname{ctg} z),$$

где  $\Delta a_{*}$  — поправка за неправильности цапф в направление на звезду;

$\Delta i_{*}$  — поправка за влияние неправильности цапф на показание уровня.

Таблица коэффициентов  $K$  приведена в приложении 9.

Величины значений  $\Delta a_*$  и  $\Delta i_*$  выбирают из таблиц, составленных по материалам исследований цапф.

Пример вычисления азимутов приведен в табл. 91.

Таблица 91

Вычисление азимутов звезд

$$\varphi = 55^\circ 45' 39,00''$$

$$\frac{\tau}{2} = 0,513''$$

Номер действия	Обозначения	№ 2	
		28 N	323 S
		$D, l=3,8$	
3	$\omega^h$	+0,059 <sup>s</sup>	+0,059 <sup>s</sup>
8	$(T_H - X_1)^h$	0,48 <sup>h</sup>	0,48 <sup>h</sup>
6	$T_H$	13 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 45,888 <sup>s</sup>	13 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 31,443 <sup>s</sup>
2	$u_1$	-0,346	-0,346
17	$\omega(T_H - X_1)$	+0,028	+0,028
18	$s$	13 22 45,570	13 22 31,125
9	$a$	1 09 15,442	13 16.07,777
19	$t^h$	12 13 30,128	0 06 23,348
20	$t^\circ$	183°22'31,92''	1°35'50,22''
10	$\delta$	+54°59'24,60''	+5°37'24,80''
15	$\sin \varphi$	0,826 6961	
21	$\cos t$	-0,998 2651	+0,999 6114
23	$I = \sin \varphi \cos t$	-0,825 2619	+0,826 3748
16	$\cos \varphi$	0,562 6486	
12	$\lg \delta$	1,427 6264	0,098 4659
24	$II = \cos \varphi \lg \delta$	0,803 2520	0,055 4017
22	$\sin t$	-0,058 8800	+0,027 8742
25	$I - II$	-1,628 5139	+0,770 9731
26	$\lg a'$	+0,036 1557	+0,036 1546
27	$a'$	2°04'14,40''	182°04'14,17''
29	$\Delta a'_a$	+0,19	-0,23
30	$\Delta a'_w$	-0,12	-0,09
31	$\Delta a'_{MIII}$	+0,64	+0,78
32	$\Delta N_b$	-0,41	+0,70
33	$\Delta N_{II}$	-0,13	-0,03
34	$a$	2°04'14,57''	182°04'15,30''
4	$z$	69°10'	50°08'
13	$\operatorname{cosec} z$	1,070	1,303
14	$\operatorname{ctg} z$	0,380	0,835
1	$0,5 (MX \pm IIIK)$	+0,60	+0,60
5	$b$	+2,10	-1,65
7	$\left(\frac{\Delta T}{100}\right)^2$	2,67	0,38
28	$\sin a$	+0,0361	-0,0361
11	$K$	-1,2	+6,3

Значение долготы, получаемое астрономом из наблюдений пар звезд, вычисляется по формулам:

$$\eta = \frac{a_N - (a_S - 180^\circ)}{\operatorname{ctg} z_N + \operatorname{ctg} z_S};$$

$$\Delta \lambda = \frac{\eta}{15 \cos \varphi};$$

$$\Delta \lambda_{\text{ср.}} = \frac{\Sigma \Delta \lambda}{n};$$

$$\lambda_{\text{ср.}} = \lambda_0 + \Delta \lambda_{\text{ср.}},$$

где  $\lambda_0$  — значение долготы основного пункта, с которым вычислены поправки хронометра;  
 $n$  — количество пар звезд.

Полученное значение долготы исправляется поправкой за движение полюса и поправкой за разность шкал времени  $UT1-UTC$ , если последняя поправка не учтена при вычислении поправок хронометра.

Средняя квадратическая ошибка определения долготы (личной разности) по одной паре звезд вычисляется по формуле

$$m_\lambda = \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}},$$

где  $v$  — отклонения отдельных значений  $\Delta \lambda$  от среднего.

Средняя квадратическая ошибка среднего значения долготы (личной разности) вычисляется по формуле

$$M_\lambda = \frac{m_\lambda}{\sqrt{n}}.$$

Эта величина не должна превышать  $0,013^s \text{ сек } \varphi_0$  в случае определения азимутов с точностью  $1''$  и  $0,03^s$  — для азимутов, определяемых с точностью  $2$  и  $3''$ .

Азимутальная лично-инструментальная разность вычисляется по формуле

$$\partial T = \lambda_{\text{ср.}} - \lambda_0,$$

где  $\lambda_0$  — значение долготы основного пункта.

Пример вычисления дан в табл. 92.

Расхождение значений азимутальных лично-инструментальных разностей, определенных в начале и в конце полевого сезона, не должно превышать  $0,08^s$  при определении азимутов с точностью  $1''$  и  $0,10^s$  при определениях с точностью  $2''$ . Для вычисления поправок в азимуты, определяемые на полевых пунктах, используется среднее значение из начального и заключительного определения лично-инструментальной разности.

## Вычисление азимутальной лично-инструментальной разности

$$\lambda_0 = 2^h 30^m 39,443^s$$

Номер пары	$a_N = (a_S - 180^\circ)$	$\text{ctg } z_N + \text{ctg } z_S$	$\eta$	$\Delta \lambda$	$v$
1	$-0,30''$	$2,160''$	$-0,14''$	$-0,017^s$	$-0,048^s$
2	$-0,73$	$1,215$	$-0,60$	$-0,071$	$-0,102$
3	$+0,21$	$1,950$	$+0,11$	$+0,013$	$-0,018$
...	...				
...	...				
39	$-0,37$	$0,902$	$-0,41$	$-0,049$	$-0,080$
40	$+0,90$	$1,674$	$+0,54$	$+0,064$	$+0,033$

$$\Delta \lambda_{\text{ср.}} = + 0,031^s [v^2] = 0,1004$$

$$\frac{\lambda_0 = 2^h 30^m 39,443^s}{\lambda'_{\text{ср.}} = 2 \ 30 \ 39,474} m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = 0,051^s$$

$$-\frac{1}{15} (X \sin \lambda + Y \cos \lambda) \text{tg } \varphi = - 0,017$$

$$\frac{\lambda_{\text{ср.}} = 2 \ 30 \ 39,457}{\lambda_0 = 2 \ 30 \ 39,443} M_\lambda = \frac{m_\lambda}{\sqrt{n}} = 0,008$$

$$\partial T = + 0,014^s$$

## Методики наблюдений при определении геодезических азимутов

148. При определении азимутов со средней квадратической ошибкой  $1''$  наблюдения с сигналов в каждом приеме выполняют по следующей методике:

— Наблюдают местный предмет КЛ (КП), при этом: делают три наведения подвижной нитью контактного микрометра на земной предмет и одновременно три наведения нитью поверительной трубы на мир с отсчетами по микрометрам; берут отсчет по горизонтальному кругу, (для ДКМЗ-А дважды совмещая штрихи);

— Наблюдают местный предмет при другом положении круга — КП (КЛ);

— Наблюдают звезду с контактным микрометром при КП (КЛ), при этом устанавливают зрительную трубу и алидаду горизонтального круга по зенитному расстоянию и азимуту звезды; при появлении звезды в поле зрения трубы снимают отсчет по накладному уровню для теодолита АУ-2"/10" уровень перекадывают; сдвигают подвижную нить контактного микрометра на полтора оборота от нуля пункта навстречу видимому движению звезды; при подходе звезды к подвижной нити помощник наблюдателя вклю-

чает хронограф; сопровождают звезду подвижной нитью в пределах трех оборотов винта контактного микрометра (по полтора оборота до и после нульпункта). При наблюдении звезды делают три наведения нитью поверительной трубы на миру с отсчетами по микрометру; снимают отсчеты по накладному уровню и горизонтальному кругу;

- Наблюдают звезду с контактным микрометром при КЛ (КП) в том же порядке, как и при КП (КЛ);

- Наблюдают местный предмет и миру при КЛ (КП);

- Наблюдают местный предмет и миру при КП (КЛ).

**149.** Если в широтах южнее  $40^\circ$  в качестве северной звезды выбрана Полярная, то наблюдения в каждом приеме выполняют в такой последовательности:

- Наблюдают местный предмет и миру при двух положениях круга;

- Наблюдают Полярную при КЛ (КП), при этом устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние Полярной; вращая по ходу часовой стрелки, устанавливают алидаду на отсчет, соответствующий направлению на Полярную; подводят изображение звезды к подвижной нити, установленной в нульпункте на отсчет, равный нулю; снимают отсчеты по накладному уровню; три раза наводят подвижную нить на Полярную в моменты секундных ударов хронометра. Одновременно с наведением на Полярную трижды наводят подвижную нить поверительной трубы на миру с отсчетами по микрометру; снимают отсчет по накладному уровню и горизонтальному кругу;

- Наблюдают Полярную при КП (КЛ) в том же порядке, как и при КЛ (КП);

- Наблюдают местный предмет и миру при двух положениях круга.

**150.** При наблюдениях с астрономических столбов, а также при определении геодезического азимута с точностью 2 и 3" поверительная труба не используется.

При определении азимута с точностью 2 и 3" наблюдения в приеме выполняются в такой последовательности:

- Наблюдают местный предмет при КЛ (КП), при этом трижды наводят подвижную вертикальную нить на местный предмет с отсчетами по микрометру, после чего берут отсчет по горизонтальному кругу (у ДКМЗ-А дважды совмещая штрихи). Разрешается наблюдать местный предмет неподвижной нитью. В этом случае делают одно наведение и берут отсчеты по горизонтальному кругу;

- Наблюдают звезду с контактным микрометром при КЛ (КП);

- Наблюдают звезду с контактным микрометром при КП (КЛ);

- Наблюдают местный предмет при КП (КЛ) в том же порядке, как и при КЛ (КП).

Наблюдения Полярной, если она была взята в качестве северной звезды, производятся так же, как и при определении азимута с точностью 1" (без использования поверительной трубы).



Если при определении азимута с точностью 2 и 3" наведение на местный предмет и Полярную производят неподвижной нитью, то наблюдения в приеме выполняют в порядке, изложенном в ст. 112.

151. При определении геодезического азимута с точностью 5 и 10" наблюдения оптическими теодолитами выполняют в такой последовательности:

— Наблюдают земной предмет при КЛ (КП), при этом наводят неподвижную вертикальную нить на земной предмет и снимают отсчет по горизонтальному кругу;

— Наблюдают звезду (в том числе Полярную) при КЛ (КП). Для этого устанавливают зрительную трубу по азимуту и зенитному расстоянию звезды, снимают отсчет по накладному уровню; фиксируют по секундомеру моменты прохождений звезды через среднюю вертикальную нить, каждый раз снимая отсчеты по секундомеру и по горизонтальному кругу; снимают отсчет по накладному уровню;

— Наблюдают звезду при КП (КЛ);

— Наблюдают земной предмет при КП (КЛ).

При наличии в комплекте оптического теодолита астрономической сетки нитей прохождения звезды регистрируются не менее чем на трех центральных вертикальных нитях. Для исключения влияния наклона вертикальных нитей сетки наблюдают звезду в непосредственной близости от горизонтальной нити. Наблюдения с контактным микрометром выполняют по методике, предусмотренной для получения азимутов с точностью 2 и 3".

152. При определении азимута с точностью 1" лимб между приемами переставляется через 10°5'. Отсчет по лимбу в приеме с номером  $m$  при наведении на местный предмет вычисляется по формуле

$$L_{\Delta} = R_{\Delta} \pm 180^{\circ} = m(10^{\circ}5') + (A - a),$$

где  $A$  — приближенный азимут местного предмета (до 1');

$a$  — азимут вертикаля наблюдения звезд (0° — для Полярной, звезд в меридиане и вблизи меридиана; 90° — для звезд в первом вертикале).

В этом случае  $m$  (10°5') является местом севера или местом востока.

Повторные наблюдения приемов, в которых результаты не удовлетворяют установленным допускам, выполняются на тех же установках лимба.

При определении азимутов с точностью 2—10" в повторных приемах звезды наблюдаются при произвольных установках лимба.

### Обработка результатов наблюдений

153. Обработка результатов наблюдений производится до выезда из района полевых работ. При достаточной натренированности астронома рекомендуется наблюдать на две-четыре звезды больше, предусмотренных программой, и вычисления производить на базе отделения.

Обработка наблюдений включает:

- обработку журналов наблюдений, включая вычисление поправки и хода хронометра из приема радиосигналов времени;
- расшифровку хронографической ленты;
- вычисление видимых координат звезд;
- вычисление значений фиктивных азимутов направлений на местный предмет;
- вычисление составляющих уклонений отвесной линии и значение геодезического азимута.

Если имеется возможность вычислить азимуты на ЭВМ до выезда из района работ и произвести, при необходимости, повторные наблюдения, полевая обработка ограничивается:

- обработкой журналов наблюдений;
- расшифровкой хронографической ленты;
- выпиской информации в специальные бланки.

Моменты наблюдений могут записываться в бланки после расшифровки хронографической ленты на базе отделения, остальная же часть информации — на пункте наблюдения.

При определении геодезического азимута поправка хронометра вычисляется с геодезической долготой.

Для каждой звезды в журнал записывают результаты расшифровки хронографической ленты (табл. 93).

Таблица 93

Результаты расшифровки хронографической ленты

Прием 6

КЛ	КП	1/2 (КЛ + КП)
21 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 12,76 <sup>s</sup>	21 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 18,76 <sup>s</sup>	21 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 45,760 <sup>s</sup>
14,00	17,85	45,925
14,90	17,06	45,980
16,00	16,42	46,210
17,15	15,40	46,275
18,05	14,57	46,310
18,83	13,60	46,215
19,76	12,45	46,105
20,50	11,29	45,895
21 45 21,23	21 50 10,60	45,915
21 45 17,318	21 50 14,800	21 47 46,059

$$T_H = 21^h 47^m 46,059^s;$$

$$\Delta T_H = 149^s;$$

$$5,454 \left( \frac{\Delta T_H}{100} \right)^2 = 12,11$$

В журнале вычисляют:

— средние моменты наблюдения звезды при круге «лево» и круге «право»

$$T_{L,R} = \frac{\sum T_i}{n},$$

где  $T_i$  — показание хронометра, соответствующее рабочему контакту с номером  $i$ ;

$n$  — число рабочих контактов (обычно 10);

— средний момент наблюдения звезды в приеме

$$T_H = \frac{T_L + T_R}{2};$$

— величины  $\Delta T_H = T_H - T_L$  и  $5,454 \left( \frac{\Delta T_H}{100} \right)^2$ .

Кроме того, по результатам наблюдения каждой звезды в журнале вычисляют:

— среднее значение измеренного направления на земной предмет

$$M = \frac{L_{\Delta} + (R_{\Delta} \pm 180^\circ)}{2}$$

и двойную коллимационную ошибку по наблюдениям земного предмета

$$2c = L_{\Delta} - (R_{\Delta} \pm 180^\circ);$$

— среднее значение измеренного направления на светило

$$N = \frac{L^* + (R^* \pm 180^\circ)}{2},$$

где  $L^*$  и  $R^*$  — отсчеты по горизонтальному кругу при наведении зрительной трубы на звезду;

— среднюю наклонность горизонтальной оси.

Если накладной уровень в приеме наблюдения не перекадывается, то наклонность вычисляется по формуле

$$b = \frac{(Л + П)_0 - {}_0(Л + П)}{2},$$

где  $(Л + П)_0$  и  ${}_0(Л + П)$  — суммы отсчетов по концам пузырька, когда нуль уровня справа (зрительная труба теодолита направлена на звезду и наблюдатель обращен лицом к светилу) и слева соответственно.

Для теодолитов ДКМЗ-А деления на уровнях обычно наносятся так, что действует формула

$$b = \frac{(Л + П)_{кл} - (Л + П)_{кп}}{2},$$

где  $(Л + П)_{кл}$  и  $(Л + П)_{кп}$  — суммы отсчетов по концам пузырька при круге „лево“ и круге „право“ соответственно;

— значение горизонтального угла между направлениями на земной предмет и на светило

$$Q = M - N.$$

В дальнейшем вычисляются значения фиктивных азимутов направления на земной предмет, составляющие уклонений отвесной линии и значения геодезического азимута. Порядок вычисления этих величин изложен при описании каждого конкретного способа определения геодезического азимута. Значения фиктивных азимутов вычисляются до  $0,01''$  при точности азимута  $1''$ ; до  $0,1''$  при точности  $2-10''$ .

### Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в меридиане

**154.** Определение геодезического азимута направления на земной предмет состоит в регистрации моментов прохождений южных и северных звезд через меридиан и измерении горизонтальных углов между звездами и земным предметом. Методики наблюдения приведены в ст. 148—152, а количество приемов в зависимости от точности — в табл. 86.

Перед наблюдениями составляются рабочие эфемериды звезд (табл. 94). Подбор звезд осуществляется с помощью таблиц средних мест Астрономического ежегодника по формулам:

для южных звезд

$$s = \alpha, \quad z_s = B - \delta_s;$$

для северных звезд в нижней кульминации

$$s = \alpha \pm 12^h, \quad z_N = 180^\circ - (B + \delta_N).$$

Таблица 94

#### Рабочие эфемериды звезд

$$B = 55^\circ 46'$$

Номер звезды	Величи- на	$\alpha$	$\delta$	$s$	$z$	$360^\circ - z$	Угол упреждения
354 S	4,13	$22^h 33,6^m$	$- 0^\circ 18'$	$22^h 34^m$	$56^\circ 04'$	$303^\circ 56'$	$\mp 40'$
272 N	5,23	$10 \ 40,7$	$+69 \ 15$	$22 \ 41$	$54 \ 59$	$305 \ 01$	$\mp 20$
562 S	3,84	$22 \ 50,8$	$- 7 \ 46$	$22 \ 51$	$63 \ 32$	$296 \ 28$	$\mp 40$

Пользуясь списком рабочих эфемерид, устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние звезды, а алидадную часть инструмента — по азимуту с учетом угла упреждения. Для южных звезд принимают величину упреждения около  $30-45'$ , для северных — около  $20-30'$ . Для исключения остаточного влияния наклона подвижной нити звезду пропускают вблизи средней горизонтальной нити. Примеры записи наблюдений в журнале приведены в табл. 95 для случая определения азимута с точностью  $1''$ , в табл. 96 и 97 — при определении азимута с точностью 2 и  $3''$  и в табл. 98 и 64 — при определении азимута с точностью 5 и  $10''$ .

Место севера  $N = 50^{\circ}25'$ ;  $\frac{1}{2} (MX - ШК) = 0,0730^{\circ}$

## Прием 5

Зрительная труба	Поворотная труба	Горизонтальный круг		$\frac{1}{2} (A+B)$	Поправки	L, R
		A	B			

Земной предмет						
			КЛ			
	7,0	4,1	119°27'01,8"	27'32,1"	+ 7,45	
	6,2	4,0	01,4	32,4	+ 5,50	
	6,3	3,2	27'03,2"	27'34,5	+13,0	119°27'31,8"
Среднее:	6,5	3,8				
				КП	2c = -5,5"	
	4,7	3,0	229°27'42,9	27'31,4	- 6,99	
	6,9	3,7	42,0	32,0	+ 5,06	
	6,8	3,7	27'44,9"	27'33,4"	- 1,9	229°27'37,3"
Среднее:	6,1	3,5		$\frac{1}{2} (L+R)$		119°27'34,55"
Звезда № 2775						
				КП		
	Уровень					
	6,1—22,5	28,6				
	26,4—10,2	36,6				
		b = + 8,0				
		4,1	50°07'03,0	05'30,9		
		4,0	03,8	32,4		
		3,7	07'06,8"	05'33,3"		
Среднее:		3,9		50°06'20,0"	+ 5,6"	50°06'25,6"
				КЛ		
	Уровень					
	5,0—21,2	26,2				
	27,9—11,7	39,6				
		b = +13,4				
		b <sub>ср.</sub> = +10,70				
		5,3	230°45'24,8	47'22,1		
		5,3	30,4	24,2		
		4,2	45'30,2"	47'26,3"		
Среднее:		4,9		230°46'28,2"	+ 7,1"	230°46'35,3"

Земной предмет						
			КЛ			
	4,1	5,7	119°27'00,0	27'33,0	+ 4,70	
	4,5	5,3	00,8	33,1	+ 8,10	
	3,7	5,8	27'00,8"	27'36,1"	+12,8"	119°27'31,2"
Среднее:	4,1	5,6				
				КП	2c = -4,8	
	2,3	5,4	229°27'40,8	27'21,0	- 2,87	
	2,2	4,9	34,9	21,0	+ 7,52	
	3,0	5,2	27'40,7"	27'22,0"	+ 4,6"	299°27'36,0"
Среднее:	2,5	5,2		$\frac{1}{2} (L+R)$		119°27'33,60
$\frac{1}{2} (L+R)_{\Sigma П} 119^{\circ}27'34,08''$						
Среднее: $\frac{1}{2} (L+R)_{\Sigma В} 230^{\circ}26'30,45$						
Q 249 01 03,63						

## Журнал наблюдения звезд в меридиане

Точность: 2—3". Теодолит ДКМЗ-А

Прием 5

КЛ -240°	КП 60°
ЗП $321^{\circ}14'17,2''$ <u>17,0</u> 17,10	$141^{\circ}14'20,4''$ <u>20,2</u> 20,30
484 S $3^m,7-4^m,4$	$2c = -3,20''$
Уровень $28,5 - 15,0$ $29,2 - 15,6$ <u>28,85 15,30</u> 44,15	$s = 17^h 51^m z = 54^{\circ}48' (305^{\circ}12')$ $11,9 - 25,6$ $11,8 - 25,2$ <u>11,85 - 25,40</u> 37,25
$239^{\circ}32'58,2''$ <u>58,0</u> 58,10	$60^{\circ}37'01,4''$ <u>02,0</u> 01,70
$b = +3,45$	$M = 321^{\circ}14'18,70''$ $N = 240 04 59,90$ <u><math>Q = 81^{\circ}09'18,80''</math></u>

Таблица 97

## Журнал наблюдения Полярной

Точность: 2—3". Теодолит ДКМЗ-А

Прием 6

КП 255°	КЛ 75°
ЗП $181^{\circ}15'50,0''$ <u>50,5</u> 50,25	$1^{\circ}15'40,2''$ <u>40,6</u> 40,40
$a U M_1$	$2c = -9,85''$
Уровень $15,0 - 28,5$ $15,0 - 28,6$ <u>15,00 - 28,55</u> 43,55	$29,2 - 15,8$ <u>29,3 - 15,7</u> 29,25 - 15,75
$T 20^h 22^m 01^s$	45,00 $20^h 25^m 10^s$
* $255^{\circ}07'23,3''$ <u>24,0</u> 23,65	$75^{\circ}07'27,8''$ <u>28,0</u> 27,90
$T_{ср.} = 20^h 23^m 35,5^s$ $b = +0,72$	$M = 1^{\circ}15'45,32''$ $N = 75 07 25,78$ <u><math>Q = 286 08 19,54</math></u>

**Образец записи в журнале определения геодезического азимута  
из наблюдений звезд в меридиане**

П р и е м 1

10 августа 1966 г.    464 S    Теодолит Theo-010    № 304205

$s=19^h04^m$     Секундомер    № 023437

$z=60^\circ12'$      $\frac{\tau}{2} = 5,45$      $\operatorname{ctg} z^*=0,5612$      $\frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z=3,0585$

Объект наблюдения	$T_{L,R}$	Уровень	Отсчеты по лимбу $L'_{\Delta}, R'_{\Delta}$ $L^*, R^*$	Поправка за уровень $\Delta N''_b$	Направление $L_{\Delta}, R_{\Delta}$ $L^*, R^*$
Земной предмет		КЛ	$82^\circ30'53''$ 54 $82^\circ30'53,5''$		$82^\circ30'53,5''$
464 S	$19^h03^m15,5^s$ 51,1 04 18,4 $T_L=19^h03^m48,33^s$	$43,5-7,4$ $8,0-44,0$ $50,9-52,0$ $b=-0,55$ $x=51,4$	$136^\circ10'19''$ 19 $136^\circ10'19,0''$	$-1,7''$	$136^\circ10'17,3''$
464 S	$19^h06^m21,0^s$ 58,8 07 33,6 $T_R=19^h06^m57,80^s$	КП $45,4-9,3$ $6,0-42,0$ $54,7-48,0$ $b=+3,35$ $x=51,4$	$317^\circ04'23''$ 24 $317^\circ04'23,5''$	$+10,2''$	$317^\circ04'33,7''$
Земной предмет			$262^\circ30'42''$ 41 $262^\circ30'41,5''$	$-$	$262^\circ30'41,5''$
$T_H=19^h05^m23,06^s$					
$2c=+12,0''$ $M=82^\circ30'47,5''$ $N=136\ 37\ 25,5$ $Q=M-N=305^\circ53'22,0''$					

Вычисление значения фиктивного азимута  $A$  направления на земной предмет производится по формуле

$$A = a + Q + \Delta a_a + \Delta a_{\text{мш}} + \Delta N''_b,$$

- где  $a$  — азимут направления на звезду;  
 $Q$  — горизонтальный угол между направлениями на звезду и на земной предмет (выбирается из журнала наблюдений);  
 $\Delta a_a$  — поправка за влияние суточной аберрации;  
 $\Delta a_{\text{мш}}$  — поправка за мертвый ход и ширину контакта микрометра;  
 $\Delta N''_b$  — поправка в измеренное направление на звезду за наклонность горизонтальной оси теодолита.

Перед вычислением азимутов звезд вычисляются их часовые углы

$$t_r = T_H + u_1 + \omega(T_H - X_1) - \alpha,$$

- где  $T_H$  — средний момент наблюдения звезды в приеме (выбирается из журнала наблюдений);  
 $X_1$  — средний момент первого приема радиосигналов времени по показанию хронометра (выбирается из журнала наблюдений);  
 $\omega$  — часовой ход хронометра (выбирается из журнала наблюдений);  
 $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная по результатам первого приема радиосигналов времени (выбирается из журнала наблюдений);  
 $\alpha$  — прямое восхождение звезды.

Азимут направления на звезду от точки севера вычисляется по формулам:

для южных звезд

$$a''_s = \frac{15 t_r}{\sin B \cos B \operatorname{tg} \delta} + 180^\circ;$$

для северных звезд в нижней кульминации

$$a''_N = \frac{15 (t_r - 12^h)^s}{\sin B + \cos B \operatorname{tg} \delta}.$$

Формулы разрешается применять, если абсолютные значения часовых углов южных звезд не превышают  $3^m$ , а для северных звезд абсолютная величина значения  $(t_r - 12^h)$  не превышает  $5^m$ . Пример вычисления азимута приведен в табл. 99. При больших значениях часовых углов азимут звезды вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} a = \frac{\sin t_r}{\sin B \cos t_r - \cos B \operatorname{tg} \delta}.$$



Вычисление азимута направления на земной предмет  
из наблюдения звезд в меридиане

$$B = 55^{\circ}43'27,96''$$

Август 1970 г.

$$\frac{\tau}{2} = 0,84''$$

Номер действия	Обозначения	686 S	484 S	225 N	295 N
		D, i			
		3,8	3,9	3,9	4,0
3	$\omega$	-0,027	-0,027	-0,027	-0,035
8	$(T_H - X)^h$	1,20 <sup>h</sup>	1,48 <sup>h</sup>	2,08 <sup>h</sup>	2,30 <sup>h</sup>
7	$T_H$	19 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 52,162 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 30,564 <sup>s</sup>	20 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 20,732 <sup>s</sup>	23 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 31,247 <sup>s</sup>
2	$u_1$	-23,169	-23,169	-23,169	-23,254
16	$\omega (T_H - X)$	-0,032	-0,010	-0,056	-0,080
17	$s$	19 35 29,261	19 51 07,355	20 27 57,507	23 52 07,913
9	$\alpha$	19 35 20,355	19 51 00,238	8 27 48,801	11 52 17,242
18	$t$	+ 8,906	+ 7,117		
	$t-12^h$			+ 8,703	- 9,329
19	$15 t$	+133,590	+106,755	+130,545	-139,935
10	$\delta$	-7°05'10,42"	+0°55'14,15"	+60°49'11,97"	+53°51'41,81"
15	$\cos B$	0,563174			
11	$\operatorname{tg} \delta$	-0,124460	+0,016211	+1,790756	+1,369414
14	$\sin B$	0,826339			
20	$\cos B \cdot \operatorname{tg} \delta$	-0,070093	+0,009131	+1,008507	+0,771218
21	$D_S = \sin B - \cos B \operatorname{tg} \delta$	0,896432	0,817208		
	$D_N = \sin B + \cos B \operatorname{tg} \delta$			1,834846	1,597557
22	$a' = 15 t : D$	+149,02"	+130,63"	+71,15"	-87,59"
4	$z$	62°48'	51°48'	63°28'	70°26'
12	$\operatorname{cosec} z$	1,121	1,221	1,118	1,061
13	$\operatorname{ctg} z$	0,514	0,705	0,499	0,355
1	0,5 (MX ± ШК)	-0,351			
5	$b$	+6,35	+3,45	-4,75	-6,88
23	$a_S = a' + 180^{\circ}; a_N = a'$	180°02'29,02"	180°02'10,63"	0°01'11,15"	359°38'32,41"
6	$Q$	81 09 06,02	81 09 18,80	261 10 11,65	261 12 53,61
24	$\Delta a_a$	- 0,20	- 0,22	+ 0,20	+ 0,19
25	$\Delta a_{MIII}$	- 0,10	- 0,42	- 0,40	- 0,38
26	$\Delta N'' b$	- 2,74	- 2,05	+ 1,99	+ 2,05
27	$A$	261°11'31,70"	261°11'26,71"	261°11'24,59"	261°11'27,88"

В вычисленное значение азимута  $a$  вводятся поправки:

— за влияние суточной аберрации

$$\Delta a''_a = \pm \frac{0,32 \cos B}{\sin z},$$

где  $z$  — зенитное расстояние звезды (знак „плюс“ берется для северных звезд и „минус“ — для южных);

— за мертвый ход и ширину контакта контактного микрометра

$$\Delta a''_{\text{мш}} = 1/2 (MX \pm \text{ШК})'' \operatorname{cosec} z;$$

— за наклон горизонтальной оси вращения трубы

$$\Delta N''_b = -b \frac{\tau}{2} \operatorname{ctg} z,$$

где  $b$  — наклонность горизонтальной оси (выбирается из журнала наблюдений);

$\tau$  — цена деления накладного уровня.

Для получения составляющей уклонения отвесной линии и геодезического азимута вычисляются средние из значений фиктивных азимутов:

$$A_{N_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{N_i}}{m};$$

$$A_{S_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{i=1}^k A_{S_i}}{k},$$

где  $A_{N_i}$  и  $A_{S_i}$  — фиктивные азимуты, вычисленные по наблюдениям северных и южных звезд;

$m$  и  $k$  — количество приемов наблюдения северных и южных звезд, принятых в обработку.

Составляющая уклонения отвесной линии в первом вертикале вычисляется по формуле

$$\eta = \frac{A_{N_{\text{ср.}}} - A_{S_{\text{ср.}}}}{\frac{\sum_{i=1}^m \operatorname{ctg} z_{N_i}}{m} + \frac{\sum_{i=1}^k \operatorname{ctg} z_{S_i}}{k}}.$$

Зенитные расстояния звезд выбираются до  $1'$ .

156. С полученным значением составляющей уклонения отвесной линии вычисляются в каждом приеме значения геодезического азимута местного предмета:

$$A_{rj} = A_{N_i} - \eta \operatorname{ctg} z_{N_i};$$

$$A_{rj} = A_{S_i} + \eta \operatorname{ctg} z_{S_i},$$

где  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $n = m + k$ .

Среднее значение геодезического азимута местного предмета вычисляется по формуле

$$A_r = \frac{\sum_{j=1}^n A_{rj}}{n}.$$

Если отдельные значения  $A_{rj}$  геодезического азимута не удовлетворяют допускам (см. табл. 87), то из дальнейшей обработки исключается тот приём, для которого абсолютная величина ошибки, вычисленной по формуле

$$v_j = A_r - A_{rj},$$

получается наибольшей.

После исключения неудовлетворительного приема вычисляются вновь составляющая уклонения отвесной линии и значения геодезического азимута. Вычисления продолжаются до тех пор, пока не будут исключены все неудовлетворительные приемы.

Средняя квадратическая ошибка геодезического азимута вычисляется по формуле

$$M_{A_r} = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}.$$

Пример вычисления приведен в табл. 100.

### Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в первом вертикале

157. Определение геодезического азимута направления на местный предмет состоит в регистрации моментов прохождений западных и восточных звезд через первый вертикал и измерении горизонтальных углов между звездами и земным предметом. Методики наблюдения приведены в ст. 148, 150—152, а количество приемов в зависимости от точности — в табл. 86.

Вычисление значений геоэзического азимута и составляющей уклонения отвесной линии по наблюдениям звезд в меридиане

Номер звезды	A	z	ctg z	$\eta^I$ ctg z	$A_I'$	$\eta^{II}$ ctg z	$A_{II}'$	$\eta^{III}$ ctg z	$A_{III}'$	v
Южные звезды										
464	261°11'26,34"	60°39'	0,562	-1,76"	261°11'24,58"	-1,24"	261°11'25,10"	-0,52"	261°11'25,82"	-0,21"
685	(12 32,40	71 44	0,330)				30,56)			
686	(11 31,70	62 48	0,514	-1,61	30,09	-1,14	25,18	-0,66	26,08	+0,05
484	26,74	34 48	0,705	-2,21	24,53	-1,56	25,61	-0,43	26,20	+0,17
512	26,63	65 19	0,460	-1,44	25,19	-1,02				
547	(10 45,49	63 39	0,495)							
Среднее I	261°11'27,85"	—	0,560		26,10"		26,61"		26,03"	
Среднее II										
Среднее III	26,57	60°15'	0,576							
Северные звезды										
220	261°11'27,75"	72°41'	0,312	+0,98"	261°11'28,73"	+0,69"	261°11'28,44"	+0,29"	261°11'28,04"	+2,01"
225	24,59	63 28	0,499	+1,56	26,15	+1,10	25,69	+0,46	25,05	-0,98
236	25,57	56 32	0,661	+2,07	27,64	+1,46	27,03	+0,61	26,18	+0,15
277	(20,16	67 44	0,409	+1,28	21,44)					
295	27,88	70 26	0,355	+1,11	28,99	+0,78	28,66	+0,33	28,21	+2,18
301	22,30	67 05	0,423	+1,32	23,62	+0,93	23,23	+0,39	22,69	-3,34
Среднее I	24,71		0,443		26,10"		26,61		[v <sup>2</sup> ] =	21,01
Среднее II	25,62	66°02'	0,450						26,03"	
Среднее III										

$$A_I' = 261°11'26,03"$$

$$M_{ar} = \pm \sqrt{\frac{21,01}{56}} = \pm 0,61"$$

Обозначения	I	II	III
$A_{Ncp.} - A_{Scp.}$	-3,14"	-2,23"	-0,95"
ctg <sub>ср.</sub> z <sub>N</sub> + ctg <sub>ср.</sub> z <sub>S</sub>	1,003	1,010	1,026
$\eta$	-3,13"	-2,21"	-0,93"

Примечание. Значения азимутов, вычисленные по наблюдениям звезд № 685 и 547, исключены как явно ошибочные. Значения геоэзических азимутов  $A_I'$  различаются на 8,65", а значения  $A_{II}'$  — на 7,33", поэтому из обработки исключены звезды № 277 и 686. Цифры в скобках — зачеркнутые в сводке.

При астрономических работах используются «Эфемериды для наблюдений звезд в первом вертикале при определении геодезических азимутов и составляющих уклонений отвесных линий». Рабочие эфемериды составляются в соответствии с пояснением к этому изданию. Для наблюдения светил в первом вертикале величину упреждения  $\Delta a$  по азимуту и  $\Delta z$  по зенитному расстоянию определяют по широте места с помощью табл. 101.

Таблица 101

$\varphi$	$\Delta a'$	$\Delta z'$	$\varphi$	$\Delta a'$	$\Delta z'$
35°	1,4°	2,0°	60°	2,2°	1,2°
40	1,6	1,9	65	2,3	1,1
45	1,8	1,8	70	2,4	0,8
50	1,9	1,6	75	2,4	0,6
55	2,0	1,4			

В этой таблице значения  $\Delta a'$  и  $\Delta z'$  соответствуют промежутку времени 10 мин, а величины  $\Delta a$  и  $\Delta z$  можно получить интерполированием табличных значений  $\Delta a'$  и  $\Delta z'$  по формулам:

$$\Delta a = \frac{\Delta a'}{10} \Delta T;$$

$$\Delta z = \frac{\Delta z'}{10} \Delta T,$$

где  $\Delta T$  — промежуток между эфемеридным моментом и временем наблюдения звезды, мин.

Вместо составления рабочих эфемерид можно вычислять с помощью табл. 102 только суммарную поправку  $\Delta z$  в отсчет по вертикальному кругу за интерполирование по широте и упреждение по высоте.

Таблица 102

Формулы для вычисления поправки в отсчет по вертикальному кругу

Полуприемы	Восточные звезды $E$		Западные звезды $W$	
	КЛ	КП	КЛ	КП
1	$+\Delta z' + \Delta z''$	$-\Delta z' - \Delta z''$	$-\Delta z' + \Delta z''$	$+\Delta z' - \Delta z''$
2	$-\Delta z' + \Delta z''$	$+\Delta z' - \Delta z''$	$+\Delta z' + \Delta z''$	$-\Delta z' - \Delta z''$

Значения  $\Delta z'$  и  $\Delta z''$  вычисляются по формулам (для  $\Delta T = 2,5^m$ ):

$$\Delta z' = 38' \cos B,$$

$$\Delta z'' = 0,50 \operatorname{ctg} B (B - \varphi_{\text{эф.}}),$$

где  $\varphi_{\text{эф.}}$  — ближайшее эфемеридное значение широты.

Поправки выписываются в таблицу (см. табл. 103) и учитываются в эфемеридных значениях зенитного расстояния во время наблюдения на пункте.

Таблица 103

Поправки в отсчет по вертикальному кругу

$$B = 55^{\circ}45'$$

Полуприемы	Восточные звезды <i>E</i>		Западные звезды <i>W</i>	
	КЛ	КП	КЛ	КП
1	+16'	-16'	-26'	+26'
2	-26	+26	+16	-16

Упреждение по азимуту вычисляется по формуле

$$\Delta A = 38' \sin B.$$

Для исключения влияния остаточного наклона подвижной вертикальной нити перед наблюдениями звезд теодолитом ДКМЗ-А вычисляются с точностью  $\pm 1$  град параллактические углы по формуле

$$\operatorname{tg} q = \operatorname{ctg} B \operatorname{cosec} z.$$

Значение  $q$  переводится в градусы по формуле

$$q^{\circ} = 1,11 q^{\circ}$$

и выписывается в таблицу (см. табл. 104).

Таблица 104

Значения параллактических углов

$$B = 56^{\circ}$$

$z^{\circ}$	50	55	60	65	70	75	80
$q^{\circ}$	46	44	42	41	40	39	38

При подходе звезды к круговой шкале сетки нитей вращением наводящего винта алидады добиваются, чтобы звезда прошла через отсчет круговой шкалы, соответствующий ее параллактическому углу. Параллактический угол у теодолита ДКМЗ-А отсчитывается от диаметра 0—200° в сторону направления видимого движения звезды.

Пример записи наблюдений в журнале приведен в табл. 105.

Таблица 105

Образец записи в журнале определения геодезического азимута  
из наблюдений звезд в первом вертикале

Прием 6

КЛ—75°	КП—255°
ЗП 341°00'31,2" 31,8 — 31,50"	161°00'25,0" 25,8 — 25,40" 2 c = +6,10"
84 E 3,80 <sup>m</sup> s=21 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	z <sub>Э</sub> = 79°14' (280°46') q = 39 <sup>g</sup> z = 79°30' (281°12')
Уровень 26,4 —11,0 27,0 —11,5 — 26,70—11,25 37,95	14,7 —30,6 14,8 —30,7 — 14,75—30,65 45,40
* 74°29'15,1" 16,0 — 15,55"	255°30'25,0" 25,5 — 25,25"
b = -3,72	M = 341°00'28,45" N = 74 59 50,40 — Q = 266°00'38,05"

158. Вычисление значения фиктивного азимута  $A$  направления на земной предмет производится по формуле

$$A = a + Q + \Delta a_w + \Delta a_{\text{мш}} + \Delta N''_b,$$

- где  $a$  — азимут направления на звезду;  
 $Q$  — горизонтальный угол между звездой и земным предметом;  
 $\Delta a_w$  — поправка за ускорение движения звезды по азимуту;  
 $\Delta a_{\text{мш}}$  — поправка за мертвый ход и ширину контакта окулярного микрометра;  
 $\Delta N''_b$  — поправка в измеренное направление на звезду за наклонность горизонтальной оси теодолита.

При вычислении азимута звезды используется значение ее часового угла в первом вертикале, которое вычисляется по формуле

$$\cos t_0 = \operatorname{ctg} B \operatorname{tg} \delta.$$

При этом следует учитывать, что

- 0° <  $t_0$  < 90° — для западных звезд;  
 270° <  $t_0$  < 360° — для восточных звезд.

Если абсолютное значение разности часовых углов ( $t_r - t_0$ ) не превышает  $5'$ , азимут звезды (от точки севера) можно вычислять по формуле

$$a_{E(W)} = 90^\circ (270^\circ) + \sin B (t_r - t_0)''.$$

При абсолютных значениях разностей часовых углов ( $t_r - t_0$ ) от  $5$  до  $40'$  азимут направления на звезду вычисляют по формуле

$$a_{E(W)} = 90^\circ (270^\circ) + \sin B (t_r - t_0)'' \left[ 1 - \frac{t_r - t_0}{10^6} 2,424 \operatorname{ctg} t_0 \right].$$

При разности ( $t_r - t_0$ ) больше  $40'$  азимут вычисляется по формуле

$$\operatorname{ctg} a = \sin B \operatorname{ctg} t_r - \cos B \operatorname{tg} \delta \operatorname{cosec} t_r.$$

Пример вычисления приведен в табл. 106.

Поправки в азимут вычисляются по формулам:

— за ускорение движения звезды

$$\Delta a''_w = 5,454 \left( \frac{\Delta T^s_H}{100} \right)^2 W_a,$$

где  $W_a = \pm 0,5 \sin 2B \operatorname{ctg} z$ .

Знак „плюс“ берется для восточных, „минус“ — для западных звезд. Величина  $5,454 \left( \frac{\Delta T^s_H}{100} \right)^2$  выбирается из журнала наблюдения;

— за мертвый ход и ширину контакта микрометра

$$\Delta a''_{\text{мш}} = 0,5 (MX \pm \text{ШК})'' \operatorname{cosec} z;$$

— за наклон горизонтальной оси

$$\Delta N''_b = -b \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z,$$

где  $b$  — наклонность горизонтальной оси в полуделениях уровня (выбирается из журнала наблюдений);

$\tau$  — цена деления накладного уровня.

Для получения составляющей уклонения отвесной линии и геодезического азимута вычисляются средние из значений фиктивных азимутов:

$$A_{E_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{E_i}}{m};$$

$$A_{W_{\text{ср.}}} = \frac{\sum_{i=1}^k A_{W_i}}{k},$$

где  $A_{E_i}$  и  $A_{W_i}$  — фиктивные азимуты, вычисленные по наблюдениям восточных и западных звезд соответственно;

$m$  и  $k$  — количество приемов наблюдения восточных и западных звезд, принятых в обработку.



Вычисление азимута направления на земной предмет  
из наблюдения звезд в первом вертикале

$$\sin B = 0,826222$$

$$B = 55^{\circ}42'45,06''$$

Август 1970 г.

$$\operatorname{ctg} B = 0,681834$$

$$\frac{\tau}{2} = 0,84''$$

Номер действия	Обозначения	84 E	110 E	447 W	439 W
		D, i			
		10,9	11,0	11,0	11,0
3	$\omega$	+0,011	+0,011	+0,011	+0,011
9	$(T_H - X)^h$	0,97 <sup>h</sup>	1,82 <sup>h</sup>	2,52 <sup>h</sup>	2,87 <sup>h</sup>
7	$T_H$	21 47 46,059 <sup>S</sup>	22 38 34,580 <sup>S</sup>	23 20 38,256 <sup>S</sup>	23 40 39,238 <sup>S</sup>
2	$u_1$	-23,523	-23,523	-23,523	-23,523
16	$\omega (T_H - X)$	+0,011	+0,020	+0,028	+0,032
17	$s$	21 47 22,547	22 38 11,077	23 20 14,761	23 40 15,747
10	$\alpha$	3 23 14,055	4 13 56,245	18 22 28,126	18 05 58,711
18	$t_r^h$	18 24 08,492	18 24 14,832	4 57 46,635	5 34 17,036
19	$t_r = 15 t_r^h$	276°02'07,38"	276°03'42,48"	74°26'39,52"	83°34'15,54"
21	$t_0$	276 09 00,62	276 04 31,67	74 12 37,39	83 24 25,42
22	$t_r - t_0$	-413,24"	-49,19"	+842,13"	+590,12"
24	$\operatorname{ctg} t_0$	-0,108	-0,106	+0,283	+0,116
11	$\delta$	+8°55'46,88"	+8°49'23,97"	+21°45'21,33"	+9°33'30,53"
12	$\operatorname{tg} \delta$	0,157127	0,155225	0,399079	0,168392
20	$\cos t_0 = \operatorname{ctg} B \cdot \operatorname{tg} \delta$	0,107135	0,105838	0,272106	0,114815
23	$\frac{\sin B (t_r - t_0)}{\sin B (t_r - t_0) \cdot \frac{(t_r - t_0)}{10^4}}$	-341,43"	-40,64"	+695,79"	+487,57"
25	$\frac{2,424 \operatorname{ctg} t_0}{10^4}$	+0,04	-	-0,40	-0,08
4	$z$	79°14'	79°19'	63°29'	78°30'
13	$\operatorname{cosec} z$	1,018	1,018	1,118	1,020
14	$\operatorname{ctg} z$	0,190	0,189	0,499	0,203
8	$5,454 \left( \frac{\Delta T_H^S}{100} \right)^2$	12,11	14,25	10,63	13,64
15	$0,5 \sin 2B$	0,4654			
27	$W_a$	+0,087	+0,088	-0,232	-0,094
1	$0,5 (MX \pm \text{III K})$	-0,351			
5	$\sigma$	-3,72	-1,07	+0,10	+0,20
26	$a_E = 90^\circ + (23) + (25)$	89°54'18,61"	89°59'19,36"	270°11'35,39"	270°08'07,49"
6	$Q$	266 00 38,05	265 55 37,37	85 43 10,00	85 46 44,28
28	$\Delta a_W$	+1,05	+1,25	-2,47	-1,28
29	$\Delta a_{\text{III}}$	-0,36	-0,36	-0,40	-0,36
30	$\Delta N''_b$	+0,59	+0,17	-0,04	-0,03
	$A$	355°54'57,94"	355°54'57,79"	355°54'42,48"	355°54'50,10"

Составляющая уклонения отвесной линии в меридиане вычисляется по формуле

$$\xi = \frac{A_{w_{cp.}} - A_{E_{cp.}}}{\frac{\sum_{i=1}^m \operatorname{ctg} z_{w_i}}{m} + \frac{\sum_{i=1}^k \operatorname{ctg} z_{E_i}}{k}}$$

Зенитные расстояния звезд выбираются до 1'.

**159.** С полученным значением составляющей уклонения отвесной линии вычисляются в каждом приеме значения геодезического азимута местного предмета:

$$A_{r_j} = A_{w_i} - \xi \operatorname{ctg} z_{w_i};$$

$$A_{r_j} = A_{E_i} + \xi \operatorname{ctg} z_{E_i},$$

где  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $n = m + k$ .

После этого вычисляется среднее значение геодезического азимута направления на местный предмет

$$A_r = \frac{\sum_{j=1}^n A_{r_j}}{n}.$$

Исключение неудовлетворительных приемов и оценка точности производятся так же, как при определении геодезического азимута по наблюдениям звезд в меридиане.

Пример вычисления приведен в табл. 107.

### **Определение геодезического азимута из многократных наблюдений звезд вблизи меридиана**

**160.** Определение геодезического азимута направления на местный предмет состоит в регистрации моментов прохождений южных и северных звезд вблизи меридиана и измерении горизонтальных углов между звездами и земным предметом. Методики наблюдения приведены в ст. 148—152, а количество приемов в зависимости от точности — в табл. 86.

Способ разрешается применять на пунктах, для которых значение астрономической широты (составляющей уклонения отвесной линии в меридиане) известно со средней квадратической ошибкой не более 2". Если астрономическая широта известна со средней квадратической ошибкой не более 0,5", то при определении азимута с точностью 1" северные звезды могут наблюдаться на удалении до 8°, а южные звезды — на удалении до 12° к западу и к востоку от меридиана. В широтах южнее 55° рекомендуется звезды наблюдать на удалении до 4°. На этом же удалении следует наблюдать звезды, если широта известна со средней квадратической ошибкой более 0,5", а также при определении геодезического азимута с точностью 2—10".

Таблица 107

Вычисление значений геодезического азимута и составляющей уклонения отвесной линии по наблюдениям звезд в первом вертикале

Номер звезды	A	z	ctg z	$\xi^I$ ctg z	$A_I^I$	$\xi^{II}$ ctg z	$A_I^{II}$	$\xi^{III}$ ctg z	$A_I^{III}$	v
Восточные звезды										
49	355°54'59,38"	61°13'	0,549	— 8,22"	355°54'51,16"	— 8,73	355°54'50,65"			— 2,18"
44	55 05,30	53 36	0,737	—11,03	54,27	—11,73	53,57			+ 0,74
84	54 57,94	79 14	0,190	— 2,84	55,10	— 3,02	54,92			+ 2,09
88	54,66	74 30	0,277	— 4,15	50,51	— 4,41	50,25			— 2,58
110	57,79	79 19	0,189	— 2,83	54,96	— 3,01	54,78			+ 1,95
Среднее I	355°54'59,01"	69°36'	0,388		53,20"					
Среднее II							52,83"			
Западные звезды										
356	355°54'41,09"	56°40'	0,658	+ 9,85"	355°54'50,94"	+10,47	355°54'51,56"			— 1,27"
386	45,60	56 49	0,654	+ 9,79	55,39	+10,41	56,01			+ 3,18
447	42,48	63,29	0,499	+ 7,47	49,95	+ 7,94	50,42			— 2,41
439	50,10	78 30	0,203	+ 3,04	53,14	+ 3,23	53,33			+ 0,50
489	(46,47	55 58	0,675	+10,10	56,57)					
Среднее I	355°54'45,15"	—	0,538		53,20"					
Среднее II	44,82	63°52'	0,504				52,83"		[v²]=	37,91

$$A_I = 355°54'52,83"$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{37,91}{72}} = \pm 0,73"$$

Примечания: I. Азимут, полученный по наблюдениям звезды № 489, из обработки исключен, так как значения  $A_I$  различаются на 6,62".

2. Цифры в скобках—зачеркнутые в сводке.

Перед определением геодезического азимута составляют рабочие эфемериды для наблюдений. По широте пункта на период наблюдений по местному звездному времени из Астрономического ежегодника или «Списка ярких звезд» (приложение 13) выбирают северные и южные звезды. Моменты их кульминаций и зенитные расстояния вычисляются по формулам:

для южных звезд

$$s^m = \alpha; \quad z_s = B - \delta_s;$$

для северных звезд

$$s^m = \alpha \pm 12^h; \quad z_N = 180^\circ - (B + \delta_N).$$

Номера звезд, их величины, зенитные расстояния и моменты кульминации заносят в рабочие эфемериды (табл. 108). Из таблиц приложений 14 и 15 сюда же выписывают скорости движения звезд по азимуту  $v_a$  и высоте  $v_z$ .

Таблица 108

Рабочие эфемериды для многократных наблюдений звезд вблизи меридиана

$$\varphi = 70^\circ 00' \quad A_{3П} = 150^\circ 00'$$

Номер звезды	$m$	$\frac{v_a}{v_z}$	$s$	$z$	$a$	$M^*$	$M_{3П}$
281 S	2.6	$\frac{18,5}{0,18}$	$10^h 59^m$	$49^\circ 22'$	$176^\circ 00'$	$26^\circ 00'$	$00^\circ 00'$
			11 12	49 20	180 00	40 05	10 05
			11 25	49 22	184 00	54 10	20 10
3 N	2.4	$\frac{10,0}{0,18}$	12 03	50 56	356 00	236 15	30 15
			12 27	51 00	0 00	250 20	40 20
			12 51	50 56	4 00	264 25	50 25

Используя эти данные, вычисляют моменты  $s$  прохождения звезд через вертикалы, удаленные от меридиана на  $4^\circ$ , по формуле

$$s = s^m \pm \Delta s,$$

где  $s^m$  — момент кульминации звезды;

$\Delta s$  — разность между моментом кульминации звезды и моментом ее прохождения через вертикал, удаленный от меридиана на  $4^\circ$ .

Величину  $\Delta s$  вычисляют по формуле

$$|\Delta s| = \frac{\Delta a}{v_a},$$

где  $\Delta a = 240'$ .

Зенитное расстояние звезды  $z$  в момент ее прохождения через вертикал, удаленный от меридиана на  $4^\circ$ , вычисляют по формуле

$$z = z^m + \Delta z,$$

где  $z^m$  — зенитное расстояние звезды в момент кульминации.

Величину  $\Delta z$  вычисляют по формуле

$$\Delta z = |\Delta s| v_z.$$

Для наблюдений, пользуясь списком рабочих эфемерид, устанавливают зрительную трубу на зенитное расстояние звезды, а алидаду — на отсчет  $M^*$  с учетом упреждения в полуприеме. Для южных звезд величина упреждения выбирается в пределах  $30-45'$ , для северных — в пределах  $20-30'$ .

Примеры записей наблюдений в журнале приведены в табл. 95 для случая определения азимута с точностью  $1''$ , в табл. 109 и 97 — при определении азимута с точностью  $2$  и  $3''$  и в табл. 98 — при определении азимута с точностью  $5$  и  $10''$ .

Таблица 109

Образец записи в журнале наблюдения звезд вблизи меридиана

Теодолит АУ-2"/10"

Прием 4

КП — $220^\circ$		КЛ — $40^\circ$	
ЗП	$220^\circ 20' 03,5^d \ 10,0^d$ $04,0^d \ 10,5^d$ <hr/> $07,5'' \ 10,5''$ <hr/> $220^\circ 20' 09,0''$		$40^\circ 20' 04,6^d \ 11,0^d$ $01,7^d \ 10,7^d$ <hr/> $09,3'' \ 11,7''$ <hr/> $40^\circ 20' 10,50''$
	691 S (4.3)		$s = 20^h 44^m \ z = 70^\circ 19' \ (289^\circ 41')$
Уровень	$27,2 - 6,0$ <hr/> $7,0 - 28,2$ <hr/> $33,2 \ 35,2$		$27,2 \ 5,9$ <hr/> $7,2 \ 28,4$ <hr/> $33,1 \ 35,6$
$x =$	$34,20$		$x = 34,35$
$b_n =$	$-1,00$		$b_n = -1,25 \quad b_{cp.} = -1,12$
	$345^\circ 07' 11,1^d \ 14,5^d$ $14,0^d \ 14,2^d$ <hr/> $15,1'' \ 18,7''$ <hr/> $345^\circ 07' 16,90''$		$165^\circ 29' 10,2^d \ 11,6^d$ $11,4^d \ 12,0^d$ <hr/> $11,6'' \ 13,6''$ <hr/> $165^\circ 29' 12,60''$
	$M = 40^\circ 20' 09,75''$		
	$N = 165 \ 18 \ 14,75$		
	$Q = 235^\circ 01' 55,00''$		

**161.** Вычисление значений фиктивного азимута  $A$  направления на земной предмет в каждом приеме производится по формуле

$$A = a + Q + \Delta a_a + \Delta a_w + \Delta a_{\text{мш}} + \Delta N''_b,$$

- где  $a$  — азимут направления на звезду;  
 $Q$  — горизонтальный угол между направлением на звезду и на местный предмет (выбирается из журнала наблюдений);  
 $\Delta a_a$  — поправка за влияние суточной аберрации;  
 $\Delta a_w$  — поправка за ускорение движения звезды по азимуту;  
 $\Delta a_{\text{мш}}$  — поправка за мертвый ход и среднюю ширину контактов микрометра;  
 $\Delta N''_b$  — поправка в измеренное направление на звезду за наклонность горизонтальной оси.

Азимут направления на звезду от точки севера вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} a = \frac{\sin t_r}{\sin \varphi \cos t_r \cdot \cos \varphi \operatorname{tg} \delta},$$

- где  $t_r$  — часовой угол светила, вычисленный с поправкой хронометра, полученной из приема сигналов времени с геодезической долготой  $L$  точки наблюдения;  
 $\varphi$  — астрономическая широта точки наблюдения.

При использовании карт уклонений отвесных линий астрономическая широта вычисляется по формуле

$$\varphi = B + \xi.$$

Пример вычисления приведен в табл. 110.

Поправки в азимут вычисляются по формулам:

— за влияние суточной аберрации

$$\Delta a''_a = \pm \frac{0,32'' \cos \varphi}{\sin z},$$

- знак «плюс» берется для северных звезд и «минус» — для южных;  
 — за мертвый ход и ширину контактов микрометра

$$\Delta a''_{\text{мш}} = 0,5 (MX \pm ШК) \operatorname{cosec} z;$$

— за наклон горизонтальной оси

$$\Delta N''_b = -b \frac{\tau''}{2} \operatorname{ctg} z;$$

— за ускорение движения звезды по азимуту

$$\Delta a''_w = 5,454 \left( \frac{\Delta T^s_H}{100} \right)^2 W_a.$$

Значение  $W_a$  вычисляется по формуле

$$W_a = K_1 \sin a - K_2 \sin 2a,$$

где  $K_1 = 0,5 \sin 2\varphi \operatorname{ctg} z,$

$$K_2 = \cos^2 \varphi (\operatorname{cosec}^2 z - 0,5).$$

Для звезд, наблюдаемых на удалении не более  $4^\circ$  от меридиана, поправка  $\Delta a_w$  может вычисляться по формуле

$$\Delta a_w = K \left( \frac{\Delta T_H}{100} \right)^2 \sin a.$$

Таблица 110

Вычисление азимута направления на земной предмет  
из наблюдения звезд вблизи меридиана

Прим 4

691 S

17/18.07.1970 г.

Обозначения	Вычисления
$T$	$20^h 42^m 45,32^s$
$u$	— $38,61$
$\Delta u$	— $0,25$
$s$	$20 \ 42 \ 06,46$
$\alpha$	$20 \ 44 \ 23,38$
$t^h$	— $0^h 02^m 16,92^s$
$t^o$	— $0^\circ 34' 13,8''$
$\delta$	— $25^\circ 22' 38,69''$
$\sin \varphi$	$0,706 \ 828$
$\cos t$	$0,999 \ 951$
$I = \sin \varphi \cos t$	$0,706 \ 793$
$\cos \varphi$	$0,707 \ 385$
$\lg \delta$	— $0,474 \ 352$
$II = \cos \varphi \lg \delta$	— $0,335 \ 549$
$\sin t$	— $0,009 \ 957$
$I - II$	$1,042 \ 342$
$\lg a$	— $0,009 \ 552$
$a$	$179^\circ 27' 09,8''$
$Q$	$235 \ 01 \ 55,00$
$\Delta a_\alpha$	— $0,24$
$\Delta a_w$	+ $0,02$
$\Delta a_{MIII}$	+ $0,34$
$\Delta N_b$	+ $0,49$
$A$	$54^\circ 29' 05,41''$

Таблица коэффициентов  $K$ , определяемых формулой

$$K = 5,454 [0,5 \sin 2\varphi \operatorname{ctg} z \pm 2 \cos^2 \varphi (\operatorname{cosec}^2 z - 0,5)]$$

(знак „плюс“ берется для южных звезд, „минус“ — для северных), приведена в приложении 9. Если разность моментов наблюдения при круге „лево“ и круге „право“ не превышает 12 мин ( $T_L - T_H \leq 6^m$ ), то коэффициент выбирается с точностью до 0,1. При больших значениях разностей моментов  $K$  выбирается с точностью до 0,01.

Для получения составляющей уклонения отвесной линии и геодезического азимута вычисляются средние из значений фиктивных азимутов:

$$A_{N_{cp.}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_{N_i}}{m};$$

$$A_{S_{cp.}} = \frac{\sum_{i=1}^k A_{S_i}}{k},$$

где  $A_{N_i}$  и  $A_{S_i}$  — значения фиктивных азимутов, вычисленные по наблюдениям северных и южных звезд;

$m$  и  $k$  — количество приемов наблюдения северных и южных звезд, принятых в обработку.

Составляющая уклонения отвесной линии в первом вертикале вычисляется по формуле

$$\eta = \frac{A_{N_{cp.}} - A_{S_{cp.}}}{\frac{\sum_{i=1}^m \operatorname{ctg} z_{N_i}}{m} + \frac{\sum_{i=1}^k \operatorname{ctg} z_{S_i}}{k}}.$$

162. С полученным значением  $\eta$  вычисляются в каждом приеме значения геодезического азимута направления на земной предмет

$$A_{r_j} = A_{N_i} - \eta \operatorname{ctg} z_{N_i};$$

$$A_{r_j} = A_{S_i} + \eta \operatorname{ctg} z_{S_i},$$

где  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $n = m + k$ .

Далее вычисляется среднее значение геодезического азимута

$$A_r = \frac{\sum_{j=1}^n A_{r_j}}{n}.$$

Если отдельные значения  $A_{r_j}$  геодезического азимута не удовлетворяют допускам, тогда из дальнейшей обработки исключается прием, для которого абсолютная величина погрешности  $v_j = A_r - A_{r_j}$  получается наибольшей.

После исключения неудовлетворительного приема вычисляются вновь составляющая уклонения отвесной линии и значения геодезического азимута. Вычисления продолжаются до тех пор, пока не будут исключены все неудовлетворительные приемы.

В заключение вычисляется средняя квадратическая ошибка геодезического азимута

$$M_{A_r} = \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}}.$$

Пример вычисления приведен в табл. 111.



Таблица 111

Вычисление значений геодезического азимута и составляющей уклонения отвесной линии по наблюдениям звезд волизи меридиана

Номер звезды	A	z	ctg z	$\eta^I$ ctg z	$A_I^I$	$\eta^{II}$ ctg z	$A_I^{II}$	$\eta^{III}$ ctg z	$A_I^{III}$	v
Южные звезды										
691	54°29'03,41"	70°19'	0,358	-2,08"	54°29'03,33"	-2,04"	54°29'03,37"	-1,68"	54°29'03,73"	-0,70"
691	05,08	70 19	0,358	-2,08	03,00	-2,04	03,04	-1,68	03,10	-0,37
692	06,60	56 27	0,663	-3,85	02,75	-3,79	02,81	-3,10	03,50	-0,47
(692)	12,07	56 27	0,663	-3,85	08,22	-3,79	08,28			
419	04,64	69 56	0,365	-2,12	02,52	-2,08	02,56	-1,71	02,93	+0,10
419	03,30	69 56	0,365	-2,12	01,18	-2,08	01,22	-1,71	01,59	+1,44
Среднее I	54 29 06,18		0,462		03,50		03,55		54 29 03,03	
Среднее II										
Среднее III	05,01		0,422							
Северные звезды										
(178)	54°28'55,64"	65°43'	0,451	+2,62"	54°28'58,26"	+2,58"	54°29'03,27"	+2,11"	54°29'02,80"	+0,23"
178	29 00,69	65 43	0,451	+2,62	29 03,31	+4,37	05,55	+3,58	04,76	-1,73
20N	01,18	52 34	0,765	+4,44	05,62					
(20N)	03,97	52 34	0,765	+4,44	08,41					
129	28 58,79	68 44	0,389	+2,26	01,05	+2,22	01,01	+1,82	00,61	+2,42
129	29 02,13	68 44	0,389	+2,26	04,59	+2,22	04,55	+1,82	03,95	-0,92
Среднее I	54 29 00,40		0,535		03,50		03,55		54 29 03,03	
Среднее II			0,498						[v²] =	12,68
Среднее III	00,70									

$$A_I = 54^{\circ}29'03,03''$$

$$M = \pm \sqrt{\frac{12,68}{72}} = \pm 0,42''$$

Обозначения	I	II	III
$A_{Ncp.} - A_{Сер.}$	-5,78"	-5,48"	-4,31"
$ctg_{сер.} z_N + ctg_{сер.} z_S$	0,997	0,960	0,920
$\eta$	-5,80"	-5,71"	-4,68"

Примечание. Цифры в скобках — зачеркнутые в сводке.

## Вычисление окончательных значений геодезических азимутов

**163.** При окончательных вычислениях значения геодезических азимутов исправляются поправками за центрировку  $\Delta c$ , редукцию  $\Delta r$ , за сближение меридианов  $\Delta \gamma$ , за приведение к среднему полюсу  $\Delta A_{\text{сп}}$ , за влияние уклонения отвесной линии на направление на местный предмет  $\Delta A_{\text{м}}$ , за высоту наблюдаемого пункта  $\Delta A_{\text{н}}$ , поправками за приведение к системе времени  $UT1$   $\Delta A_{\text{эт}}$  и за лично-инструментальную разность  $\Delta A_{\text{л}}$ .

Поправки за центрировку, редукцию и сближение меридианов вычисляются так же, как и в астрономический азимут (ст. 139).

Поправка за приведение к среднему полюсу вычисляется (табл. 112) по формуле

$$\Delta A_{\text{сп}} = -(x \sin L + y \cos L) \cos B = -(A + B) \cos B,$$

где  $x$  и  $y$  — координаты мгновенного полюса;

$B$  и  $L$  — координаты пункта наблюдения.

Таблица 112

Обозначения	Вычисления
$x$	$+0,116''$
$\sin L$	$0,996$
$A = x \sin L$	$+0,116''$
$y$	$+0,092''$
$\cos L$	$0,087$
$B = y \cos L$	$+0,008$
$(A + B)$	$+0,224''$
$\cos B$	$0,383$
$\Delta A_{\text{сп}}$	$0,09''$

Поправка в направление на земной предмет за влияние уклонения отвесной линии вычисляется (табл. 113) по формуле

$$\Delta A_{\text{м}} = (\eta \cos A_r - \xi \sin A_r) \operatorname{ctg} z_{\text{зп}},$$

где  $\xi$ ,  $\eta$  — составляющие уклонения отвесной линии;

$z_{\text{зп}}$  — зенитное расстояние направления на земной предмет.

$$A_r = 94^\circ 05' \quad z_{3П} = 89^\circ 30'$$

Обозначения	Вычисления
$\eta$	$- 0,9''$
$\cos A_r$	$- 0,0712$
$\eta \cos A_r$	$+ 0,064$
$\xi$	$- 15,8''$
$\sin A_r$	$+ 0,9975$
$\xi \sin A_r$	$- 15,860$
$\eta \cos A_r - \xi \sin A_r$	$+ 15,924$
$\operatorname{ctg} z_{3П}$	$0,0087$
$\Delta A_M$	$+ 0,14''$

Поправка за высоту наблюдаемого пункта вычисляется по формуле

$$\Delta A_H = 0,108'' H_2 \cos^2 B \sin 2 A_r,$$

где  $H_2$  — высота пункта (в км), на который определяется азимут (выбирается с карты до 0,1 км);

$A_r$  — определяемый азимут направления.

**Пример.**  $B = 68^\circ$ ,  $H_2 = 3,5$  км,  $A_r = 43,3^\circ$ .

Поправка  $\Delta A_H = + 0,06'' \cdot 0,998 = + 0,06''$ .

При вычислении окончательных азимутов должны учитываться точные значения поправок к моментам передач сигналов времени, публикуемые в бюллетенях «Всемирное время».

Для этого сначала вычисляется поправка  $\Delta T_i$  в средний момент наблюдения звезды в каждом приеме. Вычисления производят в последовательности:

— Для первого и второго приемов сигналов времени, замыкающих наблюдения звезд, вычисляются разности

$$\Delta T = \Delta T_{э.т.} - \Delta T_{пр.},$$

где  $\Delta T_{э.т.}$  — поправки к координированному времени первой (второй) станции, выбираемые из бюллетеня „Всемирное время“;

$\Delta T_{пр.}$  — предварительные значения поправок к координированному времени ( $DU T_1 + dU T_1$ ), которые были приняты для вычисления поправки хронометра;

— С полученными значениями  $\Delta T_1$  и  $\Delta T_2$  для среднего момента наблюдения каждой звезды вычисляются поправки

$$\Delta T_i = \Delta T_1 + \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{X_2 - X_1} (T_{H_i} - X_1),$$

где  $X_1$  и  $X_2$  — показания хронометра в средние моменты приема сигналов времени первой и второй радиостанций;

$T_H$  — средний момент наблюдения звезды;

— Если разность поправок  $(\Delta T_2 - \Delta T_1)$  не превышает 0,005 с, то в качестве  $\Delta T_i$  можно взять среднее

$$\Delta T_i = 1/2 (\Delta T_1 + \Delta T_2).$$

Поправки в азимут вычисляются по формулам:

— для звезд, наблюдавшихся в первом вертикале,

$$\Delta A''_{\text{эт.}} = 15 \sin B \Delta T''_i;$$

— для звезд, наблюдавшихся в меридиане и вблизи меридиана,

$$\Delta A''_{\text{эт.}} = v_a \Delta T''_i,$$

где величина  $v_a$  берется для каждой звезды из имеющихся у наблюдателя рабочих эфемерид или подсчитывается по упрощенной формуле («плюс» для южных звезд, «минус» — для северных)

$$v_a = 15 (\sin B \pm \cos B \operatorname{ctg} z).$$

Поправки  $\Delta A_{\text{эт.}}$  (знак которых определяется знаком  $\Delta T_i$ ) вводятся в вычисленные (фиктивные) значения азимутов.

После исправления значений фиктивных азимутов поправками за эталонное время вычисляются уравненные значения геодезического азимута (табл. 100, 107, 111) и выполняется оценка их точности.

При вычислении азимутов, определяемых с точностью 2'' и грубее, достаточно учитывать только предварительные поправки ( $DUT1 + dUT1$ ) к координированному времени, определяемые непосредственно при приеме радиосигналов времени.

Поправка за лично-инструментальную разность вычисляется по формуле

$$\Delta A_{\text{л}} = 15 \Delta T \sin B,$$

где  $\Delta T$  — азимутальная лично-инструментальная разность.

Окончательное значение геодезического азимута вычисляется по формуле

$$A_{\text{г}} = A_{0\text{г}} + \Delta c + \Delta r + \Delta \gamma + \Delta A_{\text{п}} + \Delta A_{\text{м}} + \Delta A_{\text{н}} + \Delta A_{\text{эт.}} + \Delta A_{\text{л}},$$

где  $A_{0\text{г}}$  — уравненное значение геодезического азимута.

Уравненное значение геодезического азимута, определяемого с точностью 1", необходимо получать из обработки всех наблюдений по способу наименьших квадратов.

Уравнение поправок для способов определения азимута из наблюдения звезд в меридиане и вблизи меридиана имеет вид (знак «плюс» берется для северных звезд и «минус» — для южных)

$$\Delta A \pm \operatorname{ctg} z_i \eta_i + l_i = v_i.$$

Свободный член этого уравнения вычисляется по формуле

$$l_i = A_0 - A_i,$$

где  $A_0$  — приближенное значение геодезического азимута;

$A_i$  — значение фиктивного азимута земного предмета.

Уравненное значение геодезического азимута вычисляется по формуле

$$A_{\text{ог}} = A_0 + \Delta A.$$

Пример составления уравнений поправок и их решения по способу наименьших квадратов приведен в табл. 114.

Таблица 114

Уравнения поправок

Номер призма	Номер звезды	Дата	$\Delta A$	$\eta$	$l$	$v$
I	948 N	14.8.1970 г.	+ 1	+0,489	+ 0,30"	—1,66
II	997 N	"	+ 1	+0,326	+ 1,50	—0,57
III	1486 S	17.8.1970 г.	+ 1	—0,639	+ 2,90	+0,12
IV	722 S	"	+ 1	—0,417	+ 0,70	—1,91
V	227 N	"	+ 1	+0,420	— 1,00	—3,00
VI	1552 S	"	+ 1	—0,451	+ 2,60	—0,04
VII	808 S	"	+ 1	—0,725	+ 3,30	+0,46
VIII	828 S	"	+ 1	—0,523	+ 2,40	—0,19
IX	849 S	"	+ 1	—0,379	+ 2,00	—0,59
X	278 N	"	+ 1	+0,370	+ 4,90	+2,86
XI	1455 N	"	+ 1	+0,529	+ 4,70	+2,78
XII	710 S	18.8.1970 г.	+ 1	—0,374	+ 5,20	+2,62
XIII	1509 S	"	+ 1	—0,804	+ 3,80	+0,90
XIV	225 N	"	+ 1	+0,348	+ 0,20	—1,86
XV	1189 N	"	+ 1	+0,426	+ 1,80	—0,20
XVI	271 N	21.8.1970 г.	+ 1	+0,680	+ 3,70	+1,89
XVII	722 S	23.8.1970 г.	+ 1	—0,418	+ 1,60	—1,02
XVIII	1059 N	"	+ 1	+0,308	+ 1,10	—0,99
$\Sigma$			+18	—0,837	+41,70	$[v^2] =$ =49,0150

### Нормальные уравнения

$\Delta A$	$\eta$	$l$
+18	-0,837	+41,70
-1	+0,0465	-2,32
	+4,485	-5,19
	-0,039	+1,94
	+4,45	-3,25
	$\eta$	+0,73"
	$P_\eta$	+4,45

$$\Delta A = -2,32 + 0,047 \cdot 0,73 = -2,29'';$$

$$P_{\Delta A} = P_\eta \frac{[aa]}{[bb]} = 4,45 \cdot \frac{18}{4,48} = 17,9;$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n-2}}; \quad M_{\Delta A} = \pm \frac{m}{\sqrt{P_{\Delta A}}}; \quad M_\eta = \pm \frac{m}{\sqrt{P_\eta}};$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{49,0150}{16}} = \pm 1,75''; \quad M_A = \pm \frac{1,75}{\sqrt{17,9}} = \pm 0,41'';$$

$$M_\eta = \pm \frac{1,75}{\sqrt{4,45}} = \pm 0,83'';$$

$$A_{0r} = A_0 + \Delta A = 249^\circ 03' 30,00'' - 2,29'' = 249^\circ 03' 27,71'' \pm 0,41''.$$

### Переход от астрономического азимута к геодезическому азимуту.

**164.** Переход от астрономического азимута  $A$  к геодезическому азимуту  $A_r$  выполняется по формуле

$$A_r = A + (L - \lambda) \sin \varphi,$$

где  $L$  — геодезическая долгота астрономического пункта;  
 $\varphi$ ,  $\lambda$  — астрономические координаты.

Для вычисления по этой формуле значения астрономического азимута и астрономической долготы должны быть приведены к среднему полюсу. Вычисленное значение геодезического азимута исправляется поправками за уклонение отвесной линии в направлении на местный предмет и за высоту наблюдаемого пункта.

Пример перехода от астрономического азимута к геодезическому дан в табл. 115.

Обозначения	Вычисления	Обозначения	Вычисления
$L$	$54^{\circ}05'41,92''$	$A$	$358^{\circ}17'47,03''$
$\lambda$	$54\ 05\ 20,02$	$(L - \lambda) \sin \varphi$	$+ 17,52$
$L - \lambda$	$+ 21,90$	$\Delta A_M$	$+ 0,14$
$\varphi$	$53\ 09\ 28,0$	$\Delta A_H$	$+ 0,06$
$\sin \varphi$	$0,800$	$A_r$	$358^{\circ}18'04,75''$

Геодезический азимут может быть также вычислен по формуле

$$A_r = A - \eta \operatorname{tg} \varphi.$$

### Вычисление дирекционного угла

**165.** Переход от геодезического азимута к дирекционному углу осуществляется по формуле

$$\alpha_{ik} = A_r - \gamma_i + \delta_{ik},$$

где  $\gamma_i$  — сближение меридианов;

$\delta_{ik}$  — поправка за кривизну изображения геодезической линии.

Сближение меридианов вычисляют по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_i = \operatorname{tg} (L_i - L_0) \sin B_i,$$

где  $L_0$  — долгота осевого меридиана зоны, в которой расположен пункт  $i$ ;

$B_i, L_i$  — геодезические координаты пункта.

Поправку (в секундах) за кривизну изображения геодезической линии вычисляют по формуле

$$\delta_{ik} = 0,00253 y_m (x_i - x_k),$$

где  $(x_i - x_k)$  — разность абсцисс пунктов  $i$  и  $k$ ;

$y_m = \frac{y_i + y_k}{2}$  — ордината средней точки линии  $i - k$ .

Величины  $x_i - x_k$  и  $y_m$  выражают в километрах; поправка за кривизну в этом случае получится в секундах. Пример перехода дан в табл. 116.

Таблица 116

Осевой меридиан  $L_0 = 57^{\circ}$

Обозначения	Вычисления	Обозначения	Вычисления
$L_i$	$54^{\circ}06'41,9''$	$x_i - x_k$	$- 5,8 \text{ км}$
$L_i - L_0$	$- 2\ 54\ 18,1$	$y_m$	$- 194,3 \text{ км}$
$B_i$	$53\ 09\ 24,9$	$\delta_{ik}$	$+ 2,8''$
$\operatorname{tg} (L_i - L_0)$	$- 0,050\ 746$	$- \gamma_i$	$+ 2^{\circ}19'32,0''$
$\sin B_i$	$0,800\ 281$	$- \gamma_i + \delta_{ik}$	$+ 2\ 19\ 34,8$
$\operatorname{tg} \gamma_i$	$- 0,040\ 611$	$A_r$	$358\ 18\ 04,8$
		$\alpha_{ik}$	$0\ 37\ 39,6$

Переход от астрономического азимута к дирекционному углу может быть осуществлен без промежуточного вычисления геодезического азимута. В этом случае не требуется знания геодезических координат пункта, на котором определен астрономический азимут.

Переход от астрономического азимута к дирекционному углу осуществляется по формуле

$$\alpha_{ik} = A - \gamma_a + \delta_{ik},$$

где  $\gamma_a$  — сближение меридианов, вычисляемое по астрономическим широте и долготе по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_a = \operatorname{tg} (\lambda_i - L_0) \sin \varphi_i;$$

$\delta_{ik}$  — поправка в секундах за кривизну изображения геодезической линии, вычисляемая по формуле

$$\delta_{ik} = -16 s_{ik} \cos \varphi_i \operatorname{tg} (\lambda_i - L_0) \cos A,$$

где  $s_{ik}$  — длина линии  $i-k$ , км.

Пример перехода от астрономического азимута к дирекционному углу дан в табл. 117.

Таблица 117

Осевой меридиан  $L_0 = 57^\circ$

Обозначения	Вычисления	Обозначения	Вычисления
$\lambda_i$	$54^\circ 05' 20,0''$	$s_{ik}$	$5,8 \text{ км}$
$\lambda_i - L_0$	$-2^\circ 54' 40,0''$	$\cos A$	$1,000$
$\varphi_i$	$53^\circ 09' 28,0''$	$\delta_{ik}$	$+ 2,8''$
$\operatorname{tg} (\lambda_i - L_0)$	$-0,050852$	$-\gamma_i$	$+ 2^\circ 19' 49,6''$
$\sin \varphi_i$	$0,800290$	$-\gamma_i + \delta_{ik}$	$+ 2^\circ 19' 52,4''$
$\operatorname{tg} \gamma_i$	$-0,040696$	$A$	$358^\circ 17' 47,0''$
$\cos \varphi_i$	$0,600$	$\alpha_{ik}$	$0^\circ 37' 39,4''$

При вычислении дирекционного угла с точностью  $0,01''$  поправка за кривизну изображения геодезической линии должна вычисляться по формуле  $\delta_{ik} = 1/3 f(x_i - x_k)(2y_i + y_k)$ . Кроме этого, необходимо учесть поправки за уклонение отвесной линии в направлении на местный предмет и за высоту наблюдаемого пункта так же, как при переходе от астрономического азимута к геодезическому азимуту. Для этого необходимо выполнить программу определения геодезического азимута. Для вычислений используются не геодезические координаты  $B$  и  $L$ , а приближенные (условные) координаты  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$ , поэтому вычисляется не геодезический азимут, а условный азимут  $A_u$ . При вычислении условного азимута учитываются все поправки, предусмотренные для геодезического азимута, в том числе азимутальная лично-инструментальная разность.



Переход от условного азимута  $A_y$  к дирекционному углу выполняется по формуле

$$\alpha_{ik} = A_y - \gamma_0 + \delta_{ik}.$$

Сближение меридианов вычисляется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} (\lambda_0 - L_0) \sin \varphi_0.$$

Поправка за кривизну изображения геодезической линии вычисляется с условными координатами  $\varphi_0, \lambda_0$  так же, как при переходе от астрономического азимута к дирекционному углу.

---

## **РАЗДЕЛ 2**

# **ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

## ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

## Гравиметр ГНК-К2 (ГНК-7Ш)

**166.** Гравиметр наземный комбинированный с кварцевой упругой системой 2-го класса точности ГНК-К2 (ГНК-7Ш) \* (рис. 24) предназначен для измерения приращений ускорения силы тяжести\*\* со средней квадратической ошибкой 0,2—0,7 мГал в зависимости от диапазона измерений. Гравиметр ГНК-К2 имеет два диапазона: узкий и широкий.



Рис. 24. Общий вид гравиметра ГНК-К2

Прибор не нуждается в принудительном термостатировании, портативен и удобен в эксплуатации. Существенным недостатком гравиметра является хрупкость упругой системы и зависимость смещения нуля от изменения температуры во время работы. Основные технические характеристики гравиметра ГНК-К2 приведены в приложении 17.

В комплект прибора входят: гравиметр, транспортировочный металлический футляр с амортизационными прокладками и укладочный ящик, в котором размещены девять угловых термометров, рассчитанных на диапазон температур от  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , диапазонный ключ, часы наручные, запасные ампулы АЦП-30, соединительный кабель и набор инструментов для разборки и сборки гравиметра. В отдельной упаковке прилагается запасной сосуд Дьюара.

**167. Устройство прибора.** Основной частью гравиметра является измерительная система, смонтированная в теплоизоляционном корпусе, который в свою очередь размещается в кожухе гравиметра.

\* В скобках приведены названия гравиметров, принятые до введения ГОСТа 13017—73.

\*\* Термин «ускорение силы тяжести» для краткости в дальнейшем заменен термином «сила тяжести».

Кожух гравиметра представляет собой стальной цилиндр 1, основание которого прочно соединено с подставкой 2, изготовленной из стеклопластика. В подставку вмонтированы три подъемных винта 3.

Сверху на цилиндр винтами крепится текстолитовая панель (рис. 25). На ней находятся: окуляр 1 микроскопа, через который наблюдают перемещение кварцевого рычага и шкалу микроскопа; осветитель 2, посылающий пучок света на конец кварцевого рычага; два микрометричных винта, широкого 3 и узкого 4 диапазонов, со счетчиками оборотов и долей оборота; цилиндрические уровни 5; сменные угловые термометры 6; пробка 7, закрывающая отверстие для диапазонного ключа, и штепсельные разъемы 8 для подключения электропитания.

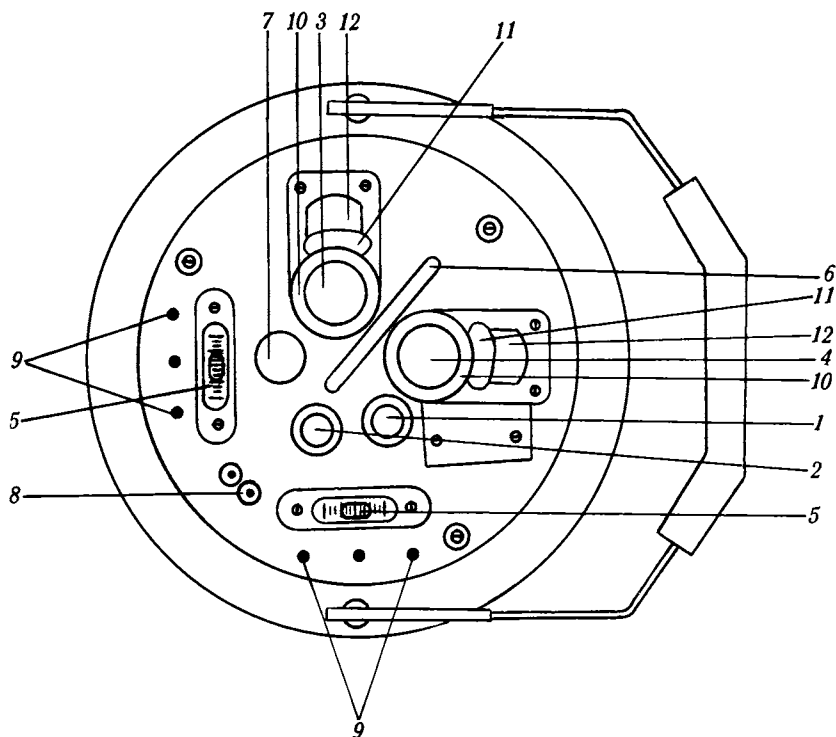


Рис. 25. Верхняя панель гравиметра ГНК-К2

1 — окуляр микроскопа; 2 — осветитель; 3 — микрометричный винт широкого диапазона; 4 — микрометричный винт узкого диапазона; 5 — цилиндрический уровень; 6 — сменный угловой термометр; 7 — пробка; 8 — штепсельные разъемы для подключения электропитания; 9 — отверстия для юстировки уровней; 10 — лимбы; 11 — нониусы; 12 — дополнительные диски

Два взаимно перпендикулярных цилиндрических уровня предназначены для приведения гравиметра в рабочее положение. Ось одного из уровней параллельна оси вращения кварцевого рычага (перпендикулярна направлению индекса в поле зрения микроскопа), ось другого — параллельна перемещению кварцевого рычага.

Такое расположение осей уровней соответствует минимальному влиянию наклонов гравиметра на отсчеты, т. е. минимум чувствительности гравиметра к наклонам достигается при горизонтальном положении кварцевого рычага и его оси вращения. Цена деления уровней составляет 30—40". Около каждого уровня в панели имеются два отверстия 9, обеспечивающие доступ к юстировочным винтам.

Измерительная система гравиметра состоит из упругой системы, измерительного и диапазонного устройств, оптической системы и приспособления для откачки воздуха.

Упругая система является главным узлом прибора. Изготавливается из плавленого кварца. В нее входят: чувствительный элемент системы, измерительная и диапазонная пружины, а также устройство для температурной компенсации (см. принципиальную схему гравиметра ГНК-К2 и его упругой системы на рис. 27).

Чувствительный элемент состоит из кварцевого маятника 1, момент силы тяжести которого уравнивается в основном силой закручивания нитей подвеса 2 и упругой силой астазирующей (основной) пружины 3, повышающей чувствительность гравиметра в несколько раз. Маятник оканчивается иглообразным стержнем, находящимся в фокальной плоскости объектива микроскопа.

Измерительное устройство системы состоит из рычага 4, который вращается на нитях 5 и соединен с маятником через основную пружину 3. К этому рычагу прикреплены две измерительные пружины 6 и 7. Первая — для измерений в широком диапазоне, вторая — в узком. Верхние концы измерительных пружин прикреплены через сильфоны к микрометренным винтам 8 и 9 измерительного устройства.

Величина угла поворота микрометренного винта измерительного устройства определяется по счетчику, который выполнен (см. рис. 25) в виде лимба 10, имеющего 100 делений, нониуса 11 и дополнительного диска 12, имеющего 24 деления\*. По диску отсчитываются целые обороты винта, по лимбу — десятые и сотые доли оборота, по нониусу — тысячные доли оборота. Шаг микрометренного винта равен 0,5 мм. Жесткость измерительных пружин подбирается таким образом, чтобы один оборот микрометренного винта узкого диапазона соответствовал изменению ускорения силы тяжести на 3—5 (5—8)\*\* *мГал*, а широкого — на 40—60 (60—100) *мГал*. Полный ход микрометренного винта измерительного устройства составляет 12 (7,5) мм, что в первом случае соответствует диапазону измерения приращений силы тяжести без перестройки 72—120 (75—120) *мГал*, во втором 960—1440 (900—1500) *мГал*.

---

\* В первой партии гравиметров ГНК-К2 счетчики оборотов узкого и широкого диапазонов имели по 15 делений.

\*\* В скобках приведены данные для счетчика оборотов микрометренного винта, имеющего 15 делений.

Измерительное устройство и пример снятия отсчетов по гравиметру ГНК-К2 приведены на рис. 26.

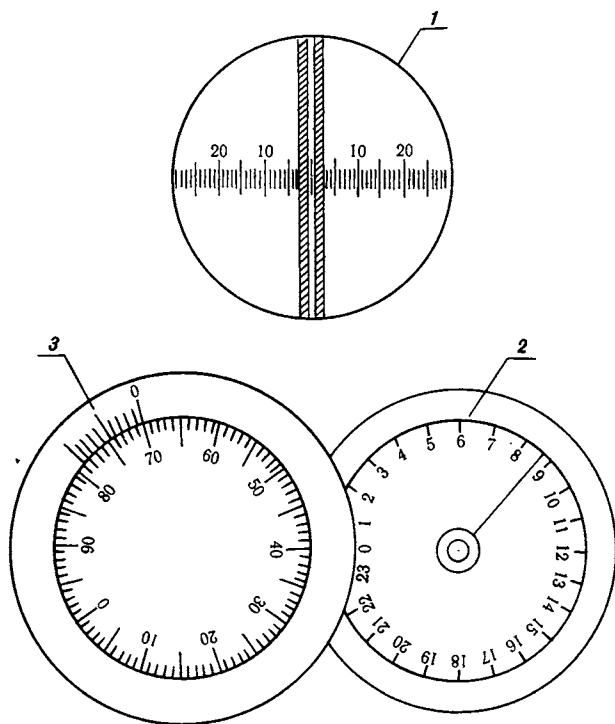


Рис. 26. Измерительное устройство гравиметра ГНК-К2

1 — окуляр для наблюдения светового индекса; 2 — счетчик оборотов микрометрического винта;  
3 — счетчик долей оборота микрометрического винта.  
Отсчет — 8,699

Диапазонное устройство состоит (рис. 27) из диапазонной пружины 10 и микрометрического диапазонного винта 11, которые соединены между собой через сильфон. Счетчика диапазонное устройство не имеет. Перемещение пружины 10 осуществляется с помощью диапазонного ключа. Он представляет собой комбинацию двух торцовых ключей — стержней, вставляемых один в другой. Внутренний стержень служит для поворота диапазонного винта, наружный — для закрепления контргайки, затягивающей этот винт. Один оборот диапазонного винта соответствует изменению длины диапазонной пружины на 0,5 мм, что соответствует изменению силы тяжести на 400—600 мГал.

Устройство для температурной компенсации обеспечивает снижение влияния температуры в диапазоне  $\pm 20^\circ \text{C}$  от точки полной температурной компенсации до величины не более 0,6 мГал/ $^\circ\text{C}$ .

Входящий в это устройство рычаг 13 температурного компенсатора соединен кварцевой нитью 15 с рамкой 16 температурного компенсатора и металлической нитью 12 с несущим каркасом.

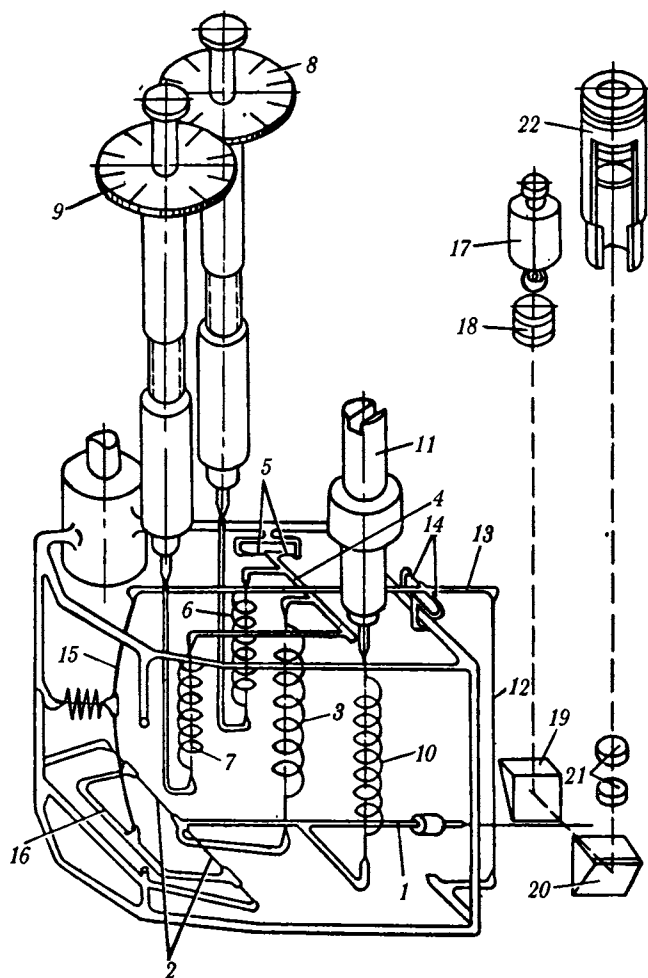


Рис. 27. Принципиальная схема гравиметра ГНК-К2

1 — маятник; 2 — нити подвеса маятника; 3 — астазирующая пружина; 4 — рычаг измерительного устройства; 5 — нити подвеса рычага измерительного устройства; 6 — измерительная пружина широкого диапазона; 7 — измерительная пружина узкого диапазона; 8 — микрометрический винт широкого диапазона; 9 — микрометрический винт узкого диапазона; 10 — диапазонная пружина; 11 — микрометрический диапазонный винт; 12 — металлическая нить; 13 — рычаг температурного компенсатора; 14 — нити подвеса рычага температурного компенсатора; 15 — лукообразная кварцевая нить; 16 — подвижная рамка температурного компенсатора; 17 — осветитель; 18 — конденсор; 19, 20 — призмы; 21 — объектив; 22 — окуляр

Металлическая нить 12 компенсирует линейное влияние изменения температуры, кварцевая нить 15 — пропорциональное квадрату изменения температуры (параболическое).

Оптическая система состоит из микроскопа и осветителя. Лучи света от осветителя 17 собираются конденсором 18, направляются к призме 19, затем проходят призму 20 и объектив 21 микроскопа и попадают в окуляр 22. Между призмами 19 и 20 перемещается ко-

нец маятника (кварцевая игла), тень которого со световым индексом посередине рассматривают в микроскопе. В окуляре микроскопа имеется шкала (см. рис. 26), относительно которой регистрируется положение светового индекса.

Кварцевая упругая система укреплена на массивном основании, которое вместе с защитным стаканом, надеваемым снизу на основание, составляет корпус упругой системы. Корпус герметичен и вакуумирован, что исключает влияние изменения атмосферного давления на показания прибора. Для откачки воздуха имеется специальное приспособление с запорным игольчатым вентилем.

Корпус гравиметра состоит из корпуса кварцевой системы и текстолитового цилиндра, нижний торец которого крепится винтами к основанию корпуса кварцевой системы, а верхний — к панели гравиметра. Внутри текстолитового цилиндра размещены трубы осветителя, микроскопа, измерительного и диапазонного устройств. Пространство между ними заполнено теплоизолятором (пористая резина или поролон). На корпус кварцевой системы и текстолитовый цилиндр надевается шерстяной чехол. Корпус в шерстяном чехле помещается в сосуд Дьюара.

Кожух гравиметра — цилиндрической формы, изготовлен из нержавеющей стали. Наружная поверхность кожуха для лучшего отражения тепловых лучей — зеркальная. Внутри кожуха располагается сосуд Дьюара. Пространство между стенками кожуха и сосуда Дьюара заполнено теплоизолятором.

**168. Возможные неисправности гравиметра ГНК-К2 и их устранение.** В гравиметре ГНК-К2 могут возникнуть в основном неисправности кварцевой системы и механических частей прибора. Рассмотрим способы устранения возможных неисправностей.

Прилипание рычага к ограничителям — наиболее часто встречающаяся неисправность кварцевой системы. Она может появиться вследствие конденсации влаги на рычаге и ограничителе, вызываемой понижением температуры внутри корпуса кварцевой системы. Конденсация влаги может произойти также из-за увлажнения воздуха в корпусе гравиметра за счет атмосферной влаги при нарушении герметизации кварцевой системы.

Нарушение герметизации легко обнаружить нагнетанием воздуха под давлением до 1—2 атмосфер в корпус, погруженный в воду. Воздушные пузырьки укажут места нарушения герметизации. Чтобы при погружении корпуса в воду предохранить от коррозии микрометрические винты, их следует густо смазать (автолом, техническим вазелином и т. п.). После длительной и надежной откачки воздуха из исправного корпуса упругой системы прилипание рычага, как правило, устраняется.

Следует заметить, что нарушение герметизации не всегда сопровождается прилипанием рычага к ограничителям. Оно может возникнуть вследствие ослабления зажима резиновой прокладки между цилиндрической плитой и защитным кожухом (стаканом) корпуса кварцевой системы. Такую неисправность легко устранить навинчиванием специального кольца или заменой резиновой прокладки. Нарушение герметизации корпуса кварцевой системы мо-



жет быть связано также с появлением трещин в сильфонах. В этом случае необходимо заменить неисправный сильфон, что может быть выполнено только в лабораторных условиях. Нарушение герметизации может произойти и в вакуумном кране, и в окнах осветителя и микроскопа вследствие ослабления зажимных гаек от длительной тряски. Эти нарушения легко устраняются в полевых условиях путем закрепления зажимных гаек специальными ключами, входящими в комплект принадлежностей прибора.

Если прилипание рычага откачкой воздуха устранить не удастся, то необходимо вскрытие упругой системы в лабораторных условиях.

Смещение оптической системы может быть связано с изменением положения окуляра или объектива. Изменение положения окулярной шкалы происходит вследствие ослабления зажимной гайки окуляра. Неисправность устраняется закреплением зажимной гайки.

Изменение положения объектива может произойти из-за ослабления крепления. Для устранения неисправности следует закрепить объектив в оправе.

Нарушение юстировки оптической системы. Вследствие продолжительной тряски может нарушиться юстировка оптической системы, что приводит к ухудшению резкости контуров изображения индекса рычага или отсчетной белой полосы на его фоне. Так может произойти из-за нарушения фокусировки электролампочки осветителя или смещения окуляра. Неисправность устраняют перемещением окуляра и лампочки осветителя и последующим надежным закреплением их. Если таким путем добиться резкости контуров изображения рычага не удастся, то нарушения оптической системы связаны с ослаблением крепления и перемещением объектива или с поворотом кварцевой системы относительно корпуса. В этом случае для юстировки оптической системы гравиметр следует отправить на завод-изготовитель.

Уход индекса из поля зрения может произойти вследствие поломки рычага, обрывов оси подвеса, оси одной из рамок упругой системы, главной или диапазонной пружины, а также значительного смещения из поля зрения микроскопа в ту или другую сторону ограничителя рычага. Кроме того, возможен случай, когда при изменении отсчета на счетчике оборотов изображение индекса не меняет своего положения на шкале окуляра. Причиной этого являются или обрыв измерительной пружины, или дефекты механической части измерительного устройства гравиметра (поломка стержня, соединяющего микрометричный винт со счетчиком, и др.).

При указанных неисправностях гравиметр следует отправить для ремонта на завод-изготовитель.

Поломка сосуда Дьюара легко обнаруживается по большим изменениям температуры внутри прибора. В этом случае его следует заменить новым сосудом, входящим в комплект гравиметра.

**169.** Порядок разборки и сборки гравиметра ГНК-К2. Разборку гравиметра производят в случае необходимости замены вышедшего из строя сосуда Дьюара, исправления нарушений в соединении корпуса кварцевой системы с верхней панелью гравиметра, исправления нарушения герметизации гравиметра. Для устранения двух первых неисправностей необходимо корпус гравиметра отделить от внешнего кожуха, вывинтив для этого три винта, прикрепляющие верхнюю панель прибора к внешнему кожуху. Дальнейшую разборку с целью исправления микрометрических винтов диапазонного и измерительного устройств, устранения нарушения герметизации, а также исправления кварцевой системы, как правило, следует производить в лабораторных условиях. Разборка в этом случае состоит в отделении теплозащитного столба от корпуса кварцевой системы и верхней панели, которая крепится к теплозащитному столбу шестью винтами, а теплозащитный столб соединяется с корпусом также шестью винтами. После вывинчивания этих винтов панель, теплозащитный столб и корпус кварцевой системы легко разъединяются.

Вскрытие кварцевой системы гравиметра допускается только квалифицированными специалистами.

Сборку гравиметра производят в обратном порядке.

### **Гравиметр ГНШ-МТ2 (ГМТ-1)**

**170.** Гравиметр наземный широкодиапазонный с металлической упругой системой, термостатированный, 2-го класса точности ГНШ-МТ2 (рис. 28) предназначен для измерения приращений си-

лы тяжести со средней квадратической ошибкой  $0,2 \text{ мГал}$  без перестройки диапазона измерений. Основные технические характеристики гравиметра приведены в приложении 17.

Преимуществом данного прибора перед кварцевыми гравиметрами является наличие в нем менее чувствительной к ударам и толчкам металлической упругой системы, что делает ГНШ-МТ2 более надежным в эксплуатации.

Чувствительная система гравиметра герметизирована и помещена в двухступенчатый термостат, заключенный внутри сосуда Дьюара. Прибор имеет температурную и барометрическую компенсацию на случай разгерметизации чувствительной системы.

В комплект прибора входят: гравиметр, транспортировочный металлический футляр с амортизационными прокладками и укладочный ящик с тремя стяжными болтами, пенал с запасными частями, инструментом и принадлежностями, включая сосуд Дьюара.



Рис. 28. Общий вид гравиметра ГНШ-МТ2

**171. Устройство прибора.** Основной частью гравиметра является металлическая упругая система, принципиальная схема которой приведена на рис. 29. Момент силы тяжести алюминиевого рычага 2 с грузом 4 на одном конце и зеркалом 3 — на другом уравнивается в основном двумя горизонтальными спиральными пружинами 1. Спиральные пружины гравиметра имеют параболоидную форму. Пружина 5 служит для приведения рычага в отсчетное положение и измерения приращений силы тяжести во всем диапазоне шкалы микрометричного винта (1500 мГал).

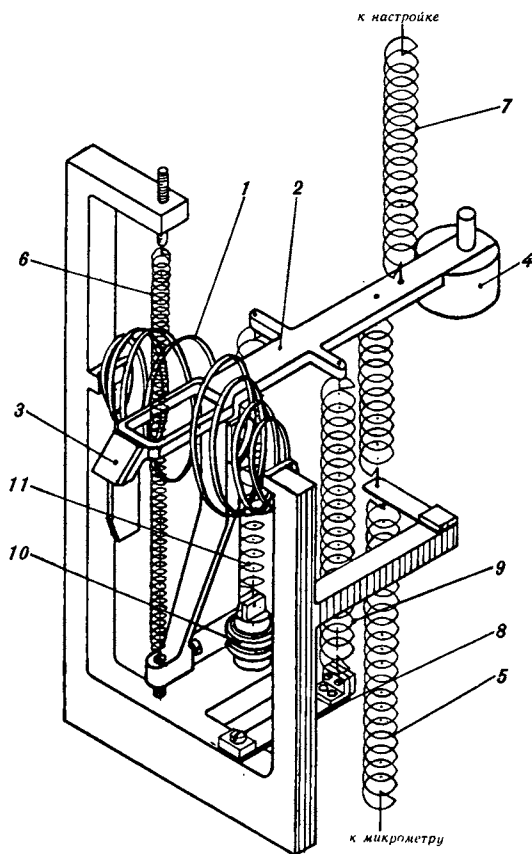


Рис. 29. Принципиальная схема упругой системы гравиметра ГНШ-МТ2

1 — горизонтальная спиральная пружина; 2 — рычаг; 3 — зеркало; 4 — груз; 5 — измерительная пружина; 6 — астазирующая пружина; 7 — диапазонная пружина; 8 — биметаллическая пластина; 9 — пружина термокомпенсатора; 10 — анероидная коробка; 11 — пружина термокомпенсатора

Астазирующая (главная) пружина 6, нижний конец которой прикреплен к хвостовику рычага 2, а верхний — к станине, увеличивает чувствительность упругой системы в 60—80 раз. В отсчетном положении рычага, близком к горизонтальному, момент, создаваемый упругой деформацией астазирующей пружины, равен нулю, так как в этом положении астазирующая пружина пересекает ось

вращения рычага. При отклонении рычага от горизонтального положения астазирующая пружина создает момент силы, увеличивающий это отклонение.

Пружина 7 служит для перестройки диапазона в пределах 6000 *мГал*.

Биметаллическая пластина 8, изменяющая при нагреве или охлаждении натяжение пружины 9, уменьшает влияние температуры на отсчет по гравиметру. Полная температурная компенсация осуществляется только при температуре  $+45^{\circ}\text{C}$ , автоматически поддерживаемой внутри гравиметра при помощи принудительного термостатирования.

Анероидная коробка (сильфон) 10, изменяющая натяжение пружины 11, при нарушении герметизации гравиметра и изменении атмосферного давления внутри него, выполняет роль барокомпенсатора.

Оптическая система гравиметра ГНШ-МТ2 (рис. 30) основана на принципе автоколлиматора с поворачивающимся зеркалом.

Свет от электрической лампочки 1, рассчитанной на напряжение 6 В, рассеивается матовым стеклом 2 и попадает на стекло 3, покрытое слоем серебра с оставлением небольшой щели. Лучи света, проходящие через щель, отражаются зеркалом 4 вниз на объектив 5. Щель на стекле 3 находится в фокальной плоскости объектива 5, следовательно, лучи после выхода из объектива идут параллельным пучком на зеркало 6, укрепленное на рычаге упругой системы.

Неподвижное зеркало 7 установлено под углом  $22^{\circ}30'$  к вертикали и поэтому лучи, попадающие на зеркало 6, пройдя объектив, собираются на окулярной шкале 8, которая расположена в фокальной плоскости объектива. Шкала имеет биссектор для наведения светового индекса.

Изображение щели (световой индекс) при измене-

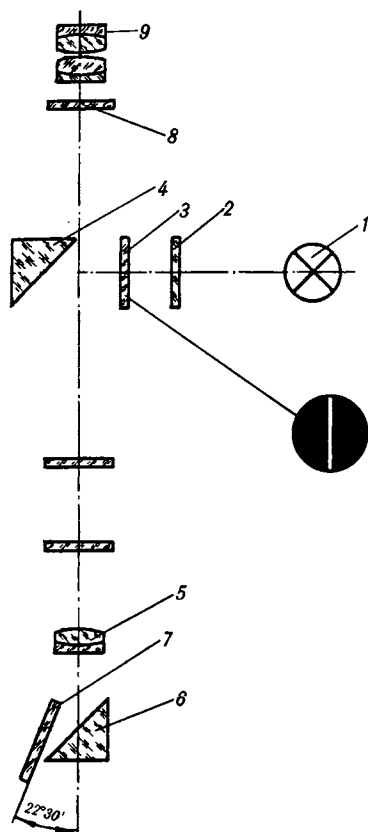


Рис. 30. Принципиальная схема оптической системы гравиметра ГНШ-МТ2  
1 — электрическая лампа; 2 — матовое стекло; 3 — посеребренное стекло со щелью; 4 — зеркало; 5 — объектив; 6 — зеркало рычага упругой системы; 7 — неподвижное зеркало; 8 — окулярная шкала; 9 — окуляр

нии положения рычага упругой системы перемещается по окулярной шкале и рассматривается через окуляр 9 с увеличением  $25\times$ .

Измерительное устройство и пример снятия отсчетов по гравиметру ГНШ-МТ2 приведены на рис. 31.

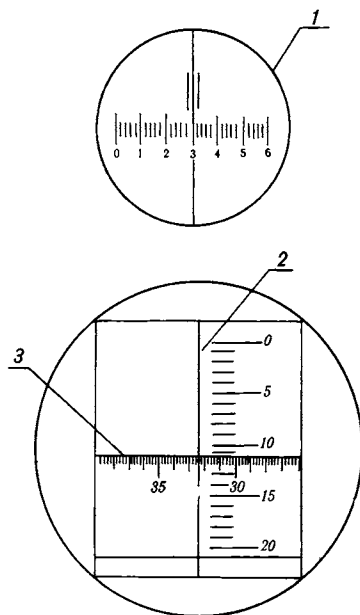


Рис. 31. Измерительное устройство гравиметра ГНШ-МТ2

1 — окуляр для наблюдения светового индекса; 2 — счетчик оборотов микрометренного винта; 3 — счетчик долей оборота микрометренного винта.

Отсчет — 11,323

В гравиметре ГНШ-МТ2 все детали управления двухступенчатым термостатом (электронные реле) 1 смонтированы на верхней плате прибора (рис. 32). Здесь также находятся: амперметр 2 для контроля нагрева термостата, тумблер 3 включения освещения, клеммы 4 для подключения питания прибора, окуляр для наблюдения светового индекса 5, лупа отсчетного устройства 6, уровни 7 и 8, арретир 9 и другие элементы прибора. Ось уровня 7, перпендикулярная индексу, параллельна рычагу маятника, ось уровня 8 — параллельна оси его перемещения.

**172.** В полевых условиях разрешается производить только те регулировки и устранения неисправностей, которые не связаны со вскрытием прибора. Операции, требующие вскрытия внутренних частей гравиметра, а также юстировка упругой системы гравиметра могут осуществляться только опытным специалистом в лабораторных или заводских условиях.

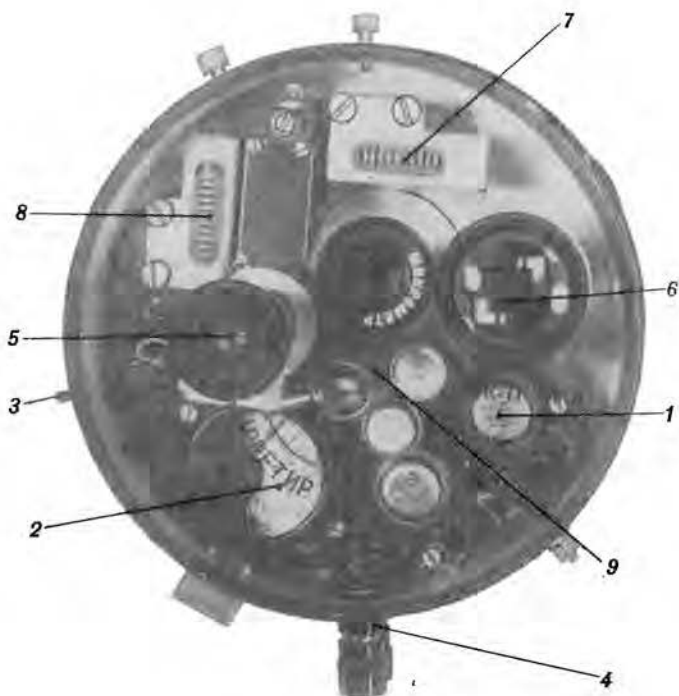


Рис. 32. Верхняя плата гравиметра ГНШ-МТ2

1 — электронное реле; 2 — амперметр; 3 — тумблер включения освещения; 4 — клеммы для подключения электропитания; 5 — окуляр; 6 — лупа отсчетного устройства; 7, 8 — цилиндрические уровни; 9 — арретир

### 173. Возможные неисправности гравиметра ГНШ-МТ2 и их устранение.

**Непрерывный прогрев термостата.** Основным признаком неисправности является непрерывная работа миллиамперметра (миллиамперметр не выключается). Возможные причины неисправности и способы устранения:

- обрыв в цепи контактного термометра. Для устранения неисправности устанавливают место обрыва, например, с помощью тестера, и восстанавливают соединение в цепи;

- выход из строя контактного термометра. При обнаружении дефекта термометр заменяют новым;

- выход из строя бесконтактного реле. Неполадка устраняется заменой неисправного реле новым;

- снижение напряжения питания до 5,5 В и менее. Следует заменить источник питания на новый с номинальным напряжением 6,3 В;

- выход из строя сосуда Дьюара. Заменяют сосуд Дьюара запасным из комплекта прибора.

Термостат не включается на прогрев. Основной признак неисправности — не включается миллиамперметр. Возможные причины неисправности и способы их устранения могут быть:

- обрыв в цепи обогрева или питания прибора. При таких неисправностях следует проверить цепи и устранить обрыв;

- выход из строя бесконтактного реле. Неполадка устраняется заменой неисправного реле новым;

- температура окружающей среды выше температуры термостатирования. В этом случае следует обеспечить температурные условия, необходимые для нормальной работы прибора.

Ухудшение фокусировки изображения светового индекса. Возникновение этой неполадки происходит вследствие смещения положения окуляра. Для устранения неисправности необходимо отрегулировать окуляр применительно к зрению наблюдателя и надежно закрепить его хомутиком.

Трудности совмещения отсчетного индекса с биссектором могут возникать при изменении положения уровней относительно упругой системы прибора. В этом случае следует произвести регулировку уровней гравиметра путем его настройки на минимум чувствительности к наклонам.

Разброс отсчетов в серии наблюдений на пункте. Эта неисправность может быть вызвана поломкой устройства арретирования прибора. Неисправность устраняется на заводе-изготовителе.

Изменение величины смещения нуля при работе в горных условиях вызывается нарушением герметизации камеры упругой системы. Герметизация камеры может быть восстановлена только в заводских условиях.

## **Регулировки и исследования гравиметров ГНК-К2 и ГНШ-МТ2**

**174.** Для гравиметров ГНК-К2 и ГНШ-МТ2 выполняются следующие регулировки:

- регулировка уровней на минимум чувствительности к наклонам (выполняется перед каждым рейсом);

- перестройка диапазона.

Исследования гравиметров ГНК-К2 и ГНШ-МТ2 включают:

- определение цены оборота счетчика (микрометра) и коэффициента нелинейности шкалы;

- определение средней квадратической ошибки единичного измерения разности силы тяжести.

Исследования гравиметров выполняют перед началом полевого сезона.

Определение цены оборота счетчика и коэффициента нелинейности шкалы для гравиметра ГНК-К2 может осуществляться методом наблюдения на пунктах с известной разностью силы тяжести или методом наклона. При использовании метода наклона определение цены оборота счетчика узкого диапазона гравиметра ГНК-К2 должно осуществляться при разности силы тяжести 70—150 мГал

и широкого диапазона 400—500 *мГал*. Цена оборота счетчика и коэффициент нелинейности шкалы для гравиметра ГНШ-МТ2 определяются только методом наблюдения на пунктах с известной разностью силы тяжести. При этом эталонная разность силы тяжести между пунктами должна быть не менее 400 *мГал* при использовании всего диапазона измерений без перестройки (1500 *мГал*), а точность ее определения не хуже 0,2 *мГал*. В случае неполного использования диапазона измерений, эталонные разности по величине должны составлять не менее 30—40% от диапазона измеряемых разностей силы тяжести.

### **Поверка и регулировка уровней гравиметров на минимум чувствительности к наклонам**

175. Отрегулированному положению уровней соответствуют отсчеты: минимальный для ГНК-К2 и максимальный—для ГНШ-МТ2 по счетчику гравиметра во время наблюдений.

Поверку и регулировку гравиметров на минимум чувствительности к наклонам следует начинать с уровня, ось которого параллельна оси вращения рычага маятника. Направление оси вращения рычага маятника устанавливают в соответствии с направлением перемещения индекса.

**Поверку** производят следующим образом:

- устанавливают уровни в нулевое положение и совмещают индекс с исходным (отсчетным) штрихом окулярной шкалы;

- отклоняют пузырек уровня, ось которого параллельна оси вращения рычага маятника, подъемными винтами прибора вправо и влево на одно деление и наблюдают за положением индекса на окулярной шкале. Если при этом заметного смещения индекса не происходит или в обоих случаях он незначительно отклоняется в сторону уменьшения силы тяжести (для ГНК-К2 — влево, для ГНШ-МТ2 — вправо), то считают, что нарушения регулировки данного уровня нет. Отсчеты по счетчику при наклонах в разные стороны должны быть примерно одинаковы. Различие в отсчетах допускается не более чем на 0,03 оборота. Изменение отсчетов при наклонных установках относительно начального положения должно быть в сторону уменьшения силы тяжести.

При отклонении пузырька поверяемого уровня пузырек другого уровня должен оставаться на середине. В противном случае его положение необходимо исправить подъемными винтами прибора.

Если при отклонении пузырька вправо или влево индекс перемещается в ту же сторону (отсчет в первом случае уменьшается, во втором — увеличивается), то установка уровня неправильна и требует исправления.

**Регулировку** проводят следующим образом:

- производят отсчет при начальном положении гравиметра, когда пузырек уровня на середине;

- действуя подъемными винтами гравиметра, постепенно перемещают индекс в сторону увеличения силы тяжести и при каждом очередном перемещении делают отсчеты;



— когда отсчет будет экстремальным (минимальным — для ГНК-К2 и максимальным — для ГНШ-МТ2), исправительными винтами пузырек уровня приводят на середину;

— проверяют правильность регулировки уровня и, если она оказывается недостаточной, то повторяют ее до тех пор, пока уровень не будет окончательно отрегулирован.

Другой уровень, ось которого перпендикулярна оси вращения рычага маятника, регулируют таким же образом. После регулировки второго уровня вновь проверяют правильность установки первого уровня. При необходимости выполняют его регулировку и проверяют второй уровень.

### Перестройка диапазона гравиметров

176. Перестройка диапазона выполняется перед наблюдениями в рейсе в том случае, если отсчеты хотя бы на одном пункте окажутся за пределами шкалы оборотов.

Для этого на начальном пункте микрометрическое устройство должно быть поставлено в такое положение по шкале оборотов, при котором будет обеспечена возможность измерения предполагаемых разностей силы тяжести. Так, если предполагаемая максимальная разность силы тяжести может составить  $+250 \text{ мГал}$ , а минимальная —  $450 \text{ мГал}$ , то микрометрическое устройство гравиметра ГНШ-МТ2 при  $C=60 \text{ мГал/об}$  должно быть установлено на отсчет не менее 8,000 и не более 15,000 об.

При измерении тех же разностей гравиметром ГНК-К2, счетчик оборотов которого имеет 24 деления и  $C=-60 \text{ мГал/об}$ , микрометрическое устройство на начальном пункте должно быть установлено на отсчет не менее 5,000 и не более 16,000 об. Такая установка микрометрического устройства даст возможность измерить в рейсе положительную разность силы тяжести, не превышающую  $300 \text{ мГал}$  и отрицательную — в  $480 \text{ мГал}$ .

Перестройку диапазона гравиметров производят набором, состоящим из настроенного и стопорного диапазонных ключей. Для перестройки гравиметра ГНШ-МТ2 используется также дополнительный внутренний диапазонный ключ для общего арретирования диапазонного устройства.

При перестройке диапазона вынимают пробку на верхней панели гравиметра и в отверстие диапазонного устройства осторожно вводят диапазонные ключи. Для гравиметра ГНШ-МТ2 вначале вводят внутренний (контргачный) диапазонный ключ и осуществляют разарретирование диапазонного устройства вращением его на 1—2 об против часовой стрелки, после чего извлекают из отверстия. Далее в отверстие диапазонного устройства гравиметра ГНШ-МТ2 вводят вставленные один в другой настроенный (внешний) и стопорный (внутренний) диапазонные ключи, после чего стопорный поворачивают против часовой стрелки до упора.

При перестройке диапазона гравиметра ГНК-К2 в диапазонное отверстие вводят вставленные один в другой стопорный (внешний)

и настроенный (внутренний) диапазонные ключи, после чего стопорный поворачивают против часовой стрелки до упора.

После этого счетчик оборотов устанавливают на отсчет, соответствующий рассчитанному значению силы тяжести и поворотом настроенного ключа выводят индекс к отсчетному штриху шкалы. После выведения индекса настроенным ключом вращением стопорного ключа по часовой стрелке добиваются закрепления стопорного винта таким образом, чтобы световой индекс оставался на уровне отсчетного штриха шкалы. При действии стопорным ключом следует придерживать настроенный ключ. При некотором уходе индекса действия обоими ключами повторяют в той же последовательности до тех пор, пока световой индекс не будет совмещен с отсчетным штрихом шкалы, а стопорный винт надежно закреплен.

После того как настройка диапазона произведена, оба ключа извлекаются из отверстия и оно у гравиметров ГНК-К2 закрывается пробкой.

Диапазонное устройство гравиметров ГНШ-МТ2 после настройки арретируется с помощью контргачного диапазонного ключа вращением его по часовой стрелке. Арретирование должно выполняться надежно, но без применения излишних усилий, во избежание выхода из строя диапазонного устройства. После арретирования диапазонное отверстие закрывают пробкой.

### Определение цены оборота счетчика и коэффициента нелинейности шкалы методом наблюдения на пунктах с известной разностью силы тяжести

177. Для определения цены оборота счетчика (эталонирования) и коэффициента нелинейности шкалы производят 9—12 эталонных рейсов между гравиметрическими пунктами с известным значением силы тяжести по схеме 1—2—3. . . — $m-1$  ( $m$  — число пунктов). Через каждые три рейса диапазон гравиметра перестраивают таким образом, чтобы с перекрытием диапазонов полностью использовалась вся отсчетная шкала (рис. 33).

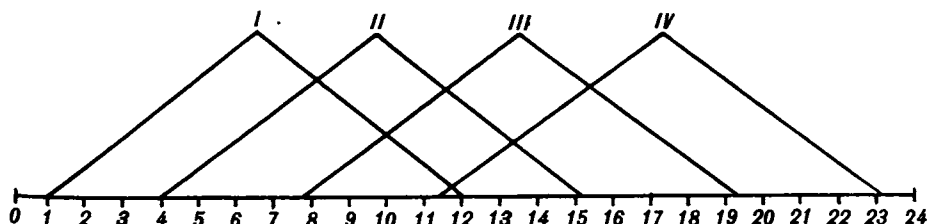


Рис. 33. Схема перестройки диапазонов при определении оборота счетчика гравиметров ГНШ-МТ2 и ГНК-К2

Настройка I	$S_1 \approx 1$ об	$S_2 \approx 12$ об
Настройка II	$S_1 \approx 4$ об	$S_2 \approx 15$ об
Настройка III	$S_1 \approx 8$ об	$S_2 \approx 19$ об
Настройка IV	$S_1 \approx 12$ об	$S_2 \approx 23$ об — для гравиметра ГНК-К2

Цену оборота счетчика  $C$  определяют из выражения

$$C = \frac{\sum_1^n C_{i1}}{n},$$

где  $C_{i1} = \frac{\delta g_{i1}}{S_i - S_1}$  — цена оборота счетчика, полученная при измерении между  $i$ -м и первым пунктом;

$\delta g_{i1} = g_i - g_1$  — известная разность значений силы тяжести между  $i$ -м и первым пунктами;

$S_i$  и  $S_1$  — отсчеты по микрометру на соответствующих  $i$ -м и первом пунктах, исправленные поправкой за смещение нуля пункта;

$n$  — общее число независимых измерений разностей силы тяжести.

Цена оборота счетчика гравиметров ГНК-К2 отрицательна ( $C < 0$ ), гравиметров ГНШ-МТ2 — положительна ( $C > 0$ ).

Если обнаруживается закономерность в изменении величины  $C$  в зависимости от отсчета по прибору, и это изменение превосходит 0,03%, т. е.  $\frac{\Delta C}{C_{\text{ср.}}} > 0,03\%$ , где  $\Delta C$  — среднее отклонение цены деления на крайних оборотах счетчика от средней ее величины  $C_{\text{ср.}}$ , то в этом случае необходимо учитывать нелинейность шкалы.

С учетом этого цена оборота счетчика на пунктах 1, 2, . . . ,  $m$  определяется по формулам:

$$C_1 = C_0 + k_0 S_1;$$

$$C_2 = C_0 + k_0 S_2;$$

$$\dots \dots \dots$$

$$C_m = C_0 + k_0 S_m,$$

где  $C_0$  — цена оборота счетчика при  $S = 0$ ,  $\text{мГал/об}$ ;

$k_0$  — коэффициент нелинейности шкалы,  $\text{мГал/об}^2$ .

По результатам выполненных рейсов составляется система уравнений вида

$$\delta g_{i1} = C_0 (S_i - S_1) + k_0 (S_i^2 - S_1^2).$$

Для упрощения этой системы вместо  $\delta g_{i1}$  подставляют его выражение из формулы для определения цены оборота  $C_{i1}$ , тогда после преобразований уравнения примут вид

$$C_{i1} = C_0 + k_0 (S_i + S_1),$$

где  $C_0$  и  $k_0$  — неизвестные, а  $C_{i1}$  — величина, полученная из каждой выполненной приборосвязи.

Число таких уравнений зависит от количества приборосвязей  $n$ . Система из  $n$  уравнений решается по методу наименьших квадратов. Из решения системы определяются значения  $C_0$  до 0,001  $\text{мГал/об}$  и  $k_0$  до 0,0001  $\text{мГал/об}^2$ .

Для введения поправок в отсчеты за нелинейность шкалы микрометра определяются значения коэффициента

$$k = \frac{k_0}{C_0} \text{ } 1/\text{об}$$

и составляется таблица или график поправок (табл. 118, рис. 34) в соответствии с формулой

$$\Delta S = k \cdot S^2.$$

Таблица 118

Образец таблицы поправок к отсчетам за нелинейность шкалы гравиметра ГНШ-МТ2 в тысячных долях оборота

$C_0 = 62,870 \text{ мГал/об}$        $k = 0,000315 \text{ } 1/\text{об}$

Целые обороты	Десятые доли оборота									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5
4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8
5	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11
6	11	12	12	13	13	13	14	14	15	15
7	15	16	16	17	17	18	18	19	19	20
8	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25
9	26	26	27	27	28	28	29	30	30	31
10	32	32	33	33	34	35	35	36	37	37
11	38	39	40	40	41	42	42	43	44	45
12	45	46	47	48	48	49	50	51	52	52
13	53	54	55	56	57	57	58	59	60	61
14	62	63	64	64	65	66	67	68	69	70
15	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
16	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
17	91	92	93	94	95	96	98	99	100	101
18	102	103	104	105	107	108	109	110	111	113
19	114	115	116	117	119	120	121	122	123	125
20	126									

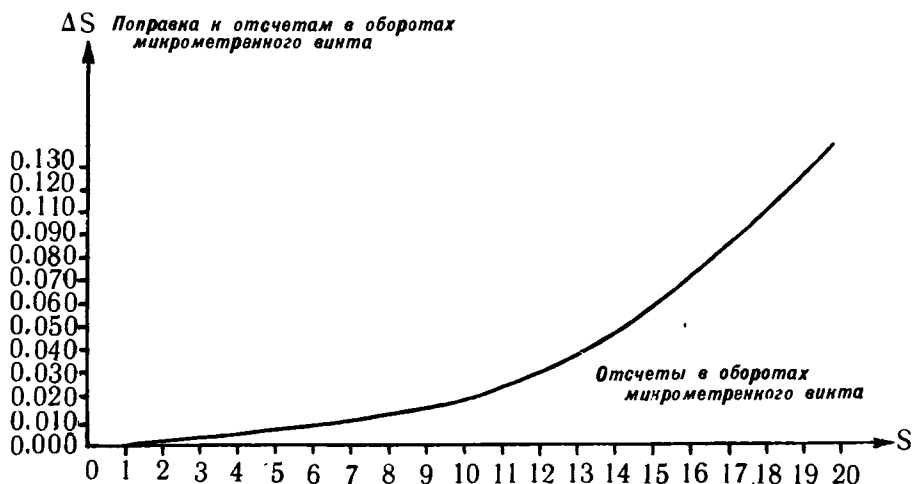


Рис. 34. Образец графика поправок к отсчетам за нелинейность шкалы гравиметра ГНШ-МТ2

Поправки  $\Delta S$  определяются до 0,001 об микрометренного винта и должны вводиться в показания гравиметра со своим знаком.

Аналогичный график и таблицу составляют для гравиметра ГНК-К2.

### Определение цены оборота счетчика методом наклона

178. Для определения цены оборота счетчика методом наклона используется экзаменатор, имеющий площадку для установки гравиметра. Рабочий диапазон углов наклона экзаменатора должен быть около  $2^\circ$ .

Сущность рассматриваемого метода заключается в том, что при наклоне гравиметра на угол  $\beta$  относительно горизонта отсчет по счетчику изменяется (для ГНК-К2 увеличивается) пропорционально кажущемуся уменьшению силы тяжести на величину

$$\delta g_\beta = g_0 - g_0 \cos \beta = g_0 \frac{1}{2} \left( \frac{\beta}{\rho'} \right)^2 + \dots,$$

где  $g_0$  — значение силы тяжести на пункте наблюдения;

$\beta$  — угол наклона упругой системы гравиметра, *минуты дуги*;

$\rho' = 3438'$ .

Значения изменений силы тяжести  $\delta g_\beta$  для различных углов наклона гравиметра на экзаменаторе приведены в табл. 119.

Значения  $\delta g_{\beta}$  в зависимости от угла  
наклона гравиметра  
 $g_0 = 981\,550$  мГал

$\beta$	$\delta g_{\beta}$ , мГал	$\beta$	$\delta g_{\beta}$ , мГал
$\pm 15'$	9,344	$\pm 45'$	84,093
30	37,375	48	95,679
33	45,223	51	108,013
36	53,819	54	121,094
39	63,163	57	134,922
42	73,254	60	149,498

Формула для определения цены оборота  $S$  счетчика имеет вид

$$C = \frac{g_0 \bar{\beta} (\beta - 2 \delta \beta_0)}{2 \rho^2 (S_0 - S)},$$

где  $S_0$  — отсчет при начальной установке гравиметра ( $\beta_0 \approx 0$ );  
 $S$  — отсчет при наклоне гравиметра на угол  $\beta$ ;  
 $\beta = \bar{\beta} + \delta \beta_0$  — измеренный угол наклона гравиметра;  
 $\delta \beta_0$  — погрешность начальной установки экзаменатора в угловой мере.

Допуски при определении угла наклона  $\beta$  и начальной установки  $\beta_0$  гравиметра приведены в табл. 120.

Таблица 120

Углы $\beta$ наклона гравиметра	Допустимые погрешности определения угла наклона $\delta \beta$ и начальной установки $\delta \beta_0$ гравиметра
$\pm 20'$	0,4"
30	0,6
60	1,2

При эталонировании гравиметров углы наклона измеряют в оборотах микрометричного винта экзаменатора:

$$\beta = n \mu,$$

$$\delta \beta_0 = \mu \delta n_0,$$

где  $n$  — число оборотов винта;  
 $\mu$  — цена одного оборота;  
 $\delta n_0$  — погрешность начальной установки экзаменатора в оборотах микрометричного винта.

Тогда

$$C = K \frac{n(n-2\delta n_0)}{S_0 - S},$$

где  $\Lambda = \frac{g_0 \mu^2}{2 g^2}$ .

Эталонирование следует выполнять при наклоне гравиметра в плоскости оси вращения маятника. Применительно к этому предварительно необходимо выполнить поверку установки уровня, параллельного изображению индекса, и добиться, чтобы погрешность его установки не превышала двух делений уровня. Эту поверку выполняют двумя приемами на экзаменаторе с использованием измерительного винта узкого диапазона гравиметра. Содержание и порядок наблюдений в каждом приеме следующий:

- устанавливают рычаг экзаменатора в среднее положение, обеспечивающее наклоны гравиметра на одинаковые углы в обе стороны от него. С помощью круглого уровня приводят ось вращения рычага экзаменатора в горизонтальное положение;

- устанавливают гравиметр на площадку экзаменатора таким образом, чтобы поверяемый уровень был параллелен рычагу экзаменатора. Подъемными винтами гравиметра приводят пузырьки его уровней на середину;

- наклоняют рычаг экзаменатора вместе с гравиметром сначала в сторону повышения чувствительности его упругой системы на угол  $\beta_1 = n_1 \mu$ , при котором возможно выполнять наблюдения с гравиметром, а затем таким же образом — в противоположную сторону на угол  $\beta_2 = n_2 \mu$ . Условно принимают  $n_1 < 0$  и  $n_2 > 0$  — целое число оборотов винта экзаменатора;

- находят среднее положение рычага экзаменатора  $\beta'_0 = n'_0 \mu$ , где  $n'_0 = \frac{1}{2} (n_2 - n_1)$ ;

- устанавливают рычаг экзаменатора в положение  $n'_0$ , производят три отсчета по гравиметру  $S'_0$  и находят среднее из них;

- устанавливают рычаг экзаменатора последовательно в положения  $n_1$  и  $n_2$ , производят по три отсчета по гравиметру —  $S_1$  и  $S_2$  и находят среднее из них значение на каждой установке;

- погрешность начальной установки гравиметра по уровню вычисляют при помощи формул:

$$\text{в угловой мере } \delta\beta_0 = \frac{S_1 - S_2}{4(S_1 + S_2 - 2S'_0)} (\beta_2 - \beta_1) + \beta'_0;$$

в оборотах винта экзаменатора

$$\delta n_0 = \frac{S_1 - S_2}{4(S_1 + S_2 - 2S'_0)} (n_2 - n_1) + n'_0.$$

Второй прием выполняют таким же образом, но при другом порядке наблюдений: сначала на установке  $n'_0$ , затем — на  $n_2$  и  $n_1$ .

Расхождения между значениями  $\delta\beta_0$  в приемах не должны превышать  $30''$  (0,25 оборота винта экзаменатора). Если  $\delta\beta_0 \leq 2'$  (1 оборот), то установка уровня не требует исправления. При  $\delta\beta_0 > 2'$  установку уровня следует исправить. Для этого необходимо установить рычаг экзаменатора на отсчет  $\delta n'_0$  и исправительными

винтами уровня вывести его пузырек на середину. После исправления уровня поверку, при необходимости, повторяют.

Пример поверки установки уровня гравиметра ГНК-К2 приведен в табл. 121.

Таблица 121

Поверка установки уровня гравиметра ГНК-К2

Угол $n$ наклона эк- зампенатора, <i>об</i>		Отсчеты по гравиметру		$\delta n_0 (\delta \beta_0)$
		$S$	$S_{\text{ср.}}$	
1-й прием				
$n_0$	8	$S'_0$	3,839 48 32	3,840
$n_1$	— 5	$S_1$	2,676 80 72	
$n_2$	21	$S_2$	13,637 31 45	13,638
$(\delta n_0)_1 = \frac{(13,638 - 2,676) (21 + 5)}{4 (13,638 + 2,676 - 2 \cdot 3,840)} \cdot 8 = 0,253 \text{ об}$				
$(\delta \beta'_0)_1 = \delta n'_0 \cdot 120 = 30''$				
2-й прием				
$n'_0$	8	$S'_0$	3,818 27 15	3,820
$n_2$	21	$S_2$	13,583 89 75	13,582
$n_1$	— 5	$S_1$	2,690 84 92	2,689
$(\delta n_0)_2 = 0,204 \text{ об}$				
$(\delta \beta'_0) = 24''$				
Среднее:				$\delta n_{\text{ср.}} = 0,228 \text{ об}$ $\delta \beta_{\text{ср.}} = 27''$

По окончании регулировки уровня, параллельного изображению индекса, приступают к эталонированию измерительных устройств узкого и широкого диапазона гравиметра.

### Определение цены оборота счетчика измерительного устройства узкого диапазона

179. Для эталонирования измерительного устройства узкого диапазона гравиметра допускается иметь эталонную разность силы тяжести, равную 70—150 *мГал*, что соответствует углам наклона гравиметра от начального положения порядка 40—60' (20—30 оборотов винта экзаменатора).



Эталонирование узкодиапазонного устройства включает следующие действия:

- устанавливают рычаг экзаменатора в среднее положение, обеспечивающее наклоны гравиметра на одинаковые углы в обе стороны от него. С помощью круглого уровня приводят ось вращения рычага экзаменатора в горизонтальное положение;

- устанавливают гравиметр на площадку экзаменатора таким образом, чтобы изображение индекса в поле зрения микроскопа было перпендикулярно рычагу экзаменатора. Подъемными винтами гравиметра приводят пузырьки его уровней на середину;

- перестраивают диапазон измерений таким образом, чтобы начальный отсчет  $S'_0$  был не более 1,5 оборота счетчика;

- выполняют наблюдения 8-ю приемами, каждый из которых состоит из двух полуприемов.

В первом полуприеме:

- производят три отсчета  $S_0$  при начальной установке гравиметра  $n_0=0$ ;

- задают винтом экзаменатора наклон гравиметру на угол  $-\beta$  ( $n_1 = -20 \div -25$  об) и производят три отсчета  $S_1$  на этой установке;

- задают наклон гравиметру на угол  $+\beta$  ( $|n_2| = |n_1|$ ) и производят три отсчета  $S_2$ .

Во втором полуприеме наблюдения выполняют таким же образом, но при последовательных установках  $n_0$ ,  $n_2$  и  $n_1$ .

Наблюдения каждого полуприема обрабатывают в следующем порядке:

- вычисляют средние значения из отсчетов на каждой установке;

- вычисляют цену оборота  $C$  по формуле

$$C = -K \frac{2n^2}{S_1 + S_2 - 2S_0};$$

- вычисляют значение  $\delta n_0^*$  по формуле

$$\delta n_0 = \frac{S_2 - S_1}{2(S_1 + S_2 - 2S_0)} \cdot n$$

для контроля стабильности установки экзаменатора и упругой системы в корпусе гравиметра;

- вычисляют контрольные значения  $C_K$  по формуле

$$C_K = K \frac{n(n - 2\delta n_0)}{S_0 - S}.$$

Допустимые расхождения между отсчетами на одной установке гравиметра должны быть не более 0,020 об.

Допустимые расхождения значений  $\delta n_0$  при различных установках экзаменатора приведены в табл. 122.

---

\* Значение  $\delta n_0$  может плавно изменяться особенно в течение часа после включения освещения гравиметра. Поэтому наблюдения рекомендуется начинать не ранее, чем через 1—2 ч после включения освещения при полной стабилизации пузырьков уровней гравиметра.

Таблица 122

Обороты экзаменатора	Допустимые расхождения значений $\delta n_0$ , об	
	в приеме	между приемами
$\pm 10$	0,005	0,015
$\pm 15$	0,008	0,020
$\pm 30$	0,015	0,040

Расхождения между вычисленными значениями  $C$  не должны превышать 0,002 мГал/об.

Пример определения цены оборота микрометричного винта узкого диапазона методом наклона для одного приема приведен в табл. 123.

Таблица 123

**Определение цены оборота  
микрометричного винта узкого диапазона**

$$g = 981\,540 \text{ мГал}, \quad \mu = 2', \quad K = \frac{g \mu^2}{2 \rho^2} = 0,1661$$

Угол $n$ наклона экзамена- тора, об		Отсчеты по гравиметру, об		$C$ , мГал/об	$\delta n_0$ , об	$C_K$ , мГал/об	
		S	$S_{\text{ср.}}$				
1-й полуприем							
$n_0$	0	$S_0$	1,736 742 733	1,737	—6,848	—0,472	— 6,848
$n_1$	—20	$S_1$	10,980 973 989	10,981			
$n_2$	+20	$S_2$	11,896 905 891	11,897			
2-й полуприем							
$n_0$	0	$S_0$	1,752 758 744	1,751	—6,846	—0,470	— 6,845
$n_2$	+20	$S_2$	11,912 920 906	11,913			
$n_1$	—20	$S_1$	10,996 990 11,003	11,000			
Среднее:				— 6,847	$\Delta (\delta n_0) =$ =0,002		

## Определение цены оборота счетчика измерительного устройства широкого диапазона

180. Для эталонирования измерительного устройства широкого диапазона гравиметра необходимо иметь эталонную разность силы тяжести, равную 400—500 *мГал*, что соответствует углам наклона гравиметра от начального положения порядка 100—110' (50—55 оборотов винта экзаменатора), то есть практически всему диапазону работы экзаменатора.

При эталонировании широкодиапазонного устройства выполняют следующие действия:

а) устанавливают рычаг экзаменатора в пределах 1—2 *об* от одного из крайних положений;

б) устанавливают гравиметр на площадку экзаменатора таким образом, чтобы изображение индекса в поле зрения микроскопа было перпендикулярно рычагу экзаменатора. Подъемными винтами гравиметра приводят пузырьки его уровней на середину;

в) выполняют восемь приемов наблюдений, содержание и порядок каждого из которых следующий:

— наклоняют рычаг экзаменатора от предыдущего положения к другому крайнему положению на целое четное число оборотов ( $n_2 = 50 \div 54$  *об*) и производят три отсчета  $S_2$  по гравиметру;

— устанавливают рычаг экзаменатора в положение  $n_{\text{ср.}} = \frac{n_2}{2}$  и производят три отсчета  $S'$ ;

— устанавливают рычаг экзаменатора на отсчет  $n_1 = 0$  и производят три отсчета  $S_1$ ;

— повторяют наблюдения на установках  $n_{\text{ср.}}$  и  $n_2$ .

Наблюдения каждого приема обрабатывают в следующем порядке:

— вычисляют средние значения  $S''$  и  $S_{\text{ср.}}$  из отсчетов на каждой установке;

— вычисляют цену оборота  $C$  по формуле

$$C = -K \frac{n_2^2}{2(S_1 + S_2 - 2S')};$$

— вычисляют значение  $\delta n_0$  по формуле

$$\delta n_0 = \frac{S_1 - S_2}{4(S_1 + S_2 - 2S')} \cdot n_2 + \frac{n_2}{2};$$

— вычисляют контрольные значения  $C_K$  таким же образом как и при эталонировании измерительного устройства узкого диапазона.

Допустимые расхождения между отсчетами на одной установке гравиметра должны быть не более 0,005 *об*.

Допустимые расхождения значений  $\delta n_0$  между приемами не должны превышать 0,040 *об*.

Пример определения цены оборота микрометричного винта широкого диапазона методом наклона для одного приема приведен в табл. 124.

Таблица 124

**Определение цены оборота  
микрометричного винта широкого диапазона**

$$g = 981\,540 \text{ мГал}, \quad \mu = 2', \quad K = \frac{g \mu^2}{2 \rho^2} = 0,1661$$

Угол $n$ наклона экзаме- натора, об		Отсчеты по гравиметру, об				$C,$ мГал/об	$\delta n_0,$ об	$C_k,$ мГал/об
		$S$		$S''$	$S_{\text{ср.}}$			
$n_2$	60	$S_2$	16,390 393 390	16,3910	16,4003			
$n_{\text{ср.}}$	30	$S'$	7,877 878 874	7,8763	7,8745	-52,523	+0,067	-52,522
$n_1$	0	$S_1$	5,041 040 042	5,0410	5,0410			
$n_{\text{ср.}}$	30	$S'$	7,873 871 874	7,8727				
$n_2$	60	$S_2$	16,411 408 410	16,4097				

При эталонировании наклоном так же, как и при эталонировании на пунктах с известной разностью силы тяжести, широкий диапазон гравиметра ГНК-К2 перестраивают на 3—4 перекрывающихся участках отсчетной шкалы. Схема перестройки гравиметра приведена на рис. 33.

**Определение средней квадратической ошибки  
единичного измерения разности силы тяжести**

181. Величину средней квадратической ошибки единичного измерения разности силы тяжести  $(m_{\delta g})_0$  определяют с целью проверки ее соответствия допустимому значению, установленному для определения силы тяжести со средними квадратическими ошибками 0,5 и 1 мГал. Измерения с указанными точностями разрешается выполнять гравиметрами со средними квадратическими ошибками единичного измерения разности силы тяжести не более 0,4 и 0,8 мГал соответственно.

При выполнении эталонирования на пунктах с известной разностью силы тяжести определение величины  $(m_{ig})_0$  следует выполнять по результатам измерений этого эталонирования. Причем необходимо выполнить не менее 50 измерений разностей силы тяжести в 6—9 рейсах продолжительностью 8—10 ч. Измерения в каждом рейсе выполняют по схеме: 1-2-3- . . . - $m-1$ , где  $m$  — число пунктов в рейсе. При этом одну треть измерений производят на начальных установках шкалы отсчетного устройства, а остальные две трети — с использованием средней части и конца отсчетной шкалы. Перестройка диапазона гравиметра должна осуществляться в соответствии со схемой, приведенной на рис. 33. Обработку гравиметрических измерений выполняют в соответствии с требованиями, изложенными в главе VII.

По результатам измерений в рейсах вычисляют величину  $(m_{ig})_0$  по формуле

$$(m_{ig})_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((\delta g_{i1} - \delta \bar{g}_{i1})^2 - (m_{ig})_{i1}^2)}{n}},$$

где  $\delta g_{i1}$  — измеренное значение разности силы тяжести между  $i$ -м и первым пунктами, исправленное поправками за смещение нуля пункта и нелинейность отсчетной шкалы, *мГал*;

$\delta \bar{g}_{i1}$  — известная разность силы тяжести между  $i$ -м и первым пунктами, *мГал*;

$(m_{ig})_{i1}$  — средняя квадратическая ошибка известной разности силы тяжести между  $i$ -м и первым пунктами, *мГал*;

$n$  — общее число измеренных разностей силы тяжести.

Если известна точность определения силы тяжести на использованных для определения  $(m_{ig})_0$  гравиметрических пунктах, то величину  $(m_{ig})_{i1}$  определяют по формуле

$$(m_{ig})_{i1} = \sqrt{(m_g)_i^2 + (m_g)_1^2},$$

где  $(m_g)_i$  и  $(m_g)_1$  — средние квадратические ошибки определения силы тяжести на  $i$ -м и первом пунктах.

Величина  $(m_{ig})_{i1}$  не должна превышать 0,2 *мГал*.

При выполнении эталонирования методом наклона величину  $(m_{ig})_0$  следует определять по результатам двойных измерений гравиметром на пунктах, между которыми значения разностей силы тяжести неизвестны. Измерения на этих пунктах выполняют с таким расчетом, чтобы образовать не менее 50 разностей силы тяжести, полученных дважды. Схема измерений, число рейсов и их продолжительность те же самые,

что и при использовании пунктов с известной разностью силы тяжести. Величину  $(m_{ig})_0$  в этом случае вычисляют с помощью формул:

$$(m_{ig})_0 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k \Delta g_{j1}^2}{2(k-1)}};$$

$$\Delta g_{j1} = d_{j1} - \frac{\sum_{j=1}^k d_{j1}}{k};$$

$$d_{j1} = (\delta g_1)_{j1} - (\delta g_2)_{j1},$$

где  $(\delta g_1)_{j1}$  и  $(\delta g_2)_{j1}$  — пара измеренных значений разностей силы тяжести между  $j$ -м и первым пунктами, исправленных поправками за смещение нуля и нелинейность отсчетной шкалы, *мГал*;

$k$  — число двойных измерений разностей силы тяжести.

### Основные правила эксплуатации и сбережения гравиметров

182. Гравиметры представляют собой прецизионные высокочувствительные приборы и требуют соблюдения правил эксплуатации и сбережения, установленных Руководством по техническому обслуживанию, хранению и ремонту топогеодезических приборов и картоиздательского оборудования на центральных, окружных, войсковых складах и в подразделениях (Р-69). М., РИО ВТС, 1969.

Гравиметры должны храниться в сухом помещении в вертикальном положении. Упругие системы гравиметров ГНШ-МТ2 при хранении арретируют. В помещении, где хранятся приборы, не допускается хранение кислот, щелочей и других агрессивных веществ. Вблизи от приборов не должно быть источников тепла и значительных магнитных полей.

Микрометрический винт гравиметра ГНШ-МТ2 при длительном хранении должен находиться в верхнем крайнем положении для того, чтобы сильфон отсчетного устройства был в ненапряженном состоянии.

При получении гравиметров ГНК-К2 и ГНШ-МТ2 со склада производят внешний осмотр приборов, проверяют надежность их крепления в транспортировочных ящиках и комплектность согласно прилагаемым к приборам аттестатам и паспортам. При осмотре устанавливают сохранность уровней, термометров и непосредственно на месте приемки проверяют исправность упругой системы, измерительного и диапазонного устройств путем пробных наблюдений. У гравиметра ГНШ-МТ2 проверяют работоспособность термостата.

Проверяют также наличие и правильность оформления заводской технической документации с данными технической характеристики принимаемого прибора, включая температурную кривую и цену деления отсчетного устройства.

183. В полевых условиях гравиметры необходимо оберегать от воздействия прямых солнечных лучей, порывов сильного ветра, атмосферных осадков и тумана. Для этого в момент наблюдений приборы целесообразно предохранять при помощи защитного покрытия (палатки, зонта и т. п.), а в перерывах между наблюдениями закрывать верхнюю часть гравиметров крышкой.

При пользовании гравиметрами необходимо соблюдать правила:

- не подвергать прибор резким толчкам и ударам;
- не вскрывать в полевых условиях (вскрытие допускается только в лабораторных или заводских условиях);
- гравиметр ГНК-К2 следует помещать в температурные условия, близкие к условиям полевых работ, за 5—6 ч до выезда в рейс;
- работу с гравиметром ГНШ-МТ2 начинать не ранее чем через 24 ч после подключения источника питания для прогрева термостата;
- в каналы настройки гравиметра ГНШ-МТ2 и отверстие КРАН запрещается вставлять термометры;
- во время работы оберегать гравиметры от быстрого прогрева или охлаждения;
- при работе с гравиметром ГНК-К2 в каждом отдельном рейсе можно пользоваться только одним из микрометрических винтов — узкодиапазонным или широкодиапазонным; изменять положение другого винта при этом запрещается.

Гравиметры ГНК-К2 и ГНШ-МТ2 приспособлены для перевозки на различных транспортных средствах: автомобилях, самолетах, вертолетах, а также водным, гужевым, санным транспортом. Гравиметры перевозят в специальных металлических футлярах с амортизационными прокладками, которые помещают в деревянные транспортировочные ящики. При перевозках ящики с приборами устанавливают на мягкую подстилку в наиболее защищенной от толчков и ударов части транспортного средства или прикрепляют к полу четырьмя пружинами-амортизаторами, пристегиваемыми к ручкам ящиков. Меры предосторожности должны быть предприняты также при транспортировке гравиметров вьюком, на руках, при установке их на пунктах наблюдений и упаковке в металлический футляр. Во всех случаях гравиметры должны транспортироваться, находясь в амортизационном гнезде, только в вертикальном положении.

При перевозках в условиях бездорожья на транспортных средствах с неудовлетворительной амортизацией следует обеспечить надежность крепления и дополнительную амортизацию самого амортизирующего гнезда. Для этих целей используют мягкую подстилку в виде губчатой резины, поролона, ваты и т. п.

Гравиметр ГНК-К2 не имеет устройства для арретирования упругой системы. Упругая система гравиметра ГНШ-МТ2 при перевозках должна быть арретирована. Разарретирование осуществляется только на пункте наблюдений после горизонтирования прибора.

---



## Глава VII

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

184. Силой тяжести Земли называется равнодействующая двух сил: тяготения Земли и центробежной силы ее суточного вращения. В качестве единицы ускорения силы тяжести принимается такое ускорение, которое развивает масса в 1 кг под действием силы в 1 Н,

$$[g] = \frac{H}{кг} = \frac{[м]}{[с^2]}.$$

Такую единицу называют «галилео» и обозначают *GL*.

Обычно на практике в гравиметрии применяется единица ускорения в системе *CGS*, называемая *Гал*. *Гал* — это ускорение, которое развивает масса в 1 г под действием силы тяжести в 1 *дину*:

$$1 GL = 100 \text{ Гал}.$$

Для практического использования удобна более мелкая единица — *миллигал* (*мГал*), равная одной тысячной доле *Гала*,

$$1 \text{ мГал} = 10^{-3} \text{ Гал}.$$

Нормальное значение силы тяжести в зависимости от широты определяется формулой Гельмерта 1901—1909 гг.

$$\gamma_0 = 978\,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2 \varphi),$$

где  $\gamma_0$  — нормальное значение ускорения силы тяжести, *мГал*;  
 $\varphi$  — широта точки наблюдения.

Нормальное значение ускорения силы тяжести меняется в пределах от 978,0 *Гал* на экваторе до 983,3 *Гал* на полюсе.

До 1975 г. все гравиметрические измерения в СССР выполнялись в Потсдамской системе. Абсолютное значение силы тяжести в исходном пункте этой системы — в Потсдаме — было получено в результате измерений обратными маятниками в 1898—1904 гг. В результате анализа абсолютных измерений ускорений силы тяжести последних, наиболее надежных определений, сделан вывод, что ранее принятое исходное значение силы тяжести в Потсдаме ошибочно на 14 *мГал*. С 1 января 1975 г. в СССР введена единая система опорных значений силы тяжести в гравиметрических работах — «Гравиметрическая система 1971 года». За исходные в этой системе приняты значения пунктов государственной гравиметрической сети 1 класса, определенные от Мирового исходного пункта Потсдам, исправленного поправкой «—14 *мГал*». Исходя из этого,

при использовании каталогов опорных гравиметрических пунктов, изданных до 1975 г. в «Потсдамской системе», необходимо в значение ускорения силы тяжести вводить постоянную поправку «—14 мГал».

Ускорения силы тяжести могут определяться инструментально и по гравиметрическим картам. По гравиметрическим картам масштабов 1 : 200 000 (с сечением до 2 мГал) и 1 : 1 000 000 (с сечением до 5 мГал) ускорения силы тяжести определяются с точностью 2 и 5 мГал соответственно. Для этой цели используют гравиметрические карты СССР в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя  $\sigma = 2,3 \text{ г/см}^3$ . Для получения ускорения силы тяжести по карте масштаба 1 : 200 000 высота точки должна быть получена с точностью 2 м\*, при использовании карты масштаба 1 : 1 000 000 — 5 м. Высоты с точностью 2 и 5 м могут быть получены методами, описанными в ст. 288 Руководства, ч. 1. Вычисление  $g$  в «Системе 1971 г.» для данной точки физической поверхности Земли по этим картам выполняется по формуле

$$g = \Delta g_B + \gamma_0 - 0,2125 H - 14,$$

где  $\Delta g_B$  — аномалия Буге, полученная в данной точке местности по карте линейным интерполированием;

$\gamma_0$  — нормальное значение силы тяжести, выбранное из специальных таблиц (приложение 23) или вычисленное по формуле Гельмерта 1901—1909 гг. (по широте данной точки);

$H$  — высота точки в Балтийской системе, м;

$0,2125 H$  — редукция Буге, мГал;

— 14 мГал — поправка к значению  $\gamma_0$  за переход от Потсдамской системы к «Системе 1971 г.».

Аномалии Буге, полученные по гравиметрическим картам, изданным в СССР в Потсдамской системе до 1975 г., не меняют своего значения при переходе к «Гравиметрической системе 1971 года».

В ряде случаев возникает необходимость получения  $g$  на некоторой глубине от поверхности Земли.

Приблизненно (с погрешностью до 2—3 мГал при  $h' \leq 50 \text{ м}$ ) значение  $g$  на глубину  $h'$  может быть перевычислено по формуле

$$g_{h'} = g + 0,127 h'.$$

По этой формуле можно перевычислять значения ускорения силы тяжести внутри Земли с одного горизонта на другой, принимая за  $h'$  разность уровней, на которых лежат горизонты.

При необходимости значение  $g$ , полученное в точке на поверхности Земли, может быть перевычислено на некоторую высоту от нее.

\* При получении высот с точностью 10 м значения ускорений силы тяжести по гравиметрическим картам масштаба 1 : 200 000 определяются со средней квадратической ошибкой 3 мГал.

Приближенно (с ошибкой порядка 2—3 мГал при  $h'' \leq 100$  м) значение  $g$  на высоте  $h''$  может быть вычислено по формуле

$$g_{h''} = g - 0,3086 h''.$$

### Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 мГал

185. Определение ускорения силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 мГал производят с помощью гравиметров ГНШ-МТ2 и ГНК-К2 (при определении силы тяжести с точностью 0,5 мГал предпочтительнее использовать гравиметры ГНШ-МТ2). Измерения выполняются тремя комплектами гравиметров.

Расчет, выполняющий гравиметрические работы, должен состоять из одного инженера-оператора и двух помощников.

Ускорение силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 мГал определяют не менее чем от двух пунктов государственной гравиметрической сети СССР и не менее чем двумя независимыми рейсами (рис. 35).



Рис. 35. Определение приращений силы тяжести на определяемом пункте относительно пунктов государственной гравиметрической сети СССР

В качестве транспорта при выполнении рейсов используют автомашину, вертолет или самолет. Транспортировка гравиметров производится только в присутствии инженера-оператора.

Определение ускорения силы тяжести включает:

- подготовительные работы;
- полевые определения;
- обработку полевых материалов.

Продолжительность рейса должна быть не более 12 ч (24 ч)\*. В случае аварий транспорта, плохих дорог (малой скорости передвижения) и т. д. продолжительность рейса может быть увеличена до 24 ч (48 ч). В этом случае в рейсе намечают контрольные, равномерно расположенные по времени пункты, на которых производят наблюдения (рис. 36) для контроля смещения нуля прибора: при продолжительности рейса до 18 ч (36 ч) — один пункт; при продолжительности рейса от 18 до 24 ч (36—48 ч) — два пункта.

\* Здесь и далее в скобках указаны особенности, возможные при выполнении определений с точностью 1,0 мГал.

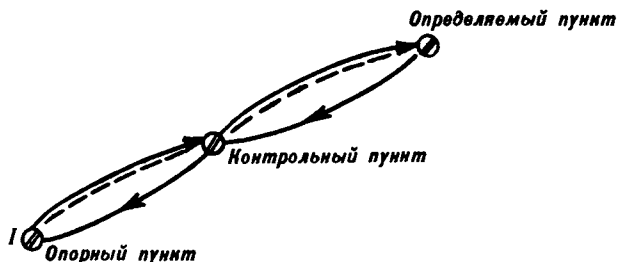


Рис. 36. Схема рейса с контрольным пунктом

Пункты, определяемые с точностью 0,5 и 1,0 мГал, должны быть надежно закреплены на местности. Поэтому их следует, как правило, совмещать с верхними центрами пунктов ГГС или располагать у стен долговременных сооружений (капитальные здания, водонапорные башни и т. п.). При выполнении работ в сокращенные сроки гравиметрические пункты могут быть закреплены подручными средствами (деревянные колья, столбы, валуны и т. д.). Гравиметры устанавливают на земле на расстоянии 1—2 м от центра геодезического пункта или стены здания. На высоте 1,5—2 м на основном столбе геодезического знака или на стене здания укрепляется металлический опознавательный знак, образец которого дан на рис. 37. Контрольные пункты постоянными центрами не закрепляются.

#### **Подготовительные работы.**

Перед началом работ необходимо:

- составить проект предполагаемых гравиметрических работ;
- произвести исследование гравиметров.

Проект гравиметрических работ составляют на топографической карте масштаба 1 : 500 000.

На нее наносят пункты государственной гравиметрической сети СССР (не менее двух пунктов) и определяемые пункты. Окончательное уточнение расположения определяемых пунктов и выбор предполагаемых маршрутов движения производят на картах масштаба 1 : 100 000 или крупнее. В случае необходимости следует провести рекогносцировку района работ.

Исследования гравиметров проводят по методике, изложенной в главе VI, и результаты записывают в полевой журнал.

**Полевые определения.** Для определения «смещения нульпункта» гравиметра каждый рейс должен начинаться и заканчиваться на опорном гравиметрическом пункте. Наблюдения в рейсе выполняют по одной из двух программ.



Рис. 37. Опознавательный знак

Первая программа:

- наблюдения на опорном гравиметрическом пункте,
- наблюдения на определяемом пункте,
- наблюдения на опорном гравиметрическом пункте.

Вторая программа:

- наблюдения на определяемом пункте,
- наблюдения на опорном гравиметрическом пункте,
- наблюдения на определяемом пункте.

Перед каждым рейсом гравиметры проверяют и в случае необходимости производят перестройку диапазона, проверку и регулировку уровней.

Перестройку диапазона гравиметра выполняют с целью обеспечения возможности измерения предполагаемых разностей силы тяжести, которые могут оказаться в рейсе.

Предполагаемые значения разности силы тяжести рассчитываются по нормальному полю с учетом высот пунктов.

Приближенную оценку разности силы тяжести между начальным пунктом и любым другим пунктом в рейсе выполняют по формуле

$$\delta g_{1,2} = 85 (B_2 - B_1) - 31 (H_2 - H_1),$$

где  $B_2 - B_1$  — разность широт пунктов, *градусы*;

$H_2 - H_1$  — разность высот пунктов, *сотни метров*;

$\delta g_{1,2}$  — разность силы тяжести, *мГал*.

Первому наблюдению перед выездом в рейс должна предшествовать 20—30-минутная «обкатка» гравиметров в типичных для рейса условиях.

Интервал времени между окончанием первого рейса и началом второго рейса должен быть не менее 2 ч. Расхождения между крайними значениями приращений силы тяжести, полученными по каждому из трех приборов после обработки рейса, не должны превышать 2 *мГал*. Расхождение между значениями ускорения силы тяжести, полученными от разных опорных гравиметрических пунктов, не должно быть больше 1 *мГал* (2 *мГал*).

В рейсах продолжительностью более 12 ч (24 ч) для контроля смещения нуля пункта гравиметров сравнивают по участкам приращения силы тяжести  $\delta g$ , полученные при проложении рейса каждым прибором „прямо“ и „обратно“, при этом расхождение  $(\delta g_{\text{пр}} - \delta g_{\text{обр}}) = \delta g$  по каждому гравиметру на участке не должно быть более 3 *мГал* (4 *мГал*). При больших значениях  $\delta g$  рейс должен быть проложен заново.

В обработку рейса включаются все пункты, на которых произведены измерения, в том числе и пункты, служащие только для определения смещения нуля пункта гравиметров в рейсе.

При несоблюдении допусков выполняют повторные измерения. Их общее количество не должно превышать 30% от всех наблюдений. Если бракуются измерения на опорном пункте, то повторно переделывается весь рейс. В остальных случаях в повторный рейс

включают пункты, требующие переделки. Повторные измерения выполняют тремя гравиметрами с соблюдением всех указанных допусков.

При измерениях гравиметры вынимают из транспортировочных ящиков, устанавливают на прочном основании, обеспечивающем необходимую устойчивость прибора. После установки и предварительного горизонтирования прибора включают освещение, гравиметры ГНШ-МТ2 разарретируют и микрометрическим винтом измерительного устройства подводят индекс к отсчетному (нулевому) штриху шкалы.

Разарретирование гравиметра ГНШ-МТ2 выполняют медленным и плавным движением ручки арретира до упора в сторону надписи «ОТКРЫТО» (разарретирование выполняется обязательно при установленных уровнях), затем вращением ручки микрометра подводят подвижный светящийся индекс к биссектору окулярной шкалы.

После разарретирования перед снятием отсчетов следует выждать не менее двух минут, необходимых для стабилизации упругой системы.

Затем прибор точно горизонтируют и плавным движением микрометрического винта счетчика совмещают середину светлой полосы индекса со средним отсчетным (нулевым) штрихом шкалы. Последний доворот винта производят только вращением по ходу часовой стрелки. После первого наведения записывают время наблюдения и первый отсчет. Для повышения точности наблюдений совмещение изображений индекса с отсчетным штрихом делают три раза, каждый раз записывая отсчет по счетчикам оборотов. При повторном совмещении микрометрический винт предварительно поворачивают на небольшой угол против хода часовой стрелки.

Расхождение между отсчетами на пункте не должно превышать двух наименьших делений счетчика микрометрического винта узкого диапазона гравиметра ГНК-К2 (0,02 об) или 0,03 об винта широкого диапазона у гравиметров обоих типов. В противном случае наблюдения повторяются.

После снятия отсчетов прибор **обязательно арретируют**.

Величина смещения нульпункта гравиметров различна при остановках и во время переезда, поэтому при остановках (стоянках) в рейсе продолжительностью более 1 ч (ночевка, неисправность автомашины и т. д.) необходимо производить отсчеты по гравиметрам в начале и в конце остановки с целью исключения величины смещения нульпункта за время стоянки. Для выполнения наблюдений гравиметры снимают с автомашины и устанавливают, как указано выше.

При выполнении гравиметрических работ в полевой журнал записывают следующие данные:

- номер рейса,
- дату и фамилию наблюдателя,
- название и номер пункта,
- время наблюдения (с точностью до минуты),
- отсчеты по гравиметру.

Образцы записей в полевом журнале наблюдений гравиметрами ГНК-К2 приведены в табл. 125, 126, 127.

Таблица 125

**Образец записи наблюдений в журнале (обычный рейс)**

Рейс № 1

Гравиметр ГНК-К2 № 152

5 августа 1976 г. Наблюдатель Петров  
№, название пункта опорн. Осокино

5 августа 1976 г. Наблюдатель Петров  
№, название пункта доп. опорн. Кочки

Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания	Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания
10 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	8,465 464 <u>464</u> 8,464		11 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	5,311 308 <u>308</u> 5,309	
№, название пункта доп. опорн. Чужи			№, название пункта опорн. Осокино		
10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	6,325 325 <u>327</u> 6,326	на уровне ст. № 111 в с. Холки (здание школы)	12 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	8,472 470 <u>471</u> 8,471	

Таблица 126

**Образец записи и обработки наблюдений в журнале (рейс со стоянкой)**

Рейс № 3

Гравиметр ГНК-К2 № 152

6 августа 1976 г. Наблюдатель Петров  
№, название пункта опорн. Пермьяково

6 августа 1976 г. Наблюдатель Петров  
7 августа 1976 г.  
№, название пункта стоянка (ночевка)

Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания	Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания
8 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	7,671 673 <u>670</u> 7,671		22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	8,444 443 <u>442</u> 8,443	
№, название пункта № 8			7 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> + 24 00	8,471 468 <u>470</u> 8,470	$\Delta T^h_{ст.} = -8,50^h$ $\Delta S'_{ст.} = -0,027$
№, название пункта № 8			7 августа, №, название пункта опорн. Пермьяково		
19 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	10,357 359 <u>357</u> 10,358		14 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> + 24 00	7,733 731 <u>732</u> 7,732	
			38 <sup>h</sup> 35 - 8,50	<u>7,705</u> 7,705	

Образец записи наблюдений в журнале рейса, начинающегося на одном и заканчивающегося на другом опорном пункте

Рейс № 4

Гравиметр ГНК-К2 № 152

9 августа 1976 г. Наблюдатель Петров

9 августа 1976 г. Наблюдатель Петров

№, название пункта опорн. Симакино

№, название пункта № 3

Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания	Время	Отсчеты по гравиметру	Примечания
10 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	4,517 518 <u>519</u> 4,518		16 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	4,000 002 <u>001</u> 4,001	
№, название пункта № 1			№, название пункта опорн. Лемехово		
12 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	1,218 216 <u>219</u> 1,218		19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	6,708 707 <u>708</u> 6,708	

**Обработка полевых материалов.** Обработку результатов полевых измерений при наблюдениях гравиметрами ГНК-К2 производят в следующем порядке.

Из полевых журналов в ведомость вычисления  $\delta g$  (табл. 128) выписывают:

Таблица 128

Ведомость вычисления приращений силы тяжести  $\delta g$  по полной схеме

5 августа 1976 г.

Рейс № 1

Гравиметр ГНК-К2 № 152

Название или номер пункта	$T$	$S',$ об	$\Delta T$	$\Delta a,$ об	$S,$ об	$\Delta S,$ об	$C,$ мГал/об	$\delta g,$ мГал
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Опорн. Осокино	10,30 <sup>h</sup>	8,464	0 <sup>h</sup>		8,464			
Доп. опорн. Чижи	10,90	6,328	0,60	-0,002	6,326	-2,138	-50,111	+107,1
Доп. опорн. Кочки	11,60	5,308	1,30	-0,004	5,304	-3,160	-50,111	+158,4
Опорн. Осокино	12,75	8,471	2,45	-0,007	8,464			

$$a = \frac{+0,007}{2,45} = +0,0029 \text{ об/ч}$$

- в графу 1 — название или номер наблюдаемого пункта;
- в графу 2 — время наблюдения  $T^h$ , (до сотых долей часа);
- в графу 3 — средние отсчеты по гравиметру  $S'$ .



Затем в графу 4 записывают величину  $\Delta T^h$ , выражающую в часах и долях часа промежуток времени между моментами наблюдений на начальном пункте рейса и на каждом последующем пункте, т. е.

$$\Delta T_i^h = T_i^h - T_{нач.}^h.$$

Часовое смещение нуля пункта гравиметра вычисляют по формуле

$$a = \frac{\Delta S'_{нач.}}{\Delta T_{нач.}^h},$$

где  $\Delta S'_{нач.}$  — разность средних отсчетов на опорном пункте в начале и в конце рейса;

$\Delta T_{нач.}^h$  — промежуток времени между наблюдениями на опорном пункте в начале и в конце рейса.

Поправку за смещение нуля пункта получают по формуле

$$\Delta a_i = -a \Delta T_i^h$$

и записывают в графу 5. Исправленный поправкой за смещение нуля пункта отсчет  $S$  записывают в графу 6.

Приращения силы тяжести  $\Delta S$  на определяемых пунктах относительно опорных, выраженные в делениях счетчика микрометрического винта гравиметра, заносят в графу 7. Они вычисляются по формуле

$$\Delta S_i = S_i - S_{опорн.}$$

Перевод делений счетчика в значение приращения ускорения силы тяжести осуществляют по формуле

$$\delta g_i = \Delta S_i C,$$

где  $C$  — цена оборота счетчика микрометрического винта (графа 8).

Для гравиметров, имеющих нелинейную шкалу счетчика микрометрического винта, цену оборота снимают с графика определения цены оборота счетчика гравиметра по аргументу „среднее из исправленных отсчетов на опорном и определяемом пунктах“  $\frac{S_{опорн.} + S_i}{2}$  (см. гл. VI).

Вычисленное значение приращения силы тяжести  $\delta g$  (в *мГал*) на определяемом пункте записывают в графу 9.

При обработке рейсов, в которых были длительные стоянки, время этих стоянок  $\Delta T_{ст.}^h$  и разность отсчетов  $\Delta S_{ст.}$ , полученных при наблюдениях в начале и в конце рейса, исключают соответственно из общей продолжительности рейса и средних отсчетов по гравиметрам. Поправки в наблюдения вводят на всех последующих пунктах непосредственно в журналах. Обработка рейса со стоянкой приведена в табл. 126 и 129. Ведомость вычисления ускорения силы тяжести по полной схеме приведена в табл. 130.

Ведомость вычисления ускорения силы тяжести по полной схеме  
(рейс со стоянкой)

6 августа 1976 г.

Рейс № 3

Гравиметр ГНК-К2 № 152

Название или номер пункта	T	S', об	$\Delta T$	$\Delta a$ , об	S, об	$\Delta S$ , об	C, мГал/об	$\delta g$ , мГал	$g_{\text{опорн.}}$ , мГал	$g$ , мГал	$g_{\text{ср.}}$ , мГал
Опорн. Пер- мяково № 8	8,25 <sup>h</sup> 19,75	7,671 10,358	об 11,50	—0,017	7,671 10,341	+2,670	—50,111	—133,8	981 359,2	981 225,4	
Опорн. Пер- мяково	29,85	7,705	21,60	—0,034	7,671						

$$a = \frac{+0,034}{21,6} = +0,0015 \text{ об/ч}$$

Ведомость вычисления ускорения силы тяжести по полной схеме  
(рейс начинается на одном и заканчивается на другом опорном пункте)

9 августа 1976 г.

Рейс № 4

Гравиметр ГНК-К2 № 160

Название или номер пункта	T	S', об	$\Delta T$	$\Delta a$ , об	S, об	$\Delta S$ , об	C, мГал/об	$\delta g$ , мГал	$g_{\text{опорн.}}$ , мГал	$g$ , мГал	$g_{\text{ср.}}$ , мГал
Опорн. Сима- кино № 1	10,5 <sup>h</sup> 12,3	4,518 1,218	об 1,8	0 —0,04	4,52 1,18	—3,34	—50,111	+167,4	981 342,5	981 509,9	
№ 3	16,0	4,001	5,5	—0,12	3,88	—0,64	—50,111	+32,7		542,6	
Опорн. Леме- хово	19,5	6,708	9,0	—0,19	4,52						

$$g_{\text{опорн. I}} = 981 \text{ 342,5 мГал}$$

$$g_{\text{опорн. II}} = 981 \text{ 242,1 мГал}$$

$$\delta g_{\text{опорн.}} = -100,4$$

$$\Delta S_{\text{опорн.}} = \frac{-100,4}{-50,111} = 2,00 \text{ об}$$

$$S_{\text{опорн. I}} = 6,708 - 2,00 = 4,708 \text{ об}$$

$$a = \frac{4,708 - 4,518}{9,0} = +0,02108 \text{ ч}$$

Обработку результатов полевых измерений при наблюдениях гравиметрами ГНШ-МТ2 производят в следующем порядке.

Из полевых журналов в ведомость вычисления  $\delta g$  (табл. 131) выписывают:

Таблица 131

**Ведомость вычисления ускорения силы тяжести**

7 августа 1976 г.

Гравиметр ГНШ-МТ2 № 5  $C=62,348$  мГал/об

Название или номер пункта	$T^h$	$S'$ , об	$\Delta S$ , об	$S=S+\Delta S$ , об	$g'_u=SC$ , мГал	$\Delta T^h$	$\Delta a$ , об	$g_u$ , мГал	$\delta g$ , мГал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1	8,67 <sup>h</sup>	8,578	0,026	8,604	536,45	0,00 <sup>h</sup>	0,00	536,45	0,00
№ 2	10,32	11,545	0,042	11,587	722,42	1,95	-0,04	722,38	+185,93
№ 3	11,80	14,384	0,060	14,444	900,58	3,13	-0,07	900,51	+364,06
№ 4	12,75	16,896	0,076	16,972	1058,19	4,08	-0,10	1057,09	+521,54
№ 2	14,43	11,547	0,042	11,589	722,54	5,76	-0,13	722,41	+185,96
№ 1	15,70	8,578	0,028	8,606	536,59	7,03	-0,16	536,43	- 0,02

$$a=0,0234 \text{ мГал/ч}$$

— в графу 1 — название или номер наблюдаемого пункта;

— в графу 2 — время наблюдений  $T^h$ , ч (до сотых долей часа);

— в графу 3 — средние отсчеты по гравиметру  $S'$ .

Затем в графу 4 выписывают поправку за нелинейность шкалы гравиметра, которую берут из таблицы или графика, помещаемых в паспорте прибора. Исправленный этой поправкой отсчет  $S$  записывают в графу 5.

Условные значения силы тяжести заносят в графу 6. Они вычисляются по формуле

$$g'_u = SC,$$

где  $C$  — цена оборота счетчика гравиметра.

В графу 7 записывают величину  $\Delta T^h$ , выражающую в часах и долях часа промежутки времени между моментами наблюдений на начальном и на каждом последующем пункте, т. е.

$$\Delta T^h_i = T^h_i - T^h_{\text{нач.}}$$

Часовое смещение нульпункта гравиметра вычисляют по формуле

$$a = \frac{\Delta(\delta g_u)_{\text{нач.}}}{\Delta T^h_{\text{нач.}}},$$

где  $\Delta(\delta g_u)_{\text{нач.}}$  — разность условных значений силы тяжести на начальном пункте в начале и в конце рейса.

В случае, когда повторные определения в рейсе выполнены и на других пунктах, за окончательное значение часового смещения нуля пункта принимают его средневзвешенное значение, т. е.

$$a_{\text{ср.}} = \frac{\Delta(\delta g_u)_1 + \Delta(\delta g_u)_2 + \dots + \Delta(\delta g_u)_n}{\Delta T^h_1 + \Delta T^h_2 + \dots + \Delta T^h_n},$$

где  $\Delta(\delta g_u)_1, \Delta(\delta g_u)_2, \dots, \Delta(\delta g_u)_n$  — разности условных значений силы тяжести, полученные в результате повторных наблюдений на  $n$  пунктах;

$\Delta T^h_1, \Delta T^h_2, \dots, \Delta T^h_n$  — промежуток времени между повторными наблюдениями на  $n$  пунктах.

Поправку за смещение нуля пункта

$$\Delta a_i = -a_{\text{ср.}} \Delta T^h_i$$

записывают в графу 8. Исправленное поправкой за смещение нуля пункта условное значение силы тяжести  $g_u$  записывают в графу 9.

В графу 10 записывают значения приращений силы тяжести  $\delta g$  (в *мГал*) на определяемых пунктах относительно опорного пункта.

Обработку каждого рейса выполняют в «две руки». В «первую руку» наблюдатель производит вычисление  $\delta g$  непосредственно в журналах в конце рейса по форме, данной в таблице. Во «вторую руку» проверяющий составляет специальную ведомость по этому же образцу. Полевую обработку журнала наблюдений выполняют по прибытии из рейса в тот же день.

Значение ускорения силы тяжести на определяемом пункте вычисляют по формуле

$$g_i = g_{\text{опорн.}} + \delta g_i$$

и записывают в ведомость вычисления ускорения силы тяжести  $g$  (табл. 132). В эту ведомость вписывают:

Таблица 132

Ведомость вычисления ускорения силы тяжести

Названия опорного пункта	Дата рейса	$\delta g$ по гравиметрам			$\delta g_{\text{ср.}}$	$g_{\text{опорн.}}$	$g_{\text{опред.}}$
		№ 152	№ 160	№ 231			
1	2	3	4	5	6	7	8
Пункт <i>Чижи</i>							
Осокино	5.8.1976	+15,5	+15,3	+15,7	+15,5	981 339,25	981 354,8
Опарино	8.8.1976	-15,1	-14,9	-15,6	-15,2	981 370,00	354,8
						Среднее: 981 354,8	
Пункт <i>Кочки</i>							
Осокино	5.8.1976	+23,3	+23,0	+23,6	+23,3	981 339,25	981 362,6
Опарино	8.8.1976	-7,2	-8,6	-8,2	-8,0	981 370,00	362,0
						Среднее: 981 362,3	

— из каталога пунктов государственной гравиметрической сети СССР значения ускорения силы тяжести на опорных пунктах  $g_{\text{опорн.}}$ ;

— из ведомости вычисления  $\delta g$  — значения приращений силы тяжести на определяемых пунктах по всем приборам. Для каждого рейса по трем приборам получают среднее значение приращений силы тяжести  $\delta g_{\text{ср.}}$ .

По каждому рейсу вычисляют значения ускорения силы тяжести  $g$ . Далее вычисляют среднее значение  $g$  на пункте.

Для всех определяемых пунктов, полученных с точностью 0,5 и 1 *мГал*, составляют карточный каталог. Образец карточки гравиметрического пункта дан в табл. 133.

Карточный каталог пересылают установленным порядком в организацию, занимающуюся систематизацией материалов и составлением каталогов.

### **Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 *мГал***

**186.** Определение ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 *мГал* включает те же этапы, что и при выполнении гравиметрических определений с точностью 0,5 и 1,0 *мГал*.

Организация работ аналогична указаниям, изложенным в «Методике определения ускорения силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 *мГал*» (ст. 185).

Ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 *мГал* определяют от пунктов государственной гравиметрической сети СССР или гравиметрических пунктов, определенных с точностью 0,5 *мГал*. Ускорения силы тяжести с точностью 5 *мГал* могут быть получены также от пунктов, определенных с точностью 1 *мГал*.

Пункты, на которых определяются ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 *мГал*, при необходимости закрепляют на местности подручными средствами. Гравиметрические работы с точностью 2 и 5 *мГал* выполняют тремя гравиметрами одним рейсом.

В зависимости от условий работ могут использоваться два вида рейсов: кольцевой, начинающийся и заканчивающийся на одном и том же опорном гравиметрическом пункте, и маршрутный, начинающийся на одном и заканчивающийся на другом опорном гравиметрическом пункте.

Наблюдения в рейсе выполняют по программе:

- наблюдения на опорном гравиметрическом пункте;
- наблюдения на определяемых пунктах;
- наблюдения на опорном гравиметрическом пункте.

## Каталог гравиметрических пунктов

Трапеция 1 : 200 000 \_\_\_\_\_

1 : 100 000 \_\_\_\_\_

Название (номер) пункта \_\_\_\_\_

Организация		Опорный пункт	Ускорение силы тяжести (в «Системе 1971 г.»), <i>мГал</i>	Прямую-гольные координаты (в «Системе 1942 г.»), <i>м</i>	Географические координаты	Высота в Балтийской системе, <i>м</i>	Аномалии, <i>мГал</i>	
		(класс, название)					в свободном воздухе	Буге
		Координаты						
		$\varphi =$ _____			$\varphi =$ _____			
		$\lambda =$ _____			$\lambda =$ _____			
		$g_{\text{опорн.}} =$ _____						
Год работ	№ по каталогу							
Средние квадратические ошибки								

Географические координаты определены по карте масштаба \_\_\_\_\_ изд. 19 \_\_\_\_ г. Высота получена \_\_\_\_\_

Прямоугольные координаты получены \_\_\_\_\_

Пункт совмещен с пунктом триангуляции (полигонометрии) \_\_\_\_\_ каталог \_\_\_\_\_ изд. 19 \_\_\_\_ г. № по каталогу \_\_\_\_\_

Описание местоположения и закрепления пункта на местности, типы применяемых гравиметров \_\_\_\_\_

С

↑

Ю

Чертеж знака \_\_\_\_\_

Исполнитель \_\_\_\_\_

Кроки Карточку составил \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

Принял \_\_\_\_\_

Примечание. *m* — средняя квадратическая ошибка определения *g* на пункте принимается равной 0,5 или 1,0 *мГал* в зависимости от принятой методики наблюдений.

Продолжительность рейса не должна превышать 48 ч. Максимальные расхождения между значениями ускорений силы тяжести, полученными по трем гравиметрам после обработки рейса не должны превышать 5 и 10 *мГал* при точностях определения 2 и 5 *мГал* соответственно.

При несоблюдении допусков выполняют повторные измерения, общее число которых не должно превышать 30% всех измерений в рейсе. В этом случае в повторный рейс включают пункты, требующие перенаблюдений. При большем числе забракованных измерений, а также при несоблюдении допусков на опорном пункте, повторяется весь рейс.

Обработка и оформление материалов выполняется в соответствии с указаниями ст. 185.

---

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНЕНИЙ ОТВЕСНЫХ ЛИНИЙ

**187.** Составляющие уклонения отвесной линии на эллипсоиде Красовского определяются со средними квадратическими ошибками 0,5; 1; 2 и 5". Они могут быть получены астрономо-геодезическим или астрономо-гравиметрическим методами, а также по специальным картам.

Уклонения отвесных линий по специальным картам определяются со средними квадратическими ошибками 1, 2 и 5". Карты уклонений отвесных линий составляются по результатам астрономо-геодезических и гравиметрических измерений, выполняемых одновременно.

### Определение уклонений отвесных линий астрономо-геодезическим методом

**188.** Астрономо-геодезический метод применяется для определения составляющих уклонения отвесной линии с точностью 0,5 и 1" в отдельных пунктах. В этих пунктах определяются значения геодезических и астрономических координат. Геодезические координаты получают путем преобразования плоских прямоугольных координат по методикам, приведенным в ст. 270—271 Руководства, ч. 1.

При определении составляющих уклонения отвесной линии с точностью 0,5" средние квадратические ошибки астрономических координат, вычисленные по внутренней сходимости, не должны превышать 0,03" для долготы и 0,3" — для широты. Прямоугольные координаты определяются с ошибкой не более 5 м. Для получения составляющих уклонения отвесной линии с точностью 1" средние квадратические ошибки астрономических определений не должны превышать 0,06" — для долгот и 1" — для широт. Прямоугольные координаты определяются со средней квадратической ошибкой не более 10 м. Методики определения астрономических координат приведены в гл. III Руководства, ч. 2, а методики определения прямоугольных координат — в гл. VII Руководства, ч. 1.

Составляющие уклонения отвесной линии в меридиане ( $\xi$ ) и в первом вертикале ( $\eta$ ) вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}\xi &= \varphi - B, \\ \eta &= (\lambda - L) \cos \varphi,\end{aligned}$$

где  $\varphi$ ,  $\lambda$  — астрономические координаты;  
 $B$ ,  $L$  — геодезические координаты.



## Определение уклонений отвесных линий астрономо-гравиметрическим методом

**189.** При отсутствии специальных карт уклонения отвесных линий в отдельных точках могут быть получены астрономо-гравиметрическим методом с точностью 1 и 2". Для этого на территории в радиусе 200 км вокруг определяемой точки должно быть определено не менее трех равномерно расположенных по площади астрономо-геодезических пунктов, расстояния между которыми не должны превышать 150 км.

Для вычисления уклонения отвесной линии с точностью 2" необходимо иметь гравиметрическую карту масштаба 1 : 1 000 000 на территорию в радиусе 200 км от астрономо-геодезических пунктов и определяемой точки. Для вычисления уклонений отвесных линий со средней квадратической ошибкой 1" дополнительно необходима гравиметрическая карта масштаба 1 : 200 000 на территорию в радиусе до 52 км вокруг астрономо-геодезических пунктов и определяемой точки. Учет влияния рельефа при вычислении уклонений отвесных линий с точностью 1 и 2" выполняется по топографическим картам масштабов 1 : 200 000 и 1 : 1 000 000.

Чтобы определить составляющие  $\xi$  и  $\eta$  уклонения отвесной линии на эллипсоиде Красовского в нужной точке, достаточно вычислить составляющие  $\xi_{гр.}$ ,  $\eta_{гр.}$  гравиметрического уклонения отвесной линии с учетом влияния аномалий ограниченной области (200 км) и прибавить к ним полученные путем интерполирования поправки  $\Delta\xi$  и  $\Delta\eta$ , представляющие собой влияние неучтенного поля аномалий силы тяжести и различия систем (референц-эллипсоида и отсчетного эллипсоида).

### Вычисление гравиметрического уклонения отвесной линии

**190.** Вычисление гравиметрического уклонения отвесной линии по аномалиям силы тяжести в заданном районе производится методом численного интегрирования с использованием круговых палеток. Палетки изготовляют на прозрачной основе, на которую наносят кольцевые зоны, разбитые радиусами, проведенными через равные промежутки, на криволинейные трапеции.

Для вычисления уклонения отвесной линии пользуются методом косвенной интерполяции аномалий в свободном воздухе через аномалии Буге. Влияние рельефа учитывают отдельно по топографическим картам.

Гравиметрическое уклонение отвесной линии в этом случае вычисляют по формулам:

$$\xi_{гр.} = \xi_B + \xi_T;$$

$$\eta_{гр.} = \eta_B + \eta_T,$$

где  $\xi_B$ ,  $\eta_B$  — составляющие уклонения отвесной линии, полученные по гравиметрическим картам в редукции Буге;  
 $\xi_T$ ,  $\eta_T$  — топографические поправки в значения составляющих уклонения отвесной линии за отличие редукций Буге от редукций в свободном воздухе.

Учет влияния аномального гравитационного поля на определяемом пункте выполняют в радиусе 200 км численным интегрированием с последовательным использованием палеток № 1, 2 и 3. Радиусы кольцевых зон приведены в табл. 134.

Таблица 134

Внутренние и внешние радиусы кольцевых зон, км

Номер кольцевой зоны	Палетки		
	1	2	3
I	0,51	11,4	52,3
II	1,94	16,7	66,0
III	5,15	24,5	82,0
IV	11,40	35,8	103,0
V		52,3	128,0
VI			160,0
			199,0

Палетки изготавливаются применительно к каждому масштабу используемых карт. Образцы палеток приведены на рис. 38.

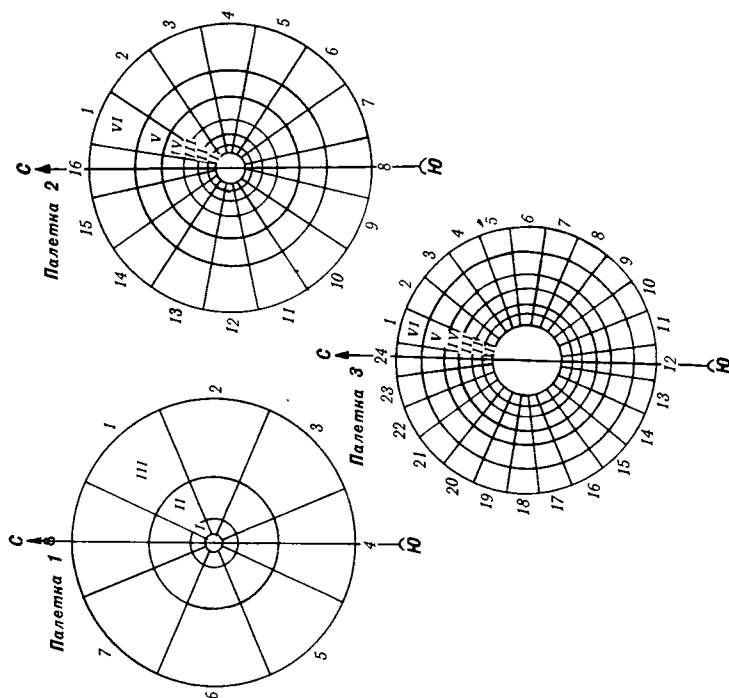


Рис. 38. Образцы палеток 1, 2, 3 (уменьшено) для вычисления гравиметрических составляющих уклонения отвесных линий при радиусе интегрирования до 200 км

Для получения уклонения отвесной линии с точностью 1" аномалии силы тяжести в зоне до 52 км снимают по гравиметрическим картам масштаба 1 : 200 000, в остальных зонах — по гравиметрическим картам масштаба 1 : 1 000 000. Для получения уклонения отвесной линии с точностью 2" аномалии силы тяжести во всех зонах снимают по гравиметрическим картам масштаба 1 : 1 000 000. При снятии высот по палеткам № 1 и 2 (зоны I и II) используют топографические карты масштаба 1 : 200 000, в зонах III, IV палетки № 2 и всех зонах палетки № 3 — масштаба 1 : 1 000 000.

Гравиметрическое уклонение отвесной линии получают в такой последовательности. Берут нужную палетку и накладывают ее на гравиметрическую карту так, чтобы центр палетки совместился с пунктом, для которого определяют гравиметрическое уклонение отвесной линии, а линия «север—юг» палетки совпала с меридианом этого пункта.

Далее оценивают на глаз среднюю аномалию  $\Delta g_B$  в каждой криволинейной трапеции палетки.

Среднее значение аномалий определяют по карте визуально. В тех случаях, когда изоаномалы имеют сложную конфигурацию и размеры трапеции велики, целесообразно участок разбивать на четыре или более частей и оценку аномалий производить сначала для каждой части, а затем суммировать и брать среднее для всей криволинейной трапеции.

Среднее значение аномалии, полученное для каждой криволинейной трапеции, записывают в вычислительную ведомость в клетку, образованную пересечением строки с номером кольцевой зоны и столбца с номером сектора палетки. Образцы вычислительных ведомостей для всех палеток приведены в табл. 135, 136, 137.

В вычислительных ведомостях средние аномалии для симметрично расположенных секторов палетки записывают рядом, так как средние аномалии для этих секторов должны быть умножены на один и тот же коэффициент, зависящий от знака синуса или косинуса азимута среднего радиуса сектора.

После снятия аномалий по палеткам приступают к вычислениям. В ведомости палетки № 1 (табл. 135) в первой группе граф (1, 3, 5, 7) суммируют аномалии каждой строки сначала с учетом знаков для  $\xi$ , затем с учетом знаков для  $\eta$ . Результаты записывают в графах  $\Sigma \xi$  и  $\Sigma \eta$  соответственно. Например, для строки 1:

$$\Sigma \xi = -(-24) + (-22) + (-22) - (-24) = +4;$$

$$\Sigma \eta = -(-24) - (-22) + (-22) + (-24) = 0.$$

Во второй группе граф (8, 4, 2, 6) суммируют аномалии попарно:

$$\Sigma \xi = -(-26) + (-22) = +4;$$

$$\Sigma \eta = -(-23) + (-23) = 0.$$

## Ведомость палетки № 1

Масштаб карт anomalies Буге

1 : 200 000

B=44°42'

L=42°32'

## Пункт № 1

Секторы Кольца	1	3	5	7	Σξ	Коэфф.	Ση	8	4	2	6	Σξ	Коэфф.	Ση	ΣΣ
	—	+	+	—				—	+						
ξ	—	+	+	—				—	+						
η	—	—	+	+						—	+				
I	—24	—22	—22	—24	+ 4	0,0242	0	—26	—22	—23	—23	+ 4	0,0343	0	—186
II	—27	—24	—19	—24	+ 8	0,0176	+ 8	—26	—21	—27	—22	+ 5	0,0250	+ 5	—190
III	—28	—27	—12	—27	+ 16	0,0144	+ 16	—28	—18	—28	—20	+ 10	0,0204	+ 8	—188
Σ	—79	—73	—53	—75	+ 28		+ 24	—80	—61	—78	—65	+ 19		+ 13	—564

$$\xi_{B_1} = + 0,93''; \eta_{B_1} = + 0,66''$$

$$B=11^{\circ}12'$$
 $L = 420.32'$ 

Название пункта \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

[illegible]

Аномаліні снімал \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_  
Соколов \_\_\_\_\_ 28.6.78 \_\_\_\_\_

**28.6.78**

Вычислял Чижов Дата 30.6.78

**30.6.78**

Масштаб карты аномалий Буге **Ведомость палетки № 3**  $B=41^{\circ}42'$   $L=42^{\circ}32'$   
 I : 1 000 000 Название пункта №

$K \setminus I$	1	11	13	23	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$	2	10	14	22	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$	3	9	15	21	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$	4	8	16	20	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$
$\xi$	—	—	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—
$\eta$	—	+	—	+	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
I	—30	—22	—15	—32			—30	—25	—3	—31			—30	—27	—3	—31			—28	—29	—3	—30		
II	+7	—32	—17	+2			—5	—47	—5	—10			—43	—55	—8	—25			—60	—50	—7	—34		
III	+10	—18	—18	—1			+3	—25	—10	—24			—36	—52	—15	—33			—54	—54	—17	—35		
IV	+8	—17	—14	—14			—5	—16	—9	—31			—20	—40	—15	—34			—45	—50	—14	—34		
V	—2	—10	—15	—20			—25	+2	—9	—30			—10	—15	—13	—27			—45	—35	—5	—13		
VI	—23	0	—19	—15	0.0019	0.0005	—32	+4	—12	+1	0.0017	0.0010	—8	+5	—3	—1	0.0014	0.0014	—35	—7	—8	+1	0.0010	0.0017
$\Sigma$	—30	—99	—98	—80	—87	—49	—94	—107	—48	—125	+64	+28	—147	—184	—57	—151	+57	+123	—287	—225	—64	—146	+124	+282
																								+406

$K \setminus I$	5	7	17	19	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$	24	12	6	18	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$	$\Sigma \xi$	$\Sigma \eta$
$\xi$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\eta$	—	—	+	—	—	—	—	+	—	+	—	—	—	—
I	—30	—28	—10	—25			—31	—18	—29	—20			—560	
II	—55	—43	—24	—33			+2	—20	—25	—33			—630	
III	—46	—44	—26	—29			+7	—24	—25	—31			—598	
IV	—40	—40	—10	—25			+2	—25	—15	—35			—528	
V	—30	—27	—16	—12			+10	—26	—15	—24			—432	
VI	—25	—30	—17	—5	0.0005	0.0019	—22	—21	—12	—15	0.0020	0.0020	—299	
$\Sigma$	—226	—212	—103	—129	+40	+206	—52	—134	—121	—148	—82	—27	—3047	—3047

$\Sigma B(3)$	$\Sigma B(3)$	$N \cdot M$
$0^{\circ}.00$	$+0^{\circ}.99$	

Аномалии снимал Козлов дата 31.4.78  
 Вычислял Соколов дата 31.4.78

Затем каждое значение  $\Sigma\xi$  умножают на стоящий рядом с ним коэффициент и произведения суммируют. В результате получают:

$$\xi_{B_1} = +4 \cdot 0,0242 + 8 \cdot 0,0176 + 16 \cdot 0,0144 + 4 \cdot 0,0343 + \\ + 5 \cdot 0,0250 + 10 \cdot 0,0204 = +0,93''.$$

Аналогично получают  $\eta_{B_1} = +0,66''$ .

В ведомостях палеток № 2 и 3 (табл. 136, 137) сначала суммируют аномалии по графам и суммы записывают под ними. Пример в табл. 136 для палетки № 2 по первой графе

$$\Sigma = +21 + 21 + 21 + 23 = +86.$$

Затем для каждой группы граф, за исключением последней, получают двойные суммы сначала с учетом знаков для  $\xi$ , затем — для  $\eta$  и записывают их внизу соответствующих граф. Для первой группы палетки № 2:

$$\Sigma\Sigma\xi = - (+86) + (+80) + (+87) - (+75) = +6;$$

$$\Sigma\Sigma\eta = - (+86) - (+80) + (+87) + (+75) = -4.$$

В последней группе граф двойные суммы получают из двух слагаемых для  $\xi$  и двух — для  $\eta$ . Для палетки № 2:

$$\Sigma\Sigma\xi = - (+84) + (+80) = -4;$$

$$\Sigma\Sigma\eta = - (+75) + (+89) = +14.$$

Затем каждую двойную сумму  $\Sigma\Sigma\xi$  умножают на стоящий над ней коэффициент и произведения суммируют. Получают слагаемое  $\xi_{B_2}$  по палетке № 2. Например, в табл. 136 имеем:

$$\xi_{B_2} = +6 \cdot 0,0046 + 20 \cdot 0,0035 + 27 \cdot 0,0017 + (-4) \cdot 0,0050 = +0,13''.$$

Аналогично получают значение  $\eta_{B_2}$ .

Значения составляющих  $\xi_B$  и  $\eta_B$  получают суммированием их слагаемых из всех трех ведомостей. Например:

$$\xi_B = +0,93'' + 0,13'' + 0,00 = +1,06'';$$

$$\eta_B = +0,66'' + 0,07'' + 0,99'' = +1,72''.$$

Вычислительные ведомости составляют для каждого пункта. Все вычисления выполняют в «две руки». Правильность определения средних аномалий контролируют подсчетом сумм в каждой из вычислительных ведомостей по графам и строкам. Суммы, полученные в «первую» и во «вторую руку», сравнивают между собой. Допустимые расхождения между результатами вычислений «первой и второй руки» приведены в табл. 138.

**Допустимые расхождения между результатами  
вычисления сумм аномалий „первой  
и второй руки“**

Для палеток	По графе	В строке
№ 1	3 мГал	5 мГал
№ 2	5	8
№ 3	12	20

Для тех граф или строк, в которых суммарные значения превосходят указанные допуски, для каждой криволинейной трапеции по кольцу или сектору вновь определяют средние значения аномалий.

Кроме того, в каждой вычислительной ведомости в последней графе нижней строки образуют сумму по всем графам и сравнивают ее с общей суммой, полученной по всем строкам. Эти величины должны быть равны. В примере, применительно к табл. 135, получим  $\Sigma\Sigma = -564$ .

Расхождения между значениями  $\xi_B$  и  $\eta_B$ , вычисленными в „две руки“, допускаются не более 0,3".

**191.** Топографические поправки  $\xi_T$  и  $\eta_T$  определяют методом численного интегрирования по топографическим картам. При вычислении топографических поправок  $\xi_T$  и  $\eta_T$  используют те же палетки № 1, 2 и 3 и такие же вычислительные ведомости.

Эту работу выполняют в такой последовательности:

— Берут нужную палетку, накладывают ее на топографическую карту и ориентируют, как это было описано выше;

— Оценивают на глаз среднюю высоту в каждой криволинейной трапеции палетки; полученную высоту записывают в соответствующую графу вычислительной ведомости. Высоты записывают в ведомости с округлением до 10 м;

— Вычисляют значения поправок  $\xi_T$  и  $\eta_T$  так же, как это делается при вычислении величин  $\xi_B$  и  $\eta_B$ . В ведомостях с высотами окончательные результаты в зависимости от плотности, принятой в использованной для снятия аномалий карте аномалий Буге, множатся на коэффициент Буге, равный 0,0964 для  $\sigma = 2,3 \text{ г/см}^3$  и 0,1119 для  $\sigma = 2,67 \text{ г/см}^3$ ;

— Значения поправок  $\xi_T$  и  $\eta_T$  вычисляют в „две руки“. Допустимые расхождения между результатами определений в „первую и вторую руку“ приведены в табл. 139.



Таблица 139

**Допустимые расхождения при определении  
высот в «две руки»**

Для палеток	По графе, м	В строках, м
№ 1	30	50
№ 2	50	80
№ 3	110	150

**192.** Для вычисления  $\xi_{гр.}$  и  $\eta_{гр.}$  составляют сводную ведомость гравиметрических уклонений отвесных линий, полученных по различным палеткам для данного пункта (табл. 140).

Таблица 140

**Сводная ведомость вычисления на пунктах окончательных значений  
гравиметрических уклонений отвесных линий ( $\xi''$  и  $\eta''$ )**

№ п/п	Название пункта	Составляющая $\xi$				Составляющая $\eta$			
		$\xi''_1$	$\xi''_2$	$\xi''_3$	$\xi''_{гр.}$	$\eta''_1$	$\eta''_2$	$\eta''_3$	$\eta''_{гр.}$
Астрономо-геодезические пункты									
1	Чалым	- 4,16	-0,20	+0,04	- 4,32	+0,56	+0,20	-0,14	+0,62
2	Туркай	- 3,20	-0,42	-0,16	- 3,78	+0,20	-0,05	-0,18	-0,03
3	Новый	- 2,95	-0,62	-0,10	- 3,67	+0,67	+0,09	+2,01	+2,80
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Определяемые пункты									
9	Красный	- 3,44	-2,23	+0,40	- 5,27	-2,84	+1,12	+0,43	-1,29
10	№ 13	+ 0,93	—	0,00	+ 0,93	+0,66	—	+0,99	+1,65
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		-12,82	-3,47	+0,18	-16,11	-0,75	+1,36	+3,14	+3,75
					-16,11				+3,75

При составлении сводной ведомости принимают:

$$\xi_1 = \xi_{B_1} + \xi_{T_1};$$

$$\xi_2 = \xi_{B_2} + \xi_{T_2};$$

$$\xi_3 = \xi_{B_3} + \xi_{T_3}.$$

Аналогично получают величины  $\eta_1$ ,  $\eta_2$ ,  $\eta_3$ .

**193.** Остаточные уклонения отвесных линий на определяемых пунктах получают методом интерполирования по их значениям на расположенных вблизи и в самом районе работ опорных астрономо-

геодезических пунктах. Остаточные значения составляющих уклонения отвесной линии на астрономо-геодезических пунктах получают по формулам:

$$\Delta \xi = \xi - \xi_{гр.},$$

$$\Delta \eta = \eta - \eta_{гр.}.$$

Остаточные значения составляющих уклонения отвесной линии для определяемых пунктов находят линейным интерполированием по площади. Для этого определяют интерполяционные коэффициенты из решения уравнений вида:

$$z_{\xi} + x_{\xi} a_i + y_{\xi} b_i = \Delta \xi;$$

$$z_{\eta} + x_{\eta} a_i + y_{\eta} b_i = \Delta \eta,$$

где  $x, y, z$  — интерполяционные коэффициенты, устанавливающие зависимость между значениями остаточных уклонений отвесных линий и координатами.

Кроме того, в этих уравнениях

$$a_i = \varphi_i^{\circ} - \varphi_{ср.}^{\circ},$$

$$b_i = \lambda_i^{\circ} - \lambda_{ср.}^{\circ},$$

где  $\varphi_i^{\circ}, \lambda_i^{\circ}$  — координаты астрономо-геодезических пунктов, взятые до  $0,1^{\circ}$ ;

$\varphi_{ср.}^{\circ}, \lambda_{ср.}^{\circ}$  — средние арифметические значения широт и долгот всех астрономо-геодезических пунктов.

Для определения интерполяционных коэффициентов  $x, y, z$  на участке необходимо иметь не менее трех астрономо-геодезических пунктов. В тех случаях, когда число пунктов более трех, интерполяционные коэффициенты находят с использованием метода наименьших квадратов.

Приведенной выше системе уравнений поправок соответствуют нормальные уравнения вида:

$$N z_{\xi} + \quad \quad \quad + [-\Delta \xi] = 0,$$

$$[aa] x_{\xi} + [ab] y_{\xi} + [-a \Delta \xi] = 0,$$

$$[ab] x_{\xi} + [bb] y_{\xi} + [-b \Delta \xi] = 0,$$

$$N z_{\eta} + \quad \quad \quad + [-\Delta \eta] = 0,$$

$$[aa] x_{\eta} + [ab] y_{\eta} + [-a \Delta \eta] = 0,$$

$$[ab] x_{\eta} + [bb] y_{\eta} + [-b \Delta \eta] = 0.$$

Отсюда

$$z_{\xi} = \frac{[\Delta \xi]}{N},$$

$$z_{\eta} = \frac{[\Delta \eta]}{N}.$$

Неизвестные  $x_\xi$ ,  $y_\xi$  и  $x_{\eta_i}$ ,  $y_{\eta_i}$  находят из решения соответствующей группы уравнений:

$$[aa]x_\xi + [ab]y_\xi + [al_\xi] = 0,$$

$$[ab]x_\xi + [bb]y_\xi + [bl_\xi] = 0$$

и

$$[aa]x_{\eta_i} + [ab]y_{\eta_i} + [al_{\eta_i}] = 0,$$

$$[ab]x_{\eta_i} + [bb]y_{\eta_i} + [bl_{\eta_i}] = 0,$$

где  $l_{\xi_i} = z_\xi - \Delta\xi_i$ ,

$$l_{\eta_i} = z_{\eta_i} - \Delta\eta_i.$$

Вычисление интерполированных остаточных уклонений отвесной линии для определяемых пунктов производят по формулам:

$$\Delta\xi_i = z_\xi + a_i x_\xi + b_i y_\xi,$$

$$\Delta\eta_i = z_{\eta_i} + a_i x_{\eta_i} + b_i y_{\eta_i}.$$

Для выполнения значений  $a_i$  и  $b_i$  в качестве  $\varphi_i$  и  $\lambda_i$  принимаются координаты определяемых пунктов.

Пример вычисления поправок  $\Delta\xi_i$  и  $\Delta\eta_i$  на определяемых пунктах дан в табл. 141.

В табл. 142 и 143 приведен пример определения коэффициентов  $z_\xi$ ,  $z_{\eta_i}$ ,  $x_\xi$ ,  $x_{\eta_i}$ ,  $y_\xi$ ,  $y_{\eta_i}$ . Полученные из решения уравнений коэффициенты подставляют в уравнения поправок  $\Delta\xi_i$  и  $\Delta\eta_i$ , определяют интерполированные остаточные уклонения отвесной линии для астрономо-геодезических пунктов ( $\delta_\xi$  и  $\delta_{\eta_i}$ ) и оценивают точность определения интерполированных остаточных уклонений отвесной линии по формулам:

$$M\delta_\xi = \sqrt{\frac{\sum (v_{\xi_i})^2}{n-3}};$$

$$M\delta_{\eta_i} = \sqrt{\frac{\sum (v_{\eta_i})^2}{n-3}},$$

где  $v_{\xi_i} = \Delta\xi_i - \delta\xi_i$ ,

$$v_{\eta_i} = \Delta\eta_i - \delta\eta_i.$$

Ведомость вычисления интерполированных уклонений  
отвесной линии на определяемых пунктах

№ п/п	Название пункта	Координаты		$a_l$	$b_l$	$a_l x_\xi$	$b_l y_\xi$	$a_l x_\eta$	$b_l y_\eta$	$\Delta \xi_l$	$\xi_{гр.}$	$\xi_l$	$\eta_{гр.}$	$\Delta \eta_l$	$\eta_l$	При- меча- ние
		$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$													
1	Красный	46,3°	75,4°	-0,6	-0,7	-0,41	-0,02	-0,13	+0,15	+1,55	-5,27	-3,72"	-1,29	-1,06	-2,35"	

$$z_\xi = +1,98;$$

$$z_\eta = -1,08.$$

# Вычисление коэффициентов

№ п/п	$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$a_l$	$b_l$	$i_{\varepsilon_l}$	$i_{\eta_l}$	$s$	$a_l x$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	48,2°	77,3°	+1,3	+1,2	-0,60	-0,01	+1,89	+0,89
2	48,2	75,3	+1,3	-0,8	-1,08	+0,36	-0,22	+0,89
3	47,7	76,1	+0,8	0,0	+0,34	-0,71	+0,43	+0,55
4	47,1	77,3	+0,2	+1,2	-1,17	-0,64	-0,41	+0,14
5	47,0	75,0	+0,1	-1,1	-0,44	-0,37	-1,81	+0,07
6	46,0	76,9	-0,9	+0,8	+0,86	+1,69	+2,45	-0,62
7	45,7	75,8	-1,2	-0,3	+1,28	+0,05	-0,17	-0,82
8	45,6	75,0	-1,3	-1,1	+0,80	-0,33	-1,93	-0,89
Контроль $\Sigma$	375,5	608,7	+0,3	-0,1	-0,01	+0,04	+0,23	+0,21
Среднее:	46,9°	76,1°	+8,010	+1,720	-5,540	-1,430	+2,760	+2,760
$\varphi_{\text{ср.}}^\circ, \lambda_{\text{ср.}}^\circ$			-1,0000	-0,2147	+0,6916	+0,1785	-0,3446	-0,3446
				+6,670	-1,352	+1,039	+8,077	
				-0,369	+1,189	+0,307	0,593	
				+6,301	-0,163	+1,346	+7,484	+7,484
				$y_\xi$	$y_{\eta}$			
			-1,0000	+0,0259	-0,2136	-1,1877	-1,1877	-1,1877
				$x_\xi$	$x_{\eta}$			
				+0,6860	+0,2244			

ТОВ  $z_{\xi}$ ,  $z_{\eta}$ ,  $x_{\xi}$ ,  $y_{\xi}$ ,  $x_{\eta}$ ,  $y_{\eta}$ 

$b_l y_{\xi}$	$a_l x_{\eta}$	$b_l y_{\eta}$	$\Delta \xi_l$	$\delta \xi_l$	$v_{\xi_l}$	$\Delta \eta_l$	$\delta \eta_l$	$v_{\eta_l}$
10	11	12	13	14	15	16	17	18
+0,03	+0,29	-0,26	+ 2,58	+ 2,90	-0,32	-1,07	-1,05	-0,02
-0,02	+0,29	+0,17	+ 3,06	+ 2,85	+0,21	-1,44	-0,62	-0,82
0,00	+0,18	0,00	+ 1,61	+ 2,53	-0,89	-0,37	-0,90	+0,53
+0,03	+0,04	-0,26	+ 3,15	+ 2,15	+1,00	-0,44	-1,30	+0,86
-0,03	+0,02	+0,23	+ 2,42	+ 2,02	+0,40	-0,71	-0,83	+0,12
+0,02	-0,20	-0,17	+ 1,12	+ 1,38	-0,26	-2,77	-1,45	-1,32
-0,01	-0,27	+0,06	+ 0,70	+ 1,15	-0,45	-1,13	-1,29	+0,16
-0,03	-0,29	+0,23	+ 1,18	+ 1,06	+0,12	-0,75	-1,14	+0,39
-0,01	+0,06	0,00	+15,85	+16,04 $M \delta_{\xi} =$	-0,19 $\pm 0,69$	-8,68	-8,58 $M \delta_{\eta} =$	-0,10 $\pm 0,85$

$$z_{\xi} = +1,98;$$

$$z_{\eta} = 1,08.$$

Таблица 143

Вычисление остаточных уклонений отвесной линии на опорных астрономо-геодезических пунктах

Название пункта	Координаты пункта		Составляющая $\xi$			$(\lambda - L)$	$\cos \varphi$	Составляющая $\eta$		
	$B$	$\lambda$ $L$	$\xi$	$\xi_{гр.}$	$\Delta \xi$			$\eta$	$\eta_{гр.}$	$\Delta \eta$
1	48° 12' 09,02" 10,76	77° 01' 15,66" 17,33	-1,74"	- 4,32"	+ 2,58"	- 0,67"	0,6665	-0,45"	+0,62"	-1,07"
2	48 09 31,22 31,94	75 20 11,54 13,75	-0,72	- 3,78	+ 3,06	- 2,21	0,6671	-1,47	-0,03	-1,44
3	47 40 33,78 35,81	76 07 20,83 17,22	-2,03	- 3,67	+ 1,64	+ 3,61	0,6733	+2,43	+2,80	-0,37
4	47 05 10,20 12,98	77 20 48,90 52,82	-2,78	- 5,93	+ 3,15	- 3,92	0,6809	-2,67	-2,23	-0,14
5	47 01 16,57 13,25	75 00 11,10 19,15	+3,32	+ 0,90	+ 2,42	- 8,05	0,6817	-3,49	-4,78	-0,71
6	46 00 08,44 08,78	76 55 47,72 49,34	-0,34	- 1,46	+ 1,12	- 1,62	0,6946	-1,13	+1,64	-2,77
7	45 40 32,48 33,94	75 50 10,63 9,79	-1,46	- 2,16	+ 0,70	+ 0,84	0,6987	+0,59	+1,72	- 1,13
8	45 34 34,02 38,02	75 01 48,40 50,70	-4,00	- 5,18	+ 1,18	- 2,30	0,7000	-1,61	-0,86	-0,75
Контроль $\Sigma$	-9,75	-14,32	-9,75	-25,60	+15,85	-14,32	5,4628	-9,80 -9,78	-1,12	-8,68
Среднее:					+ 1,98		0,6828			-1,08

Полное интерполированное уклонение отвесной линии на определяемом пункте вычисляют по формулам:

$$\xi_i = \xi_{гр.} + \Delta\xi_i,$$

$$\eta_i = \eta_{гр.} + \Delta\eta_i.$$

Вычисления величин  $\Delta\xi_i$ ,  $\Delta\eta_i$  и  $\xi_i$ ,  $\eta_i$  выполняют в ведомости, образец которой дан в табл. 141.

---



ЭФЕМЕРИДЫ ЗВЕЗД В ЭЛОНГАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНЫ  
ОБОРОТА БАРАБАНА ОКУЛЯРНОГО МИКРОМЕТРА

φ	<i>a</i>	<i>z</i>	<i>S<sub>W</sub></i>	<i>S<sub>E</sub></i>	<i>a</i>	<i>z</i>	<i>S<sub>W</sub></i>	<i>S<sub>E</sub></i>
<b>N 3. 43 H Cephei (4,5)</b>					<b>N 4. α Ursae Minoris (2,1)</b>			
30°	4°30'	59°55'	6 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	1°00'	60°00'	8 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>
32	4 36	57 55	54	14	1 01	58 00	01	05
34	4 42	55 55	54	15	1 03	56 00	00	05
36	4 49	53 54	53	16	1 04	54 00	00	05
38	4 57	51 54	52	16	1 06	52 00	00	05
40	5 06	49 53	51	17	1 08	50 00	00	06
42	5 15	47 53	50	18	1 10	48 00	00	06
44	5 26	45 52	49	19	1 12	46 00	00	06
46	5 37	43 52	48	20	1 15	44 00	7 59	06
48	5 50	41 51	47	22	1 18	42 00	59	07
50	6 04	39 50	46	23	1 21	40 00	59	07
52	6 20	37 50	44	24	1 24	38 00	58	07
54	6 39	35 49	43	26	1 28	36 00	58	08
56	7 00	33 48	41	27	1 33	34 00	58	08
58	7 24	31 47	39	29	1 38	32 00	57	08
60	7 49	29 46	37	31	1 44	30 00	57	09
62	8 20	27 45	35	34	1 51	28 00	56	09
64	8 56	25 44	32	36	1 59	26 00	56	10
66	9 38	23 42	29	40	2 08	24 00	55	11
68	10 28	21 40	26	43	2 19	22 00	54	11
70	11 28	19 38	21	47	2 32	20 00	53	12
<b>51. 50 Cassiopeiae (4,1)</b>					<b>93. γ Camelopard (4,7)</b>			
30°	20°34'	58°20'	7 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	21°47'	58°08'	9 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>
32	21 02	56 12	15	47	22 16	55 58	8 58	36
34	21 32	54 03	11	51	22 49	53 48	54	40
36	22 06	51 54	07	54	23 25	51 38	50	44
38	22 43	49 44	03	59	24 03	49 27	46	49
40	23 24	47 34	6 59	21 03	24 47	47 15	41	53
42	24 10	45 22	54	08	25 38	45 02	36	58
44	25 01	43 10	49	13	26 34	42 49	31	23 04
46	25 59	40 58	44	18	27 36	40 34	25	10
48	27 03	38 44	38	24	28 43	38 18	19	16
50	28 15	36 28	31	30	30 00	36 00	12	23
52	29 37	34 11	24	37	31 28	33 41	04	30
54	31 11	31 52	16	45	33 09	31 19	7 56	39
56	32 58	29 30	08	54	35 05	28 54	46	48
58	35 03	27 05	5 58	22 04	37 20	26 25	36	59
60	37 29	24 37	46	15	40 00	23 51	23	0 11
62	40 24	22 03	34	28	43 13	21 11	08	26
64	43 58	19 21	17	44	47 10	18 21	6 51	44
66	48 26	16 28	4 57	23 04	52 13	15 16	28	1 06
68	54 19	13 15	32	30	59 06	11 43	5 59	36
70	62 50	9 26	3 55	0 06	70 01	7 06	12	2 23

$\varphi$	$a$	$z$	$s_W$	$s_E$	$a$	$z$	$s_W$	$s_E$
	<b><i>N 11. Grb 766 (5,4)</i></b>				<b><i>N 20. 25 H Camelopard (5,1)</i></b>			
30°	7°14'	59°48'	10 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	8°42'	59°43'	13 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>	1 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>
32	7 24	57 47	05	37	8 54	57 41	06	44
34	7 34	55 46	04	38	9 07	55 40	04	45
36	7 45	53 45	03	39	9 20	53 41	03	47
38	7 57	51 44	01	41	9 34	51 36	01	49
40	8 12	49 42	00	42	9 51	49 35	12 59	50
42	8 27	47 41	9 58	44	10 10	47 33	58	52
44	8 44	45 40	57	46	10 30	45 31	56	54
46	9 02	43 39	55	47	10 53	43 29	53	56
48	9 23	41 37	53	49	11 18	41 27	51	59
50	9 46	39 35	51	51	11 46	39 24	49	2 01
52	10 13	37 33	49	53	12 18	37 22	46	04
54	10 42	35 31	46	56	12 53	35 18	43	07
56	11 15	33 29	44	59	13 33	33 15	40	10
58	11 53	31 27	41	23 02	14 19	31 12	36	14
60	12 34	29 24	37	05	15 12	29 08	32	18
62	13 25	27 21	33	09	16 13	27 03	29	22
64	14 25	25 17	29	13	17 24	24 58	22	28
66	15 34	23 13	24	18	18 48	22 52	16	34
68	16 56	21 08	18	24	20 29	20 44	08	41
70	18 37	19 02	11	31	22 32	18 35	00	50
	<b><i>N 24. 1 H Draconis (4,6)</i></b>				<b><i>N 26. 30 H Camelopard (5,3)</i></b>			
30°	9°52'	59°38'	15 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	3 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	8°25'	59°43'	16 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>
32	10 05	57 36	12	54	8 36	57 42	09	46
34	10 19	55 34	10	56	8 48	55 41	08	47
36	10 34	53 32	08	58	9 01	53 40	06	49
38	10 51	51 30	06	4 00	9 14	51 38	05	50
40	11 10	49 28	04	02	9 30	49 36	03	52
42	11 31	47 25	02	04	9 49	47 35	01	54
44	11 54	45 23	00	06	10 09	45 33	15 59	56
46	12 20	43 20	14 57	09	10 31	43 31	57	58
48	12 49	41 17	55	11	10 55	41 29	55	5 00
50	13 21	39 14	52	14	11 22	39 26	53	02
52	13 57	37 10	49	17	11 53	37 24	50	05
54	14 37	35 06	45	21	12 27	35 21	47	08
56	15 23	33 02	42	24	13 06	33 18	44	11
58	16 16	30 58	37	29	13 50	31 15	40	15
60	17 16	28 52	33	33	14 41	29 11	36	19
62	18 26	26 46	27	39	15 40	27 07	32	23
64	19 47	24 39	21	45	16 49	25 02	27	28
66	21 24	22 31	14	52	18 09	22 56	21	34
68	23 20	20 21	06	5 00	19 47	20 49	14	41
70	25 43	18 09	13 56	10	21 45	18 41	05	50

$\varphi$	$\alpha$	$z$	$S_W$	$S_E$	$\alpha$	$z$	$S_W$	$S_E$
	<b>300. Br. 1634 Camelopard (5,1)</b>				<b>341. 4 Ursae Minoris (5,0)</b>			
30°	14°08'	59°14'	17 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	6 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	14°16'	59°13'	19 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	8 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>
32	14 27	57 10	40	42	14 34	57 09	38	40
34	14 47	55 06	37	44	14 55	55 05	35	43
36	15 10	53 02	35	47	15 17	53 00	32	46
38	15 35	50 57	32	50	15 40	50 56	30	48
40	16 02	48 53	29	53	16 10	48 51	27	51
42	16 33	46 48	26	56	16 41	46 46	24	54
44	17 07	44 42	22	59	17 15	44 41	20	58
46	17 44	42 36	19	7 03	17 53	42 35	17	9 01
48	18 26	40 30	15	06	18 36	40 29	13	05
50	19 13	38 23	11	11	19 23	38 22	09	09
52	20 06	36 16	06	15	20 16	36 14	04	14
54	21 06	34 08	02	20	21 17	34 06	18 59	19
56	22 14	31 59	16 56	26	22 25	31 57	53	24
58	23 32	29 48	50	32	23 43	29 46	47	31
60	25 02	27 36	43	39	25 15	27 34	40	38
62	26 47	25 23	35	47	27 02	25 21	32	46
64	28 52	23 08	25	56	29 07	23 05	22	55
66	31 21	20 50	14	8 07	31 38	20 46	11	10 06
68	34 23	18 26	01	20	34 43	20 22	17 58	20
70	38 13	15 57	15 45	37	38 35	15 53	41	36
	<b>381. <math>\xi</math> Ursae Minoris (4,3)</b>				<b>N 33. <math>\epsilon</math> Ursae Minoris (4,4)</b>			
30°	14°02'	59°15'	21 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	9°09'	59°41'	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>
32	14 20	57 11	14	16	9 21	57 39	29	09
34	14 40	55 07	12	18	9 34	55 38	28	10
36	15 02	53 03	09	21	9 48	53 36	26	12
38	15 27	50 58	06	24	10 03	51 34	24	14
40	15 54	48 54	04	27	10 21	49 32	22	16
42	16 24	46 49	00	30	10 41	47 30	20	18
44	16 58	44 44	20 57	33	11 02	45 28	18	20
46	17 35	42 38	54	36	11 26	43 26	16	22
48	18 17	40 32	50	40	11 53	41 23	14	24
50	19 04	38 25	46	44	12 22	39 20	11	27
52	19 56	36 18	41	49	12 55	37 17	08	30
54	20 55	34 10	36	54	13 33	35 14	05	33
56	22 03	32 01	31	59	14 16	33 10	01	37
58	23 20	29 51	25	11 06	15 04	31 06	21 58	40
60	24 49	27 39	18	12	15 59	29 02	53	45
62	26 34	25 26	10	20	17 03	26 57	48	50
64	28 39	23 11	01	30	18 19	24 51	43	55
66	31 07	20 52	19 50	40	19 48	22 45	36	12 02
68	34 07	18 30	37	54	21 34	20 36	28	10
70	37 51	16 02	20	12 10	23 45	18 25	19	19

$\varphi$	$\alpha$	$z$	$s_W$	$s_E$	$\alpha$	$z$	$s_W$	$s_E$
	<b>N 34. <math>\delta</math> Ursae Minoris (4,4)</b>				<b>449. <math>\alpha</math> Draconis (3,7)</b>			
30°	3°56'	59°57'	23 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	11 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	20°04'	58°25'	23 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	13 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>
32	4 00	57 56	33	50	20 30	56 17	37	06
34	4 06	55 56	33	51	21 00	54 08	33	10
36	4 12	53 56	32	52	21 33	52 00	29	14
38	4 18	51 55	31	52	22 08	49 51	25	18
40	4 26	49 55	30	53	22 49	47 41	21	22
42	4 35	47 55	30	54	23 34	45 31	17	26
44	4 44	45 54	29	55	24 24	43 20	12	32
46	4 54	43 54	28	56	25 19	41 07	06	37
48	5 05	41 53	27	57	26 22	38 54	01	42
50	5 18	39 53	26	58	27 32	36 39	22 54	49
52	5 32	37 52	24	59	28 51	34 23	48	56
54	5 48	35 52	23	12 01	30 22	32 05	40	14 03
56	6 05	33 51	22	02	32 06	29 44	32	12
58	6 26	31 50	20	04	34 06	27 20	22	21
60	6 49	29 49	18	05	36 27	24 53	11	32
62	7 15	27 49	16	08	39 16	22 23	21 58	45
64	7 47	25 48	14	10	42 40	19 44	43	15 00
66	8 23	23 46	11	12	46 55	16 55	24	19
68	9 07	21 45	08	16	52 28	13 50	20 00	43
70	9 59	19 43	04	19	60 18	10 14	27	16 17
	<b>470. <math>\alpha</math> Draconis (4,6)</b>				<b>493. <math>\alpha</math> Cephei (4,4)</b>			
30°	19°23'	58°32'	0 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	13 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	14°20'	59°13'	1 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	14 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>
32	19 50	56 25	33	59	14 39	57 09	38	41
34	20 18	54 17	29	14 03	14 59	55 04	36	44
36	20 49	52 09	26	06	15 22	53 00	33	47
38	21 23	50 00	22	10	15 47	50 56	30	49
40	22 02	47 51	18	14	16 15	48 51	27	52
42	22 45	45 41	13	19	16 46	46 45	24	56
44	23 33	43 31	09	24	17 21	44 40	21	59
46	24 26	41 19	04	28	17 59	42 34	17	15 02
48	25 26	39 07	23 58	34	18 41	40 28	13	06
50	26 33	36 54	52	40	19 29	38 21	09	11
52	27 49	34 39	46	46	20 23	36 13	05	15
54	29 16	32 22	38	54	21 24	34 05	00	20
56	30 55	30 03	30	15 02	22 33	31 55	0 54	26
58	32 50	27 42	21	11	23 52	29 45	48	32
60	35 05	25 17	11	21	25 24	27 33	40	39
62	37 44	22 48	22 59	34	27 11	25 19	32	48
64	40 57	20 13	44	48	29 17	23 03	23	57
66	44 57	17 30	27	16 06	31 49	20 44	12	16 08
68	50 06	14 32	04	28	34 55	18 21	23 58	22
70	57 09	11 10	21 34	58	38 50	15 50	42	38

$\varphi$	$\alpha$	$z$	$S_W$	$S_F$	$\alpha$	$z$	$S_W$	$S_F$
	<b>531. 11 Cephei (4,8)</b>				<b>N 43. 32H Cephei (5,4)</b>			
30°	21°53'	58°07'	2 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	14 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	4°41'	59°55'	4 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	16 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
32	22 22	55 57	52	31	4 47	57 55	06	26
34	22 55	53 47	48	35	4 53	55 54	05	27
36	23 31	51 37	44	39	5 00	53 53	04	28
38	24 10	49 25	40	43	5 08	51 53	03	29
40	24 55	47 13	35	48	5 17	49 53	02	30
42	25 45	45 01	30	53	5 27	47 52	01	31
44	26 40	42 47	25	58	5 38	45 52	00	32
46	27 42	40 32	19	15 04	5 50	43 51	3 59	33
48	28 51	38 16	12	10	6 04	41 50	58	34
50	30 09	35 58	06	17	6 19	39 50	56	35
52	31 37	33 38	1 58	25	6 35	37 49	55	37
54	33 19	31 16	50	34	6 54	35 48	54	38
56	35 16	28 51	40	43	7 15	33 47	52	40
58	37 32	26 22	29	54	7 40	31 46	50	42
60	40 13	23 48	17	16 06	8 07	29 45	48	44
62	43 27	21 06	02	21	8 39	27 44	45	46
64	47 26	18 16	0 44	39	9 17	25 42	42	49
66	52 32	15 11	22	17 02	10 00	23 41	39	52
68	59 31	11 45	23 50	33	10 52	21 39	36	56
70	70 42	6 51	03	18 20	11 55	19 36	31	17 01
	<b>N 45. 36H Cephei (5,0)</b>				<b>581. <math>\gamma</math> Cephei (3,4)</b>			
30°	6°43'	59°50'	4 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	17 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	14°31'	59°11'	5 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	18 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>
32	6 52	57 49	40	09	14 50	57 07	06	10
34	7 01	55 48	39	10	15 10	55 03	04	13
36	7 12	53 47	38	12	15 32	52 59	01	15
38	7 23	51 46	36	13	15 57	50 54	4 58	18
40	7 36	49 45	35	14	16 27	48 49	55	21
42	7 50	47 44	34	16	16 59	46 44	52	24
44	8 06	45 43	32	17	17 34	44 38	48	28
46	8 23	43 42	30	19	18 12	42 32	45	31
48	8 43	41 40	29	21	18 56	40 25	41	35
50	9 04	39 39	27	23	19 44	38 18	37	40
52	9 28	37 37	25	25	20 38	36 10	32	44
54	9 55	35 35	22	27	21 40	34 02	27	49
56	10 26	33 33	20	29	22 50	31 52	21	55
58	11 01	31 31	17	32	24 10	29 41	15	19 02
60	11 41	29 28	14	35	25 42	27 29	08	09
62	12 28	27 26	10	39	27 32	25 16	3 59	17
64	13 22	25 23	06	43	29 40	22 59	50	27
66	14 26	23 20	02	48	32 15	20 38	38	38
68	15 42	21 16	3 56	53	35 24	18 13	24	52
70	17 14	19 10	49	18 00	39 23	15 43	08	20 09

**ВЕЛИЧИНЫ  $C$  (ВТОРЫЕ ЧЛЕНЫ РАЗЛОЖЕНИЯ В РЯД  $\sin \Delta T$ )  
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЦЕНЫ ОБОРОТА БАРАБАНА ОКУЛЯРНОГО  
МИКРОМЕТРА ПО НАБЛЮДЕНИЮ ЗВЕЗД В ЭЛОНГАЦИИ  
ИЛИ В МЕРИДИАНЕ**

$\Delta T$	$C$	$\Delta T$	$C$	$\Delta T$	$C$	$\Delta T$	$C$	$\Delta T$	$C$
0 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	0,00 <sup>s</sup>	7 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	0,07 <sup>s</sup>	14 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	0,52 <sup>s</sup>	21 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	1,76 <sup>s</sup>	28 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	4,18 <sup>s</sup>
10	00	10	07	10	54	10	81	10	25
20	00	20	08	20	56	20	85	20	33
30	00	30	08	30	58	30	89	30	41
40	00	40	09	40	60	40	94	40	48
50	00	50	09	50	62	50	98	50	56
1 0	0,00	8 0	0,10	15 0	0,64	22 0	2,03	29 0	4,64
10	00	10	10	10	66	10	07	10	72
20	00	20	11	20	69	20	12	20	81
30	00	30	12	30	71	30	17	30	89
40	00	40	12	40	73	40	22	40	97
50	00	50	13	50	76	50	27	50	5,06
2 0	0,00	9 0	0,14	16 0	0,78	23 0	2,32	30 0	5,14
10	00	10	15	10	80	10	37	10	23
20	00	20	15	20	83	20	42	20	31
30	00	30	16	30	86	30	47	30	40
40	00	40	17	40	88	40	52	40	49
50	00	50	18	50	91	50	58	50	58
3 0	0,01	10 0	0,19	17 0	0,94	24 0	2,63	31 0	5,67
10	01	10	20	10	96	10	69	10	76
20	01	20	21	20	99	20	74	20	86
30	01	30	22	30	1,02	30	80	30	95
40	01	40	23	40	05	40	86	40	6,05
50	01	50	24	50	08	50	92	50	14
4 0	0,01	11 0	0,25	18 0	1,11	25 0	2,97	32 0	6,24
10	01	10	27	10	14	10	3,03	10	34
20	02	20	28	20	17	20	10	20	44
30	02	30	29	30	21	30	16	30	54
40	02	40	30	40	24	40	22	40	64
50	02	50	32	50	27	50	28	50	74
5 0	0,02	12 0	0,33	19 0	1,31	26 0	3,35	33 0	6,84
10	03	10	34	10	34	10	41	10	95
20	03	20	36	20	38	20	48	20	7,05
30	03	30	37	30	41	30	54	30	16
40	03	40	39	40	45	40	61	40	26
50	04	50	40	50	49	50	68	50	37
6 0	0,04	13 0	0,42	20 0	1,52	27 0	3,75	34 0	7,48
10	04	10	43	10	56	10	82	10	59
20	05	20	45	20	60	20	89	20	71
30	05	30	47	30	64	30	96	30	82
40	06	40	49	40	68	40	4,03	40	93
50	06	50	50	50	72	50	11	50	8,05
7 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	0,07 <sup>s</sup>	14 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	0,52 <sup>s</sup>	21 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	1,76 <sup>s</sup>	28 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	4,18 <sup>s</sup>	35 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	8,16 <sup>s</sup>

**ИЗМЕНЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ РЕФРАКЦИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ  
ЗЕНИТНОГО РАССТОЯНИЯ НА ОДНУ МИНУТУ ДУГИ**

<i>z</i>	<i>dr</i>	<i>z</i>	<i>dr</i>	<i>z</i>	<i>dr</i>	<i>z</i>	<i>dr</i>	<i>z</i>	<i>dr</i>
0°	0,0175"	15°	0,0188"	30°	0,0233"	45°	0,0350"	60°	0,0698"
1	0175	16	0190	31	0238	46	0363	61	0743
2	0175	17	0191	32	0243	47	0376	62	0792
3	0175	18	0194	33	0249	48	0391	63	0847
4	0176	19	0196	34	0255	49	0407	64	0909
5	0,0177	20	0,0198	35	0,0261	50	0,0424	65°	0,0976"
6	0178	21	0201	36	0267	51	0442		
7	0178	22	0204	37	0274	52	0461		
8	0178	23	0206	38	0282	53	0483		
9	0179	24	0210	39	0290	54	0506		
10	0,0180	25	0,0213	40	0,0298	55	0,0531		
11	0182	26	0217	41	0307	56	0559		
12	0183	27	0220	42	0317	57	0589		
13	0184	28	0224	43	0327	58	0622		
14	0186	29	0229	44	0338	59	0659		
15°	0,0188"	30°	0,0233"	45°	0,0350"	60°	0,0698"		

**ПОПРАВКА  $\Delta z_0$  ЗА РЕФРАКЦИЮ В ШИРОТУ, ОПРЕДЕЛЕННУЮ  
ПО СПОСОБУ ТАЛЬКОТТА**

$\Delta z_0$ $z_0$	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
0°	0,00"	0,02"	0,04"	0,05"	0,07"	0,09"	0,10"	0,12"	0,14"	0,16"	0,18"
10	00	02	04	05	07	09	11	13	14	16	18
15	00	02	04	06	07	09	11	13	15	17	19
20	00	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20
22	00	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20
24	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21
26	00	02	04	06	09	11	13	15	17	19	22
28	00	02	04	07	09	11	13	16	18	20	22
30	00	02	05	07	09	12	14	16	19	21	23
31	00	02	05	07	10	12	14	17	19	21	24
32	0,00	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,19	0,22	0,24
33	00	02	05	07	10	12	15	17	20	22	25
34	00	03	05	08	10	13	15	18	20	23	25
35	00	03	05	08	10	13	16	18	21	23	26
36	00	03	05	08	11	13	16	19	21	24	27
37	0,00	0,03	0,05	0,08	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27
38	00	03	06	08	11	14	17	20	23	25	28
39	00	03	06	09	12	14	17	20	23	26	29
40	00	03	06	09	12	15	18	21	24	27	30
41	00	03	06	09	12	15	18	22	25	28	31
42	0,00	0,03	0,06	0,10	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,29	0,32
43	00	03	07	10	13	16	20	23	26	30	33
44	00	03	07	10	14	17	20	24	27	31	34
45	00	04	07	10	14	18	21	24	28	32	35
46	00	04	07	11	15	18	22	25	29	33	36
47	0,00	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38
48	00	04	08	12	16	20	24	27	31	35	39
49	00	04	08	12	16	20	25	28	33	37	41
50	00	04	08	13	17	21	26	30	34	38	42
51	00	04	09	13	18	22	27	31	35	40	44
52	0,00	0,05	0,09	0,14	0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,42	0,46
53	00	05	10	14	19	24	29	34	39	43	48
54	00	05	10	15	20	25	30	35	41	46	51
55	00	05	11	16	21	27	32	37	42	48	53
56	00	06	11	17	22	28	34	39	45	50	56



## ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПУНКТЫ

Название пункта	Место расположения
Пулково	Главная астрономическая обсерватория Академии наук СССР. Основной столб на площадке для определения личной разности
Москва астрономическая	Государственный астрономический институт имени Штернберга. Столб службы времени
Новосибирск новый	Матвеевское. Столб № 1, юго-восточный
Иркутск	Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета. Столб № 1
Ташкент	Астрономический институт Академии наук Узбекской ССР. Основной южный столб на площадке для определения личной разности
Николаев	Астрономическая обсерватория Академии наук СССР. Основной столб службы времени
Молодежная	Полярная советская станция Молодежная. Основной столб

## ТАБЛИЦЫ ПОПРАВОК

к «Эфемеридам звезд для совместного определения времени и широты по способу равных высот в альмукантарате 45°» Мазасва

## ПОЯСНЕНИЕ К ТАБЛИЦАМ

Таблицы дают значения поправок в эфемеридные моменты  $s_0$  и азимуты  $A_0$  звезд, выбираемые из «Эфемерид звезд для совместного определения времени и широты по способу равных высот в альмукантарате 45°» Мазасва.

Поправки вычислены на эпоху 1985.0 и учитывают изменения координат звезд за прецессию от эпохи 1950.0, на которую составлены «Эфемериды...», до эпохи 1985.0.

Аргументами для входа в таблицы являются азимуты  $A$  (отсчитываемые от точки севера) и прямые восхождения  $\alpha$  звезд. Для звезд, проходящих через альмукантарат 45° в восточной половине неба, азимуты  $A_E$  даны в первой колонке таблиц, а прямые восхождения  $\alpha_E$  — сверху. Для западных звезд азимуты  $A_W$  даны в предпоследней колонке, а прямые восхождения  $\alpha_W$  — внизу таблиц. В последних колонках таблиц  $\Delta s$  приведены значения параллактических углов  $q$  (в *градусах* и *градах*).

Значения поправок  $\Delta s$  и  $\Delta A$ , которые должны **алгебраически** прибавляться к значениям  $s_0$  и  $A_0$ , выбираемым из «Эфемерид...», находятся путем интерполирования по двум аргументам из таблиц с  $\varphi_0$ , ближайшей к широте пункта наблюдения. В этом случае ошибка в значениях полученных поправок не будут превосходить 1,5<sup>m</sup> в  $\Delta s$  и 0,2° в  $\Delta A$ . При желании получить более точные значения следует их сначала определить для двух табличных широт, между которыми находится широта пункта, а затем проинтерполировать полученные значения по  $\varphi$ . Для обеспечения максимальной точности поправок при значительном удалении года наблюдений от табличного 1985 г. для звезд, наблюдаемых близко к меридиану (если поправки превышают 3<sup>m</sup> или 2°) следует это учесть, вычислив точные значения поправок по формулам:

$$\Delta s_N = \Delta s_T \cdot \frac{N - 1950}{35} = \Delta s_T + \frac{N - 1985}{35} \Delta s_T;$$

$$\Delta A_N = \Delta A_T \cdot \frac{N - 1950}{35} = \Delta A_T + \frac{N - 1985}{35} \Delta A_T,$$

где  $\Delta s_T$  и  $\Delta A_T$  — значения поправок, выбираемых из таблиц,  $N$  — год наблюдения. Однако практически необходимость в этом возникнет примерно после 1995 г.

С целью упрощения таблиц повторяющиеся значения поправок  $\Delta A$  не приводятся. Например, в таблице  $\Delta A$  для  $\varphi_0 = 55^\circ$  у звезд с прямым восхождением  $\alpha = 3^h$  (и  $9^h$ ) поправка для азимутов от  $15^\circ$  ( $345^\circ$ ) до  $110^\circ$  ( $250^\circ$ ) будет постоянна и равна 0,3°.

## ПРИМЕРЫ ПОЛЬЗОВАНИЯ ТАБЛИЦАМИ

I. Составить эфемериды для наблюдений звезд № 581 и 439 в мае 1980 г. в пункте с широтой  $\varphi = 52^\circ 20'$ .

1. Из «Эфемерид...» Мазасва (вып. II, стр. 147) находим:  
для звезды № 581:

$$s_{0(E)} = 15^h 40^m; \quad A_{0(E)} = 15; 7^\circ; \quad (\alpha = 23^h 37^m);$$

для звезды № 439:

$$s_{0(E)} = 16^h 55^m; \quad A_{0(E)} = 155; 7^\circ; \quad (\alpha = 18^h 05^m).$$

2. Из таблиц поправок для  $\varphi_0 = 50^\circ$  интерполированием находим:

$$\Delta s_{581} = -1,0^m; \quad \Delta A_{581} = -0,3^\circ; \quad q = 58^\circ = 64^g;$$

$$\Delta s_{439} = +1,7^m; \quad \Delta A_{439} = 0,0^\circ; \quad q = 16^\circ = 18^g.$$

3. Вводя полученные поправки, получим окончательно:

$$s_{581} = 15^h39^m; \quad A_{581} = 15,4^\circ;$$

$$s_{439} = 16^h57^m; \quad A_{439} = 155,7^\circ.$$

II. Составить эфемериды для наблюдений звезды № 410 1980 г. летом в пункте с широтой  $\varphi = 53^\circ$ .

1. Из „Эфемерид...“ Мазасва (вып. II, стр. 165, 167) находим:

$$s_{o(E)} = 15^h59^m; \quad A_{o(E)} = 160,0^\circ; \quad (\alpha = 16^h55^m);$$

$$s_{o(W)} = 17^h52^m; \quad A_{o(W)} = 200,0^\circ.$$

2. Из таблиц поправок ( $\varphi_0 = 55^\circ$ ):

$$\Delta s_E = +2,7^m; \quad \Delta A_E = +0,4^\circ; \quad q = 12^\circ = 13^g;$$

$$\Delta s_W = +0,5^m; \quad \Delta A_W = -0,4^\circ.$$

3. Окончательные значения:

$$s_E = 16^h02^m; \quad A_E = 160,4^\circ;$$

$$s_W = 17^h53^m; \quad A_W = 199,6^\circ.$$

## **ТАБЛИЦЫ**

Таблица поправок  $\triangle s^m$  $\varphi_0 = 30^\circ$  $T_0 = 1985, 0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		+6,2	+6,8	+7,0	+6,9	+6,4	+5,6	+4,5	+3,3	+1,9	+0,6	-0,7	-1,8	-2,6	350°		149°
15		+4,3	+4,8	+5,1	+5,2	+5,0	+4,6	+4,0	+3,3	+2,5	+1,6	+0,7	-0,1	-0,7	345		137
20		+3,4	+3,8	+4,1	+4,3	+4,3	+4,1	+3,7	+3,3	+2,7	+2,0	+1,4	+0,8	+0,2	340		127
30		+2,5	+2,8	+3,1	+3,3	+3,4	+3,4	+3,3	+3,0	+2,7	+2,4	+1,9	+1,5	+1,1	330		112
40		+2,1	+2,4	+2,6	+2,8	+2,9	+3,0	+2,9	+2,8	+2,6	+2,4	+2,1	+1,8	+1,5	320		102
50		+1,9	+2,1	+2,3	+2,5	+2,6	+2,7	+2,7	+2,6	+2,5	+2,4	+2,2	+2,0	+1,7	310		93
60		+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,4	+2,4	+2,5	+2,5	+2,4	+2,3	+2,2	+2,0	+1,8	300		86
70		+1,6	+1,8	+1,9	+2,0	+2,2	+2,3	+2,3	+2,3	+2,3	+2,3	+2,2	+2,1	+2,0	290		80
80		+1,5	+1,6	+1,8	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,3	+2,3	+2,2	+2,2	+2,1	+2,0	280		74
90		+1,4	+1,5	+1,6	+1,8	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,2	+2,2	+2,2	+2,2	+2,1	270		68
100		+1,3	+1,4	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,2	+2,3	+2,3	+2,2	260		62
110		+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,6	+1,8	+1,9	+2,0	+2,2	+2,2	+2,3	+2,4	+2,3	250		55
120		+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,5	+1,6	+1,8	+2,0	+2,2	+2,3	+2,4	+2,5	+2,5	240		49
130		+0,9	+0,9	+1,0	+1,2	+1,3	+1,5	+1,8	+2,0	+2,2	+2,4	+2,5	+2,6	+2,7	230		42
140		+0,6	+0,6	+0,7	+1,0	+1,1	+1,4	+1,7	+2,0	+2,3	+2,4	+2,8	+2,9	+3,0	220		34
150		+0,2	+0,2	+0,3	+0,5	+0,9	+1,2	+1,6	+2,1	+2,5	+2,8	+3,1	+3,3	+3,4	210		26
155		-0,2	-0,2	0,0	+0,3	+0,7	+1,1	+1,6	+2,1	+2,6	+3,1	+3,4	+3,7	+3,8	205		22
160		-0,7	-0,7	-0,5	-0,1	+0,4	+1,0	+1,6	+2,3	+2,9	+3,4	+3,9	+4,2	+4,3	200		18
165		-1,6	-1,5	-1,2	-0,7	-0,1	+0,7	+1,6	+2,5	+3,3	+4,1	+4,6	+5,0	+5,2	195		13
170		-3,3	-3,2	-2,7	-2,0	-0,9	+0,3	+1,6	+2,9	+4,2	+5,3	+6,1	+6,7	+6,9	190		9
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

Таблица поправок  $\triangle A^\circ$ 

$A_E$	$a_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$a_E$	$A_W$
10°		-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1	0	+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,5		350°
15		-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1			+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,4		345
20		-0,3	-0,3		-0,2	-0,2				+0,2	+0,2		+0,3	+0,3		340
30				-0,3		-0,1				+0,1		+0,3				330
40				-0,2								+0,2				320
50																310
60																300
70																290
80				-0,2						+0,1		+0,2				280
90				-0,3		-0,1			+0,2			+0,3				270
100						-0,2										260
110		-0,3	-0,3		-0,2						+0,2		+0,3	+0,3		250
120		-0,4	-0,4	-0,3	-0,3						+0,3	+0,3	+0,4	+0,4		240
130		-0,4	-0,4	-0,4								+0,4	+0,4	+0,4		230
140		-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1		+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5		220
150		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		210
155		-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4				+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7		205
160		-0,9	-0,9	-0,8	-0,6	-0,5	-0,2		+0,2	+0,5	+0,6	+0,8	+0,9	+0,9		200
165		-1,2	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,8	+1,0	+1,2	+1,2		195
170		-1,8	-1,7	-1,5	-1,3	-0,9	-0,5	0	+0,5	+0,9	+1,3	+1,5	+1,7	+1,8		190
$A_E$	$a_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$a_W$	$A_W$

$\varphi_0 = 30^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$
10°		-2,6	-3,2	-3,4	-3,3	-2,8	-2,0	-0,9	+0,3	+1,6	+3,0	+4,3	+5,4	+6,2		350°	163 <sup>g</sup>
15		-0,7	-1,2	-1,5	-1,6	-1,4	-1,0	-0,5	+0,3	+1,1	+2,0	+2,9	+3,7	+4,3		345	152
20		+0,2	-0,2	-0,6	-0,7	-0,7	-0,5	-0,2	+0,3	+0,9	+1,5	+2,2	+2,8	+3,4		340	141
30		+1,1	+0,8	+0,5	+0,3	+0,2	+0,2	+0,3	+0,6	+0,9	+1,2	+1,6	+2,1	+2,5		330	125
40		+1,5	+1,2	+1,0	+0,8	+0,7	+0,6	+0,6	+0,7	+0,9	+1,2	+1,5	+1,8	+2,1		320	113
50		+1,7	+1,5	+1,3	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	+0,9	+1,1	+1,2	+1,4	+1,6	+1,9		310	104
60		+1,8	+1,7	+1,5	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,7		309	96
70		+2,0	+1,8	+1,7	+1,5	+1,4	+1,3	+1,3	+1,2	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,6		290	89
80		+2,0	+1,9	+1,8	+1,7	+1,6	+1,5	+1,4	+1,3	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5		280	82
90		+2,1	+2,0	+1,9	+1,8	+1,7	+1,6	+1,5	+1,4	+1,4	+1,3	+1,4	+1,4	+1,4		270	75
100		+2,2	+2,2	+2,1	+2,0	+1,8	+1,7	+1,6	+1,5	+1,4	+1,4	+1,3	+1,3	+1,3		260	68
110		+2,3	+2,3	+2,2	+2,1	+2,0	+1,8	+1,7	+1,5	+1,4	+1,3	+1,3	+1,2	+1,2		250	61
120		+2,5	+2,5	+2,4	+2,2	+2,1	+1,9	+1,8	+1,6	+1,4	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1		240	54
130		+2,7	+2,6	+2,6	+2,4	+2,3	+2,1	+1,8	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+0,9		230	46
140		+3,0	+2,9	+2,8	+2,6	+2,4	+2,2	+1,9	+1,6	+1,3	+1,1	+0,8	+0,7	+0,6		220	38
150		+3,4	+3,4	+3,3	+3,0	+2,7	+2,4	+1,9	+1,5	+1,1	+0,7	+0,5	+0,3	+0,2		210	29
155		+3,8	+3,7	+3,6	+3,3	+2,9	+2,5	+2,0	+1,4	+0,9	+0,5	+0,2	-0,1	-0,2		205	24
160		+4,3	+4,3	+4,1	+3,7	+3,2	+2,6	+2,0	+1,3	+0,7	+0,1	-0,3	-0,6	-0,7		200	20
165		+5,2	+5,1	+4,8	+4,3	+3,6	+2,8	+2,0	+1,1	+0,2	-0,5	-1,0	-1,4	-1,6		195	15
170		+6,9	+6,8	+6,3	+5,6	+4,5	+3,3	+2,0	+0,6	-0,6	-1,7	-2,5	-3,1	-3,3		190	10
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$A_F$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,5	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1	0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5		350°
15		+0,4	+0,4	+0,3	+0,3	+0,2				-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4		345
20		+0,3	+0,3		+0,2	+0,2				-0,2	-0,2		-0,3	-0,3		340
30				+0,3		+0,1				-0,1		-0,3				330
40				+0,2								-0,2				320
50																310
60																300
70																290
80				+0,2								-0,2				280
90				+0,3		+0,1				-0,1		-0,3				270
100						-0,2				-0,2						260
110		+0,3	+0,3		+0,2						-0,2		-0,3	-0,3		250
120		+0,4	+0,4	+0,3	+0,3						-0,3	-0,3	-0,4	-0,4		240
130		+0,4	+0,4	+0,4								-0,4	-0,4	-0,4		230
140		+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2	+0,1		-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5		220
150		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6		210
155		+0,7	+0,7	+0,6	+0,5	+0,4				-0,4	0,5	-0,6	-0,7	-0,7		205
160		+0,9	+0,9	+0,8	+0,6	+0,5	+0,2		-0,2	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-0,9		200
165		+1,2	+1,2	+1,0	+0,8	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,2		195
170		+1,8	+1,7	+1,5	+1,3	+0,9	+0,5	0	-0,5	-0,9	-1,3	-1,5	-1,7	-1,8		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$



$\eta_0 = 35^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		+5,9	+6,7	+7,1	+7,2	+6,9	+6,2	+5,3	+4,1	+2,8	+1,3	-0,1	-1,3	-2,4	350°		139°
15		+4,0	+4,6	+5,1	+5,4	+5,4	+5,1	+4,7	+4,0	+3,2	+2,3	+1,4	+0,4	-0,4	345		126
20		+3,0	+3,6	+4,0	+4,3	+4,5	+4,4	+4,2	+3,7	+3,2	+2,6	+1,9	+1,2	+0,6	340		116
30		+2,2	+2,6	+3,0	+3,3	+3,5	+3,5	+3,5	+3,3	+3,0	+2,7	+2,3	+1,8	+1,4	330		103
40		+1,9	+2,2	+2,5	+2,8	+2,9	+3,0	+3,0	+3,0	+2,8	+2,6	+2,3	+2,0	+1,7	320		94
50		+1,7	+2,0	+2,2	+2,4	+2,6	+2,7	+2,8	+2,8	+2,7	+2,5	+2,3	+2,1	+1,9	310		87
60		+1,6	+1,8	+2,0	+2,2	+2,4	+2,5	+2,5	+2,6	+2,5	+2,4	+2,3	+2,2	+2,0	300		81
70		+1,5	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,3	+2,4	+2,4	+2,4	+2,4	+2,3	+2,2	+2,0	290		75
80		+1,4	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,3	+2,4	+2,4	+2,3	+2,2	+2,1	280		69
90		+1,4	+1,5	+1,6	+1,7	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,3	+2,3	+2,3	+2,3	+2,2	270		64
100		+1,3	+1,4	+1,5	+1,6	+1,8	+1,9	+2,0	+2,2	+2,3	+2,3	+2,4	+2,3	+2,3	260		58
110		+1,2	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,0	+2,1	+2,2	+2,4	+2,4	+2,4	+2,4	250		52
120		+1,0	+1,1	+1,2	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,2	+2,4	+2,5	+2,6	+2,6	240		46
130		+0,8	+0,9	+1,0	+1,1	+1,3	+1,6	+1,8	+2,1	+2,3	+2,5	+2,6	+2,7	+2,8	230		39
140		+0,5	+0,6	+0,7	+0,9	+1,1	+1,4	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+2,9	+3,0	+3,0	220		32
150		+0,1	+0,1	+0,2	+0,5	+0,9	+1,3	+1,7	+2,1	+2,4	+2,7	+2,9	+3,0	+3,5	210		24
155		-0,3	-0,3	-0,1	+0,2	+0,6	+1,1	+1,7	+2,2	+2,6	+3,0	+3,3	+3,4	+3,9	205		20
160		-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	+0,4	+1,0	+1,7	+2,2	+2,8	+3,2	+3,6	+3,8	+4,5	200		16
165		-1,8	-1,7	-1,4	-0,8	-0,1	+0,7	+1,7	+2,4	+3,0	+3,6	+4,0	+4,3	+5,4	195		12
170		-3,6	-3,5	-3,0	-2,1	-1,0	+0,2	+1,7	+3,1	+4,4	+5,5	+6,4	+7,0	+7,2	190		8
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$
10°		-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,4		350°
15		-0,3	-0,3	-0,3	-0,2						+0,2	+0,3	+0,3	+0,3		345
...																...
110		-0,3	-0,3		-0,2					+0,2			+0,3	+0,3		250
120		-0,4	-0,4	-0,3	-0,3					+0,3	+0,3	+0,4	+0,4	+0,4		240
130		-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2			+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,4	+0,4		230
140		-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1		+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,5		220
150		-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3	0,2		+0,2	+0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,6		210
160		-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,3		+0,3	+0,5	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0		200
165		-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3		195
170		-1,9	-1,9	-1,7	-1,4	-1,0	-0,5	0,0	+0,5	+1,0	+1,4	+1,7	+1,9	+1,9		190
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°		-2,4	-3,1	-3,6	-3,6	-3,4	-2,7	-1,7	-0,5	+0,8	+2,2	+3,6	+4,9	+5,9	350°		155 <sup>g</sup>
15		-0,4	-1,0	-1,5	-1,8	-1,8	-1,6	-1,1	-0,4	+0,4	+1,3	+2,2	+3,1	+4,0	345		140
20		+0,6	0,0	-0,5	-0,8	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	+0,5	+1,0	+1,7	+2,4	+3,0	340		129
30		+1,4	+0,9	+0,6	+0,3	+1,0	+0,1	+0,1	+0,3	+0,6	+0,9	+1,3	+1,8	+2,2	330		115
40		+1,7	+1,4	+1,1	+0,8	+0,6	+0,6	+0,5	+0,6	+0,8	+1,0	+1,3	+1,6	+1,9	320		105
50		+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,0	+0,9	+0,8	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,5	+1,7	310		97
60		+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2	+1,4	+1,6	300		90
70		+2,0	+1,9	+1,7	+1,6	+1,4	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	290		83
80		+2,1	+2,0	+1,9	+1,7	+1,6	+1,4	+1,3	+1,2	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	280		77
90		+2,2	+2,1	+2,0	+1,8	+1,7	+1,6	+1,4	+1,3	+1,3	+1,2	+1,2	+1,3	+1,4	270		71
100		+2,3	+2,2	+2,1	+2,0	+1,8	+1,7	+1,5	+1,3	+1,3	+1,2	+1,2	+1,2	+1,3	260		64
110		+2,4	+2,4	+2,3	+2,1	+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,3	+1,2	+1,2	+1,1	+1,2	250		58
120		+2,6	+2,5	+2,4	+2,3	+2,1	+1,9	+1,7	+1,5	+1,3	+1,2	+1,1	+1,0	+1,0	240		51
130		+2,8	+2,7	+2,6	+2,5	+2,3	+2,0	+1,8	+1,5	+1,3	+1,1	+0,9	+0,8	+0,8	230		43
140		+3,0	+3,0	+2,9	+2,7	+2,4	+2,2	+1,8	+1,5	+1,2	+0,9	+0,7	+0,6	+0,5	220		35
150		+3,5	+3,5	+3,4	+3,1	+2,7	+2,3	+1,9	+1,4	+1,0	+0,6	+0,3	+0,1	+0,1	210		27
155		+3,9	+3,8	+3,7	+3,3	+2,9	+2,4	+1,9	+1,3	+0,8	+0,4	0,0	-0,2	-0,3	205		23
160		+4,5	+4,4	+4,2	+3,8	+3,2	+2,6	+1,9	+1,2	+0,6	0,0	-0,5	-0,8	-0,9	200		18
165		+5,4	+5,1	+5,0	+4,4	+3,7	+2,8	+1,9	+1,0	+0,1	-0,7	-1,3	-1,7	-1,8	195		14
170		+7,2	+7,1	+6,6	+5,7	+4,6	+3,3	+1,9	+0,5	-0,8	-2,0	-2,8	-3,4	-3,6	190		9
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,4	+0,4	+0,4	+0,3	+0,2	+0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4		350°
15		+0,3	+0,3	+0,3	+0,2						-0,2	-0,3	-0,3	-0,3		345
...																...
110		+0,3	+0,3		+0,2						-0,2		-0,3	-0,3		250
120		+0,4	+0,4	+0,3	+0,3						-0,3	-0,3	-0,4	-0,4		240
130		+0,4	+0,4	+0,4	+0,3	+0,2				-0,2	-0,3	-0,4	0,4	-0,4		230
140		+0,5	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1		-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5		220
150		+0,6	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6		210
160		+1,0	+0,9	+0,8	+0,7	+0,5	+0,3		-0,3	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0		200
165		+1,3	+1,2	+1,1	+0,9	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,3		195
170		+1,9	+1,9	+1,7	+1,4	+1,0	+0,5	0,0	-0,5	-1,0	-1,4	-1,7	-1,9	-1,9		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$

$A_E$	$\alpha_E$		0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$		$q^\circ$
10			+4,8	+6,0	+6,9	+7,6	+7,6	+7,4	+6,8	+5,8	+4,6	+3,1	+1,7	+0,2	-1,2	350°		121°
15			+3,1	+4,0	+4,7	+5,3	+5,6	+5,6	+5,4	+5,0	+4,3	+3,4	+2,5	+1,5	+0,5	345		109
20			+2,4	+3,1	+3,7	+4,2	+4,5	+4,7	+4,6	+4,4	+3,9	+3,4	+2,7	+1,9	+1,2	340		102
30			+1,9	+2,4	+2,8	+3,2	+3,5	+3,6	+3,7	+3,6	+3,4	+3,1	+2,7	+2,2	+1,7	330		92
40			+1,6	+2,0	+2,4	+2,7	+2,9	+3,1	+3,2	+3,2	+3,0	+2,9	+2,6	+2,3	+1,9	320		85
50			+1,5	+1,8	+2,1	+2,4	+2,6	+2,7	+2,8	+2,9	+2,8	+2,7	+2,5	+2,3	+2,0	310		80
60			+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,3	+2,5	+2,6	+2,7	+2,7	+2,6	+2,5	+2,3	+2,1	300		75
70			+1,4	+1,6	+1,8	+2,0	+2,2	+2,3	+2,4	+2,5	+2,5	+2,5	+2,4	+2,3	+2,2	290		69
80			+1,3	+1,5	+1,7	+1,8	+2,0	+2,2	+2,3	+2,4	+2,4	+2,4	+2,4	+2,3	+2,2	280		64
90			+1,3	+1,4	+1,5	+1,7	+1,9	+2,0	+2,2	+2,3	+2,4	+2,4	+2,4	+2,4	+2,3	270		59
100			+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+1,9	+2,1	+2,2	+2,3	+2,4	+2,5	+2,5	+2,4	260		54
110			+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,0	+2,2	+2,3	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5	250		48
120			+0,9	+1,0	+1,1	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,2	+2,4	+2,5	+2,6	+2,7	+2,7	240		42
130			+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,6	+1,9	+2,2	+2,4	+2,6	+2,8	+2,8	+2,9	230		36
140			+0,4	+0,5	+0,6	+0,8	+1,1	+1,5	+1,8	+2,2	+2,5	+2,8	+3,0	+3,1	+3,2	220		30
150			-0,1	0,0	+0,2	+0,4	+0,8	+1,3	+1,8	+2,3	+2,7	+3,1	+3,4	+3,6	+3,7	210		23
155			-0,5	-0,4	-0,2	+0,2	+0,6	+1,2	+1,8	+2,4	+2,9	+3,4	+3,8	+4,0	+4,1	205		19
160			-1,1	-1,0	-0,7	-0,3	+0,3	+1,0	+1,8	+2,5	+3,2	+3,8	+4,3	+4,6	+4,7	200		15
165			-2,1	-1,9	-1,6	-1,0	-0,2	+0,7	+1,7	+2,7	+3,7	+4,5	+5,1	+5,5	+5,6	195		11
170			-4,0	-3,8	-3,3	-2,7	-1,2	+0,2	+1,7	+3,2	+4,6	+6,2	+6,8	+7,4	+7,6	190		8
$A_E$	$\alpha_W$		12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$\alpha_W$		$q^\circ$

$$\triangle A^{\circ}$$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$
10°		-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0	+0,1	+0,2	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	330°	
...																
100		0,3	-0,3	-0,3	-0,2						+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	260	
110		-0,4	-0,4	-0,3	-0,3						+0,3	+0,3	+0,4	+0,4	250	
120		-0,4	-0,4	-0,4								+0,4	+0,4	+0,4	240	
130		-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2				+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	230	
140		-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1		-0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	220	
150		-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2		+0,2	+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7	210	
155		-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8	+0,8	205	
160		-1,0	-1,0	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3		+0,3	+0,5	+0,7	+0,9	+1,0	+1,0	200	
165		-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,7	-0,4		+0,4	+0,7	+1,0	+1,2	+1,3	+1,4	195	
170		-2,1	-2,0	-1,8	-1,5	-1,0	-0,5	0	+0,5	+1,0	+1,5	+1,8	+2,0	+2,1	190	
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$

$\varphi_0 = 40^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$		$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°			-1,2	-2,4	-3,3	-4,0	-4,0	-3,8	-3,2	-2,3	-1,0	+0,5	+1,9	+3,4	+4,8	350°		134g
15			+0,5	-0,4	-1,2	-1,7	-2,0	-2,0	-1,8	-1,4	-0,7	+0,1	+1,1	+2,1	+3,1	345		121
20			+1,2	+0,5	-0,1	-0,6	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,4	+0,2	+0,9	+1,6	+2,4	340		114
30			+1,7	+1,2	+0,8	+0,4	+0,1	0,0	-0,1	0,0	+0,2	+0,5	+0,9	+1,4	+1,9	330		102
40			+1,9	+1,6	+1,2	+0,9	+0,7	+0,5	+0,4	+0,4	+0,5	+0,7	+1,0	+1,3	+1,6	320		94
50			+2,0	+1,7	+1,5	+1,2	+1,0	+0,8	+0,7	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,5	310		89
60			+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	+1,0	+1,1	+1,3	+1,5	300		83
70			+2,2	+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,3	+1,1	+1,1	+1,0	+1,1	+1,1	+1,2	+1,4	290		77
80			+2,2	+2,1	+1,9	+1,7	+1,6	+1,4	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	280		72
90			+2,3	+2,2	+2,0	+1,9	+1,7	+1,5	+1,4	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	270		66
100			+2,4	+2,3	+2,2	+2,0	+1,8	+1,7	+1,5	+1,3	+1,2	+1,1	+1,1	+1,1	+1,2	260		60
110			+2,5	+2,4	+2,3	+2,1	+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,1	+1,0	+1,1	250		54
120			+2,7	+2,6	+2,5	+2,2	+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	240		47
130			+2,9	+2,8	+2,7	+2,5	+2,2	+2,0	+1,7	+1,4	+1,2	+1,0	+0,8	+0,7	+0,7	230		40
140			+3,2	+3,1	+3,0	+2,8	+2,5	+2,1	+1,8	+1,4	+1,1	+0,8	+0,6	+0,4	+0,4	220		33
150			+3,7	+3,6	+3,4	+3,1	+2,7	+2,3	+1,8	+1,3	+0,9	+0,5	+0,2	0,0	-0,1	210		25
155			+4,1	+4,0	+3,8	+3,4	+3,0	+2,4	+1,8	+1,2	+0,7	+0,2	-0,2	-0,4	0,5	205		21
160			+4,7	+4,6	+4,3	+3,8	+3,3	+2,6	+1,8	+1,1	+0,4	-0,2	-0,7	-1,0	1,1	200		17
165			+5,6	+5,5	+5,2	+4,6	+3,8	+2,8	+1,8	+0,8	-0,1	0,9	-1,5	-1,9	-2,1	195		13
170			+7,6	+7,4	+6,9	+6,2	+4,7	+3,4	+1,8	+0,4	-1,1	2,6	3,2	-3,8	-4,0	190		9
$A_E$		$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$\triangle A^{\circ}$ 

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,2	+0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3		350°
...																...
100		+0,3	+0,3	+0,3	+0,2						-0,2	-0,3	-0,3	-0,3		260
110		+0,4	+0,4	+0,3	+0,3						-0,3	-0,3	-0,4	-0,4		230
120		+0,4	+0,4	+0,4								-0,4	-0,4	-0,4		240
130		+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2				-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5		230
140		+0,6	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1		-0,1	-0,3	0,4	-0,5	-0,5	-0,6		220
150		+0,7	+0,7	+0,6	+0,5	+0,4	+0,2		-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7		210
155		+0,8	+0,8	+0,7	+0,6	+0,4	+0,2		-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8		205
160		+1,0	+1,0	+0,9	+0,7	+0,5	+0,3		-0,3	-0,5	-0,7	0,9	1,0	-1,0		200
165		+1,4	+1,3	+1,2	+1,0	+0,7	+0,4		-0,4	-0,7	-1,0	-1,2	-1,3	-1,4		195
170		+2,1	+2,0	+1,8	+1,5	+1,0	+0,5	0,0	-0,5	-1,0	-1,5	-1,8	-2,0	-2,1		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$



$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		+1,5	+3,1	+4,6	+6,0	+7,1	+7,8	+8,1	+8,0	+7,5	+6,5	+5,2	+3,7	+2,1	350°		87°
15		+1,4	+2,5	+3,6	+4,5	+5,2	+5,8	+6,1	+6,1	+5,7	+5,0	+4,2	+3,3	+2,2	345		85
20		+1,4	+2,2	+3,0	+3,7	+4,3	+4,7	+4,9	+4,9	+4,7	+4,3	+3,7	+3,0	+2,2	340		83
30		+1,4	+1,9	+2,4	+2,9	+3,3	+3,6	+3,8	+3,9	+3,8	+3,5	+3,2	+2,7	+2,2	330		79
40		+1,4	+1,8	+2,2	+2,5	+2,8	+3,1	+3,2	+3,3	+3,3	+3,1	+2,9	+2,6	+2,2	320		76
50		+1,3	+1,7	+2,0	+2,3	+2,5	+2,8	+2,9	+3,0	+3,0	+2,9	+2,7	+2,5	+2,2	310		72
60		+1,3	+1,6	+1,8	+2,1	+2,3	+2,5	+2,7	+2,8	+2,8	+2,8	+2,6	+2,5	+2,3	300		68
70		+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,3	+2,5	+2,6	+2,7	+2,7	+2,6	+2,5	+2,3	290		64
80		+1,2	+1,4	+1,6	+1,8	+2,0	+2,2	+2,4	+2,5	+2,6	+2,6	+2,6	+2,5	+2,4	280		59
90		+1,1	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,3	+2,4	+2,5	+2,6	+2,6	+2,4	+2,4	270		55
100		+1,1	+1,2	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,2	+2,3	+2,4	+2,6	+2,6	+2,6	+2,5	260		50
110		+1,0	+1,1	+1,2	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,2	+2,4	+2,6	+2,7	+2,7	+2,6	250		45
120		+0,8	+0,9	+1,0	+1,2	+1,5	+1,7	+2,0	+2,2	+2,4	+2,6	+2,8	+2,8	+2,8	240		39
130		+0,6	+0,7	+0,8	+1,0	+1,3	+1,6	+1,9	+2,2	+2,5	+2,7	+2,9	+3,0	+3,0	230		33
140		+0,3	+0,3	+0,5	+0,8	+1,1	+1,5	+1,9	+2,3	+2,6	+2,9	+3,1	+3,3	+3,3	220		27
150		-0,3	-0,1	+0,1	+0,4	+0,8	+1,3	+1,8	+2,4	+2,9	+3,3	+3,6	+3,8	+3,8	210		21
155		-0,7	-0,6	-0,3	+0,1	+0,5	+1,2	+1,8	+2,5	+3,1	+3,6	+4,0	+4,2	+4,3	205		18
160		-1,3	-1,2	-0,8	-0,4	+0,2	+1,0	+1,8	+2,6	+3,4	+4,0	+4,5	+4,8	+4,9	200		14
165		-2,4	-2,0	-1,6	-1,0	-0,3	-0,7	+1,8	+2,9	+3,8	+4,5	+5,3	+5,8	+6,1	195		11
170		-4,5	-4,3	-3,6	-2,7	-1,4	+0,2	+1,8	+3,4	+5,0	+6,2	+7,2	+7,8	+8,1	190		7
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$ $\alpha_E$		0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	
10°		-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0	+0,1	+0,2	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3		350°	
...																...	
120		-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1		+0,1	+0,2	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3		240	
130		-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1		+0,1	+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5		230	
140		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		220	
150		-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8	+0,8		210	
160		-1,1	-1,1	-1,0	-0,8	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,8	+1,0	+1,1	+1,1		200	
165		-1,6	-1,6	-1,4	-1,1	-0,8	-0,4		+0,4	+0,8	+1,1	+1,4	+1,6	+1,6		195	
170		-2,2	-2,2	-1,9	-1,6	-1,1	-0,6	0	+0,6	+1,1	+1,6	+1,9	+2,2	+2,2		190	
$A_E$ $\alpha_W$		12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°		+2,1	+0,5	-1,1	-2,4	-3,5	-4,2	-4,5	-4,4	-3,8	-2,9	-1,6	-0,2	+1,5	350°		97 <sup>g</sup>
15		+2,2	+1,0	+0,1	-0,8	-1,5	-2,0	2,3	-2,3	-2,1	-1,4	-0,6	+0,3	+1,4	345		94
20		+2,2	+1,4	+0,6	-0,1	-0,7	-1,1	-1,3	-1,3	-1,1	-0,7	-0,1	+0,6	+1,4	340		92
30		+2,2	+1,7	+1,1	+0,6	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	0,0	+0,4	+0,9	+1,4	330		88
40		+2,2	+1,8	+1,4	+1,0	+0,7	+0,5	+0,3	+0,3	+0,3	+0,3	+0,6	+1,0	+1,4	320		84
50		+2,2	+1,9	+1,6	+1,3	+1,0	+0,8	+0,7	+0,6	+0,6	+0,6	+0,8	+1,1	+1,3	310		80
60		+2,3	+2,0	+1,8	+1,5	+1,3	+1,0	+0,9	+0,8	+0,8	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	300		75
70		+2,3	+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	+1,0	+1,1	+1,3	290		71
80		+2,4	+2,2	+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,2	+1,1	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2	280		66
90		+2,4	+2,3	+2,1	+1,9	+1,7	+1,5	+1,3	+1,2	+1,1	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	270		61
100		+2,5	+2,4	+2,2	+2,0	+1,8	+1,6	+1,4	+1,3	+1,1	+1,0	+1,0	+1,0	+1,1	260		55
110		+2,6	+2,5	+2,4	+2,2	+2,0	+1,7	+1,5	+1,3	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	+1,0	250		50
120		+2,8	+2,7	+2,5	+2,3	+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,1	+0,9	+0,8	+0,8	+0,8	240		44
130		+3,0	+2,9	+2,8	+2,5	+2,3	+2,0	+1,7	+1,4	+1,1	+0,8	+0,7	+0,6	+0,6	230		37
140		+3,3	+3,2	+3,1	+2,8	+2,5	+2,1	+1,7	+1,3	+1,0	+0,6	+0,4	+0,3	+0,3	220		30
150		+3,8	+3,7	+3,5	+3,2	+2,8	+2,2	+1,7	+1,2	+0,7	+0,3	0,0	-0,2	-0,3	210		23
155		+4,3	+4,1	+3,9	+3,5	+3,0	+2,4	+1,7	+1,1	+0,5	0,0	0,4	-0,6	-0,7	205		20
160		+4,9	+4,8	+4,5	+4,0	+3,3	+2,6	+1,8	+1,0	+0,2	-0,4	-0,9	-1,2	-1,3	200		16
165		+6,1	+5,8	+5,5	+4,7	+3,8	+2,9	+1,8	+0,7	-0,3	-1,1	-1,8	-2,3	-2,4	195		12
170		+8,1	+7,8	+7,2	+6,2	+4,9	+3,4	+1,8	+0,2	-1,4	-2,7	-3,6	-4,3	-4,5	190		8
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$\triangle A^\circ$ 

$A_E$ $\alpha_E$		12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,2	+0,1	0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3		350°
...																...
120		+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,2	+0,1		-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3		240
130		+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2	+0,1		-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5		230
140		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6		220
150		+0,8	+0,8	+0,7	+0,6	+0,4	+0,2		-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8		210
160		+1,1	+1,1	0	+0,8	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,1		200
165		+1,6	+1,6	+1,4	+1,1	+0,8	+0,4		0,4	-0,8	-1,1	-1,4	-1,6	-1,6		195
170		+2,2	+2,2	+1,9	+1,6	+1,1	+0,6	0	-0,6	-1,1	-1,6	-1,9	-2,2	-2,2		190
$A_E$ $\alpha_W$		24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$

$A_E$		$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10° 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 155 160 165 170			-2.7	-1.2	+0.5	+2.4	+4.1	+5.7	+7.1	+8.1	+8.6	+8.7	+8.3	+7.5	+6.3	350°		50°
			0.7	+0.3	+1.5	+2.7	+3.8	+4.8	+5.6	+6.2	+6.3	+6.2	+6.0	+5.1	+4.4	345		57
			+0.2	+1.0	+1.9	+2.8	+3.6	+4.3	+4.8	+5.2	+5.3	+5.1	+4.7	+4.2	+3.4	340		62
			+0.8	+1.4	+2.0	+2.5	+3.1	+3.5	+3.9	+4.1	+4.1	+4.0	+3.7	+3.3	+2.8	330		65
			+1.0	+1.4	+1.9	+2.3	+2.7	+3.0	+3.3	+3.5	+3.5	+3.4	+3.2	+3.0	+2.6	320		65
			+1.1	+1.4	+1.8	+2.1	+2.4	+2.7	+3.0	+3.1	+3.2	+3.1	+2.9	+2.8	+2.5	310		63
			+1.1	+1.4	+1.7	+2.0	+2.2	+2.5	+2.7	+2.9	+2.9	+2.9	+2.7	+2.7	+2.5	300		60
			+1.1	+1.3	+1.6	+1.8	+2.1	+2.3	+2.6	+2.7	+2.8	+2.8	+2.8	+2.7	+2.5	290		57
			+1.1	+1.2	+1.5	+1.7	+2.0	+2.2	+2.4	+2.6	+2.7	+2.7	+2.8	+2.7	+2.5	280		54
			+1.0	+1.2	+1.4	+1.6	+1.8	+2.1	+2.3	+2.5	+2.6	+2.7	+2.7	+2.7	+2.6	270		50
			+0.9	+1.1	+1.2	+1.5	+1.7	+2.0	+2.2	+2.4	+2.6	+2.7	+2.7	+2.7	+2.7	260		46
			+0.8	+0.9	+1.1	+1.3	+1.6	+1.9	+2.1	+2.4	+2.6	+2.7	+2.8	+2.8	+2.8	250		41
			+0.7	+0.8	+0.9	+1.2	+1.4	+1.8	+2.0	+2.3	+2.6	+2.7	+2.8	+3.0	+2.9	240		36
			+0.4	+0.5	+0.7	+1.0	+1.3	+1.6	+2.0	+2.3	+2.6	+2.9	+3.1	+3.2	+3.2	230		31
			+0.1	+0.2	+0.4	+0.7	+1.1	+1.5	+1.9	+2.4	+2.8	+3.1	+3.3	+3.5	+3.5	220		25
			-0.5	-0.4	-0.1	+0.3	+0.7	+1.3	+1.9	+2.5	+3.0	+3.5	+3.8	+4.0	+4.1	210		19
			-1.0	-0.9	-0.5	-0.1	+0.4	+1.2	+1.9	+2.6	+3.3	+3.8	+4.2	+4.5	+4.6	205		16
		-1.7	-1.5	-1.2	-0.6	+0.1	+1.0	+1.9	+2.8	+3.6	+4.3	+4.8	+5.2	+5.2	200	13		
		-2.9	-2.7	-2.0	-1.5	-0.6	+0.7	+1.9	+3.1	+4.1	+5.1	+6.1	+6.3	+6.4	195	10		
		-5.1	-4.8	-4.1	-3.0	-1.6	+0.1	+1.9	+3.6	+5.3	+6.7	+7.8	+8.4	+8.7	190	6		
$A_F$		$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$	$a_E$	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$a_E$	$A_W$
10°		- 0,4	- 0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	+0,1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,4		350°
20		- 0,3			-0,2						+0,2			+0,3		340
...																...
80		- 0,3												+0,3		280
90		- 0,4	- 0,3		-0,2					+0,2	+0,2		+0,3	+0,4		270
100		- 0,4	- 0,4	-0,3	-0,3						+0,3	+0,3	+0,4			260
110		- 0,4	- 0,4	- 0,4								+0,4	+0,4	+0,4		250
120		- 0,5	- 0,5	- 0,4	-0,3	-0,2				+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5		240
130		0,6	- 0,5	- 0,5	- 0,4	- 0,3	- 0,1		+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6		230
140		- 0,7	- 0,6	- 0,6	- 0,5	- 0,3	- 0,2		+0,2	+0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,7		220
150		- 0,9	- 0,8	- 0,7	- 0,6	- 0,4	- 0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9		210
155		- 1,0	- 1,0	- 0,9	- 0,7	- 0,5	- 0,3		+0,3	+0,5	+0,7	+0,9	+1,0	+1,0		205
160		- 1,2	- 1,2	- 1,1	- 0,9	- 0,6	- 0,3		+0,3	+0,6	+0,9	+1,1	+1,2	+1,2		200
165		- 1,6	- 1,6	- 1,4	- 1,2	- 0,8	- 0,4		+0,4	+0,8	+1,2	+1,4	+1,6	+1,6		195
170		- 2,5	- 2,4	- 2,1	- 1,7	- 1,2	- 0,6	0,0	+0,6	+1,2	+1,7	+2,1	+2,4	+2,5		190
$A_E$	$a_W$	12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$a_W$	$A_W$

$A_F$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°		+6,3	+4,8	+3,0	+1,2	-0,6	-2,2	-3,5	-4,5	-5,0	-5,1	-4,8	-3,9	-2,7	350°		55g
15		+4,4	+3,4	+2,2	+0,9	-0,3	-1,3	-2,2	-2,7	-3,0	-2,9	-2,6	-1,8	-0,7	345		63
20		+3,4	+2,6	+1,7	+0,8	0,0	-0,7	-1,3	-1,6	-1,7	-1,5	-1,2	-0,6	+0,2	340		69
30		+2,8	+2,2	+1,6	+1,0	+0,5	0,0	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,1	+0,3	+0,8	330		72
40		+2,6	+2,2	+1,7	+1,3	+0,9	+0,5	+0,3	+0,1	+0,1	+0,1	+0,3	+0,6	+1,0	320		72
50		+2,5	+2,2	+1,8	+1,5	+1,1	+0,8	+0,6	+0,5	+0,4	+0,4	+0,6	+0,8	+1,1	310		70
60		+2,5	+2,2	+1,9	+1,6	+1,3	+1,1	+0,9	+0,7	+0,6	+0,6	+0,7	+0,9	+1,1	300		67
70		+2,5	+2,3	+2,0	+1,7	+1,5	+1,2	+1,0	+0,9	+0,8	+0,8	+0,8	+0,9	+1,1	290		64
80		+2,5	+2,3	+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,0	+0,9	+0,8	+0,8	+0,9	+1,1	280		60
90		+2,6	+2,4	+2,2	+2,0	+1,7	+1,5	+1,3	+1,1	+1,0	+0,9	+0,9	+0,9	+1,0	270		56
100		+2,6	+2,5	+2,3	+2,1	+1,9	+1,6	+1,4	+1,2	+1,0	+0,9	+0,8	+0,9	+0,9	260		50
110		+2,8	+2,7	+2,5	+2,2	+2,0	+1,7	+1,5	+1,2	+1,0	+0,9	+0,8	+0,8	+0,8	250		45
120		+2,9	+2,8	+2,6	+2,4	+2,1	+1,8	+1,5	+1,2	+1,0	+0,8	+0,7	+0,6	+0,6	240		40
130		+3,1	+3,0	+2,9	+2,6	+2,3	+2,0	+1,6	+1,2	+0,9	+0,7	+0,5	+0,4	+0,4	230		34
140		+3,5	+3,4	+3,2	+2,9	+2,5	+2,1	+1,6	+1,2	+0,8	+0,5	+0,2	+0,1	+0,1	220		28
150		+4,1	+4,0	+3,7	+3,3	+2,8	+2,3	+1,7	+1,1	+0,5	+0,1	-0,3	-0,5	-0,5	210		21
155		+4,6	+4,5	+4,1	+3,7	+3,1	+2,4	+1,7	+1,0	+0,2	-0,2	-0,7	-1,0	-1,0	205		18
160		+5,2	+5,1	+4,8	+4,2	+3,4	+2,6	+1,7	+0,8	0,0	-0,7	-1,2	-1,6	-1,7	200		14
165		+6,4	+6,3	+5,9	+5,1	+4,1	+3,0	+1,7	+0,5	0,7	-1,6	2,3	-2,8	-2,9	195		11
170		+8,7	+8,4	+7,7	+6,6	+5,2	+3,5	+1,7	0,0	-1,7	-3,1	-4,2	-4,8	5,1	190		7
$A_F$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,4	+0,3	+0,3	+0,3	+0,2	+0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4		350°
20		+0,3		+0,2							-0,2			-0,3		340
...																...
80		+0,3												-0,3		280
90		+0,4	+0,3		+0,2					-0,2	-0,2		-0,3	-0,4		270
100			+0,4	+0,3	+0,3					-0,3	-0,3	-0,3	-0,4			260
110		+0,4	+0,4	+0,4								-0,4	-0,4	-0,4		250
120		+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2			-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5		240
130		+0,6	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1		-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6		230
140		+0,7	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7		220
150		+0,9	+0,8	+0,7	+0,6	+0,4	+0,2		-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9		210
155		+1,0	+1,0	+0,9	+0,7	+0,5	+0,3		-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0		205
160		+1,2	+1,2	+1,1	+0,9	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,2		200
165		+1,6	+1,6	+1,4	+1,2	+0,8	+0,4		-0,4	-0,8	-1,2	-1,4	-1,6	-1,6		195
170		+2,5	+2,4	+2,1	+1,7	+1,2	+0,6	0,0	-0,6	-1,2	-1,7	-2,1	-2,4	-2,5		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$



$A_E$	$\alpha_E$	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		-5,1	-3,8	-2,3	-0,4	+1,6	+3,6	+5,5	+7,2	+8,4	+9,3	+9,6	+9,4	+8,6		350°	29°
15		-2,3	-1,4	-0,2	+1,1	+2,5	+3,8	+5,0	+5,9	+6,6	+7,0	+6,9	+6,6	+5,9		345	38
20		-1,0	-0,2	+0,7	+1,7	+2,7	+3,7	+4,5	+5,1	+5,5	+5,7	+5,6	+5,2	+4,6		340	45
30		+0,1	+0,7	+1,3	+2,0	+2,7	+3,3	+3,8	+4,1	+4,4	+4,4	+4,2	+3,9	+3,5		330	52
40		+0,5	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+2,9	+3,3	+3,6	+3,7	+3,8	+3,6	+3,4	+3,0		320	54
50		+0,8	+1,1	+1,5	+1,9	+2,3	+2,7	+3,0	+3,2	+3,4	+3,4	+3,3	+3,1	+2,8		310	54
60		+0,8	+1,1	+1,5	+1,8	+2,2	+2,5	+2,8	+3,0	+3,1	+3,2	+3,1	+3,0	+2,7		300	53
70		+0,9	+1,1	+1,4	+1,7	+2,0	+2,3	+2,6	+2,8	+2,9	+3,0	+3,0	+2,9	+2,7		290	51
80		+0,9	+1,1	+1,3	+1,6	+1,9	+2,2	+2,5	+2,7	+2,8	+2,9	+2,9	+2,8	+2,7		280	48
90		+0,8	+1,0	+1,2	+1,5	+1,8	+2,1	+2,4	+2,6	+2,8	+2,9	+2,9	+2,9	+2,8		270	45
100		+0,7	+0,9	+1,1	+1,4	+1,7	+2,0	+2,3	+2,5	+2,7	+2,9	+2,9	+2,9	+2,8		260	41
110		+0,6	+0,8	+1,0	+1,2	+1,5	+1,9	+2,2	+2,5	+2,7	+2,9	+3,0	+3,0	+2,9		250	37
120		+0,4	+0,6	+0,8	+1,0	+1,4	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,1	+3,2	+3,1		240	32
130		+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	+1,3	+1,6	+2,0	+2,4	+2,8	+3,0	+3,3	+3,4	+3,4		230	28
140		-0,2	0,0	+0,2	+0,6	+1,0	+1,5	+2,0	+2,5	+3,0	+3,3	+3,6	+3,8	+3,8		220	23
150		-0,8	-0,7	-0,4	+0,1	+0,6	+1,3	+2,0	+2,6	+3,2	+3,8	+4,1	+4,4	+4,4		210	17
155		-1,3	-1,2	-0,9	-0,3	+0,4	+1,1	+2,0	+2,8	+3,5	+4,1	+4,6	+4,8	+4,9		205	14
160		-2,1	-1,9	-1,5	-0,8	0,0	+0,9	+2,0	+3,0	+3,9	+4,6	+5,2	+5,6	+5,7		200	12
165		-3,4	-3,2	-2,7	-1,8	-0,7	+0,6	+1,9	+3,3	+4,5	+5,6	+6,4	+6,9	+7,0		195	9
170		-6,0	-5,7	-4,9	-3,6	-2,0	-0,1	+1,9	+4,0	+5,8	+7,4	+8,6	+9,4	+9,6		190	6
$A_E$	$\alpha_W$	12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$
10°		-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6		350°
15		-0,4	-0,4	-0,3	-0,2					+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,4		345
20		-0,4	-0,4	-0,3								+0,3	+0,4	+0,4		340
30		-0,3	-0,3										+0,3	+0,3		330
...																...
70		-0,3	-0,3										+0,3	+0,3		290
80		-0,4	-0,4										+0,4	+0,4		280
100		-0,4		-0,3								+0,3		+0,4		260
110		-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2				+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,5		250
120		-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1		+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,5		240
130		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		230
140		-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4				+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7		220
150		-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2		+0,2	+0,5	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9		210
155		-1,1	-1,1	-1,0	-0,8	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,8	+1,0	+1,1	+1,1		205
160		-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,7	-0,4		+0,4	+0,7	+1,0	+1,2	+1,3	+1,4		200
165		-1,8	-1,7	-1,6	-1,3	-0,9	-0,5		+0,5	+0,9	+1,3	+1,6	+1,7	+1,8		195
170		-2,8	-2,7	-2,4	-2,0	-1,4	-0,7	0,0	+0,7	+1,4	+2,0	+2,4	+2,7	+2,8		190
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°		+8,6	+7,4	+5,9	+4,0	+2,0	0,0	-1,9	-3,6	-4,9	-5,7	-6,0	-5,8	-5,1	350°		32g
15		+5,9	+5,0	+3,8	+2,5	+1,1	-0,2	-1,4	-2,3	-3,0	-3,4	-3,4	-3,0	-2,3	345		43
20		+4,6	+3,8	+2,9	+1,9	+0,9	-0,1	-0,9	-1,5	-2,0	-2,1	-2,0	-1,6	-1,0	340		49
30		+3,5	+2,9	+2,3	+1,6	+0,9	+0,3	-0,2	-0,6	-0,8	-0,8	-0,7	-0,4	+0,1	330		57
40		+3,0	+2,6	+2,1	+1,6	+1,1	+0,6	+0,3	0,0	-0,2	-0,2	-0,1	+0,2	+0,5	320		60
50		+2,8	+2,4	+2,1	+1,7	+1,3	+0,9	+0,6	+0,4	+0,2	+0,2	+0,3	+0,5	+0,8	310		60
60		+2,7	+2,5	+2,1	+1,8	+1,4	+1,1	+0,8	+0,6	+0,5	+0,4	+0,5	+0,6	+0,8	300		59
70		+2,7	+2,5	+2,2	+1,9	+1,5	+1,3	+1,0	+0,8	+0,6	+0,6	+0,6	+0,7	+0,9	290		56
80		+2,7	+2,5	+2,2	+2,0	+1,7	+1,4	+1,1	+0,9	+0,8	+0,7	+0,6	+0,7	+0,9	280		53
90		+2,8	+2,6	+2,3	+2,1	+1,8	+1,5	+1,2	+1,0	+0,8	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8	270		50
100		+2,8	+2,7	+2,5	+2,2	+1,9	+1,6	+1,3	+1,1	+0,9	+0,7	+0,6	+0,6	+0,7	260		46
110		+2,9	+2,8	+2,6	+2,3	+2,0	+1,7	+1,4	+1,1	+0,9	+0,7	+0,6	+0,6	+0,6	250		41
120		+3,1	+3,0	+2,8	+2,5	+2,2	+1,8	+1,5	+1,1	+0,8	+0,6	+0,5	+0,4	+0,5	240		36
130		+3,4	+3,2	+3,0	+2,7	+2,4	+2,0	+1,5	+1,1	+0,8	+0,6	+0,3	+0,2	+0,2	230		31
140		+3,8	+3,6	+3,4	+3,0	+2,6	+2,1	+1,6	+1,1	+0,6	+0,2	0,0	-0,2	-0,2	220		25
150		+4,4	+4,3	+4,0	+3,5	+2,9	+2,3	+1,6	+1,0	+0,3	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	210		19
155		+4,9	+4,8	+4,5	+3,9	+3,2	+2,4	+1,6	+0,8	+0,1	-0,5	-1,0	-1,3	-1,3	205		16
160		+5,7	+5,5	+5,1	+4,4	+3,6	+2,6	+1,6	+0,6	-0,3	-1,2	-1,7	-2,0	-2,1	200		13
165		+7,0	+6,8	+6,3	+5,4	+4,3	+3,0	+1,6	+0,3	-0,9	-2,0	-2,8	-3,3	-3,4	195		10
170		+9,6	+9,3	+8,5	+7,2	+5,6	+3,7	+1,6	-0,4	-2,2	-3,8	-5,0	-5,8	-6,0	190		6
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$A_E$	$a_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$a_E$	$A_W$
10°		+0,6	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6		350°
15		+0,4	+0,4	+0,4	+0,3	+0,2				-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4		345
20		+0,4	+0,4	+0,3								-0,3	-0,4	-0,4		340
30		+0,3	+0,3										-0,3	-0,3		330
...																...
70		+0,3	+0,3										-0,3	-0,3		290
80		+0,4	+0,4										-0,4	-0,4		280
100		+0,4		+0,3								-0,3		-0,4		260
110		+0,5	+0,4	+0,4	+0,3	+0,2				-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5		250
120		+0,5	+0,5	+0,5	+0,4	+0,3	+0,1		-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5		240
130		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6		230
140		+0,7	+0,7	+0,6	+0,5	+0,4				-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7		220
150		+0,9	+0,9	+0,8	+0,7	+0,5	+0,2		-0,2	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9		210
155		+1,1	+1,1	+1,0	+0,8	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,1		205
160		+1,4	+1,3	+1,2	+1,0	+0,7	+0,4		-0,4	-0,7	-1,0	-1,2	-1,3	-1,4		200
165		+1,8	+1,7	+1,6	+1,3	+0,9	+0,5		-0,5	-0,9	-1,3	-1,6	-1,7	-1,8		195
170		+2,8	+2,7	+2,4	+2,0	+1,4	+0,7	0,0	-0,7	-1,4	-2,0	-2,4	-2,7	-2,8		190
$A_E$	$a_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$a_W$	$A_W$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		-6,8	-5,8	-4,3	-2,4	-0,2	+2,2	+4,5	+6,6	+8,4	+9,7	+10,5	+10,8	+10,3	350°		18°
15		-3,6	-2,8	-1,7	-0,3	+1,2	+2,8	+4,3	+5,6	+6,7	+7,4	+7,8	+7,7	+7,2	345		26
20		-2,1	-1,4	-0,5	+0,6	+1,8	+3,0	+4,0	+5,0	+5,7	+6,1	+6,3	+6,1	+5,7	340		31
30		-0,6	-0,1	+0,6	+1,3	+2,2	+2,9	+3,6	+4,2	+4,6	+4,8	+4,8	+4,6	+4,2	330		39
40		0,0	+0,5	+1,0	+1,6	+2,2	+2,8	+3,3	+3,7	+3,9	+4,1	+4,1	+3,9	+3,6	320		43
50		+0,4	+0,7	+1,1	+1,6	+2,1	+2,6	+3,0	+3,3	+3,6	+3,7	+3,6	+3,5	+3,2	310		45
60		+0,5	+0,8	+1,1	+1,6	+2,0	+2,4	+2,8	+3,1	+3,3	+3,4	+3,4	+3,3	+3,1	300		45
70		+0,6	+0,9	+1,2	+1,5	+1,9	+2,3	+2,6	+2,9	+3,1	+3,2	+3,2	+3,2	+3,0	290		44
80		+0,6	+0,8	+1,1	+1,4	+1,8	+2,2	+2,5	+2,8	+3,0	+3,1	+3,2	+3,1	+3,0	280		42
90		+0,6	+0,8	+1,0	+1,4	+1,7	+2,1	+2,4	+2,7	+2,9	+3,1	+3,1	+3,1	+3,0	270		39
100		+0,5	+0,7	+0,9	+1,3	+1,6	+2,0	+2,3	+2,6	+2,9	+3,1	+3,2	+3,2	+3,1	260		36
110		+0,4	+0,6	+0,8	+1,1	+1,5	+1,9	+2,2	+2,6	+2,9	+3,1	+3,2	+3,2	+3,2	250		33
120		+0,2	+0,4	+0,6	+0,9	+1,3	+1,8	+2,2	+2,6	+2,9	+3,2	+3,3	+3,4	+3,4	240		29
130		-0,1	+0,1	+0,3	+0,7	+1,2	+1,6	+2,1	+2,6	+3,0	+3,3	+3,6	+3,7	+3,6	230		24
140		-0,5	-0,3	0,0	+0,4	+0,9	+1,5	+2,1	+2,6	+3,2	+3,6	+3,9	+4,1	+4,1	220		20
150		-1,2	-1,1	-0,7	-0,2	+0,5	+1,2	+2,0	+2,8	+3,5	+4,1	+4,5	+4,8	+4,8	210		15
155		-1,8	-1,6	-1,2	-0,6	+0,2	+1,1	+2,0	+2,9	+3,8	+4,5	+5,0	+5,3	+5,4	205		13
160		-2,7	-2,5	-2,0	-1,2	-0,2	+0,9	+2,0	+3,2	+4,2	+5,1	+5,8	+6,2	+6,3	200		10
165		-4,2	-3,9	-3,3	-2,3	-1,0	+0,4	+2,0	+3,6	+5,0	+6,2	+7,1	+7,6	+7,8	195		8
170		-7,4	-7,0	-6,0	-4,6	-2,6	-0,4	+2,0	+4,4	+6,6	+8,4	+9,8	+10,7	+11,0	190		5
$A_E$	$\alpha_W$	12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$
10°		-0,9	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,6	+0,8	+0,9	+0,9		350°
15		-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,6		345
20		-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1		+0,1	+0,2	+0,4	+0,5	+0,5	+0,5		340
30		-0,4	-0,4	-0,4	-0,3						+0,3	+0,4	+0,4	+0,4		330
...																...
90		-0,4	-0,4										+0,4	+0,4		270
100		-0,5	-0,5		-0,3	-0,2				+0,2	+0,3		+0,5	+0,5		260
110		-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3				+0,3	+0,4	+0,4	+0,5	+0,5		250
120		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4		-0,1		+0,1		+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		240
130		-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,7		230
140		-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8	+0,8		220
150		-1,0	-1,0	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3		+0,3	+0,5	+0,7	+0,9	+1,0	+1,0		210
155		-1,2	-1,2	-1,1	-0,9	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,9	+1,1	+1,2	+1,2		205
160		-1,5	-1,5	-1,3	-1,1	-0,8	-0,4		+0,4	+0,8	+1,1	+1,3	+1,5	+1,5		200
165		-2,0	-2,0	-1,8	-1,5	-1,0	-0,5		+0,5	+1,0	+1,5	+1,8	+2,0	+2,0		195
170		-3,1	-3,0	-2,7	-2,2	-1,6	-0,8	0,0	+0,8	+1,6	+2,2	+2,7	+3,0	+3,1		190
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$

$\varphi_0 = 60^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^g$
10°		+10,3	+9,4	+7,8	+5,9	+3,7	+1,4	-0,9	-3,0	-4,8	-6,2	-7,0	-7,2	-6,8	350°		20 <sup>g</sup>
15		+7,2	+6,4	+5,3	+3,9	+2,4	+0,8	-0,7	-2,0	-3,1	-3,8	-4,2	-4,1	-3,6	345		28
20		+5,7	+5,0	+4,0	+3,0	+1,8	+0,6	-0,5	-1,4	-2,1	-2,5	-2,7	-2,6	-2,1	340		35
30		+4,2	+3,7	+3,0	+2,2	+1,4	+0,7	0,0	-0,6	-1,0	-1,2	-1,2	-1,0	-0,6	330		43
40		+3,6	+3,1	+2,6	+2,0	+1,4	+0,8	+0,3	-0,1	-0,4	-0,5	-0,5	-0,3	0,0	320		48
50		+3,2	+2,9	+2,4	+2,0	+1,5	+1,0	+0,6	+0,3	0,0	-0,1	-0,1	+0,1	+0,4	310		50
60		+3,1	+2,8	+2,4	+2,0	+1,6	+1,2	+0,8	+0,5	+0,3	+0,2	+0,2	+0,3	+0,5	300		50
70		+3,0	+2,7	+2,4	+2,0	+1,7	+1,3	+1,0	+0,7	+0,5	+0,4	+0,3	+0,4	+0,6	290		48
80		+3,0	+2,8	+2,4	+2,1	+1,8	+1,4	+1,1	+0,8	+0,6	+0,5	+0,4	+0,5	+0,6	280		46
90		+3,0	+2,8	+2,5	+2,2	+1,9	+1,5	+1,2	+0,9	+0,7	+0,5	+0,4	+0,5	+0,6	270		43
100		+3,1	+2,9	+2,6	+2,3	+2,0	+1,6	+1,3	+1,0	+0,7	+0,5	+0,4	+0,4	+0,5	260		40
110		+3,2	+3,0	+2,8	+2,5	+2,1	+1,7	+1,4	+1,0	+0,7	+0,5	+0,4	+0,3	+0,4	250		36
120		+3,4	+3,2	+3,0	+2,6	+2,2	+1,8	+1,4	+1,0	+0,7	+0,4	+0,2	+0,2	+0,2	240		32
130		+3,6	+3,5	+3,2	+2,9	+2,4	+2,0	+1,5	+1,0	+0,6	+0,2	0,0	-0,1	-0,1	230		27
140		+4,1	+3,9	+3,6	+3,2	+2,7	+2,1	+1,5	+0,9	+0,4	-0,0	-0,3	-0,5	-0,5	220		22
150		+4,8	+4,6	+4,3	+3,7	+3,1	+2,3	+1,5	+0,8	+0,1	-0,5	-0,9	-1,2	-1,2	210		17
155		+5,4	+5,2	+4,8	+4,2	+3,4	+2,5	+1,6	+0,6	-0,2	-0,9	-1,4	-1,8	-1,8	205		14
160		+6,3	+6,1	+5,6	+4,8	+3,8	+2,7	+1,6	+0,4	-0,6	-1,6	-2,2	-2,6	-2,7	200		11
165		+7,8	+7,5	+6,9	+5,9	+4,6	+3,1	+1,6	0,0	-1,4	-2,6	-3,5	-4,0	-4,2	195		8
170		+11,0	+10,7	+9,8	+8,4	+6,6	+4,4	+1,6	-0,8	-3,0	-4,8	-6,3	-7,1	-7,4	190		6
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$\triangle A^\circ$ 

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+0,9	+0,9	+0,8	+0,6	+0,4	+0,2	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-0,9	-0,9		350°
15		+0,6	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6		345
20		+0,5	+0,5	+0,5	+0,4	+0,2	+0,1		-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5		340
30		+0,4	+0,4	+0,4	+0,3					-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4		330
...																...
90		+0,4	+0,4										-0,4	-0,4		270
100		+0,5	+0,5		+0,3	+0,2				-0,2	-0,3		-0,5	-0,5		260
110		+0,5	+0,5	+0,4	+0,4	+0,3				-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5		250
120		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4		+0,1		-0,1		-0,4	-0,5	-0,6	-0,6		240
130		+0,7	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7		230
140		+0,8	+0,8	+0,7	+0,6	+0,4	+0,2		-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8		220
150		+1,0	+1,0	+0,9	+0,7	+0,5	+0,3		-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0		210
155		+1,2	+1,2	+1,1	+0,9	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,2		205
160		+1,5	+1,5	+1,3	+1,1	+0,8	+0,4		-0,4	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,5		200
165		+2,0	+2,0	+1,8	+1,5	+1,0	+0,5		-0,5	-1,0	-1,5	-1,8	-2,0	-2,0		195
170		+3,1	+3,0	+2,7	+2,2	+1,6	+0,8	0,0	-0,8	-1,6	-2,2	-2,7	-3,0	-3,1		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$



$q_0 = 65^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	0 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$	$q^\circ$
10°		-8,6	-7,8	-6,2	-4,1	-1,6	+1,1	+3,8	+6,5	+8,8	+10,6	+11,8	+12,4	+12,2	350°		12°
15		-5,0	-4,3	-3,1	-1,6	+0,1	+1,9	+3,8	+5,4	+6,9	+8,0	+8,7	+8,9	+8,6	345		17
20		-3,2	-2,6	-1,6	-0,4	+0,9	+2,3	+3,6	+4,9	+5,9	+6,6	+7,0	+7,1	+6,8	340		22
30		-1,4	-0,9	-0,2	+0,6	+1,5	+2,4	+3,3	+4,1	+4,7	+5,2	+5,4	+5,3	+5,0	330		29
40		-0,6	-0,2	+0,4	+1,1	+1,8	+2,5	+3,2	+3,7	+4,2	+4,5	+4,6	+4,5	+4,2	320		33
50		-0,2	+0,2	+0,7	+1,2	+1,8	+2,4	+3,0	+3,4	+3,8	+4,0	+4,1	+4,0	+3,7	310		36
60		+0,1	+0,4	+0,8	+1,3	+1,8	+2,3	+2,8	+3,2	+3,5	+3,7	+3,8	+3,7	+3,5	300		37
70		+0,2	+0,5	+0,9	+1,3	+1,8	+2,2	+2,7	+3,0	+3,3	+3,5	+3,6	+3,6	+3,4	290		36
80		+0,3	+0,5	+0,8	+1,2	+1,7	+2,1	+2,5	+2,9	+3,2	+3,4	+3,5	+3,5	+3,3	280		35
90		+0,3	+0,5	+0,8	+1,2	+1,6	+2,0	+2,4	+2,8	+3,1	+3,3	+3,4	+3,4	+3,3	270		33
100		+0,2	+0,4	+0,7	+1,2	+1,5	+1,9	+2,4	+2,8	+3,1	+3,2	+3,5	+3,5	+3,4	260		31
110		+0,1	+0,2	+0,5	+0,9	+1,3	+1,8	+2,2	+2,7	+3,0	+3,3	+3,5	+3,6	+3,5	250		28
120		-0,1	+0,1	+0,3	+0,8	+1,2	+1,7	+2,2	+2,7	+3,1	+3,3	+3,7	+3,7	+3,7	240		25
130		-0,5	-0,3	0,0	+0,4	+1,0	+1,6	+2,1	+2,7	+3,2	+3,6	+3,9	+4,0	+4,0	230		21
140		-1,0	-0,8	-0,4	+0,1	+0,7	+1,4	+2,1	+2,8	+3,5	+4,0	+4,3	+4,5	+4,5	220		17
150		-1,8	-1,6	-1,2	-0,5	+0,2	+1,2	+2,1	+3,0	+3,8	+4,5	+5,1	+5,4	+5,4	210		13
155		-2,5	-2,3	-1,8	-1,0	-0,1	+1,0	+2,1	+3,2	+4,2	+5,0	+5,6	+6,0	+6,1	205		11
160		-3,5	-3,3	-2,7	-1,8	-0,6	+0,7	+2,1	+3,4	+4,7	+5,8	+6,5	+7,0	+7,1	200		9
165		-5,3	-5,0	-4,2	-3,0	-1,5	-0,2	+2,1	+3,9	+5,6	+7,0	+8,1	+8,7	+8,9	195		7
170		-8,8	-8,4	-7,3	-5,5	-3,3	-0,7	+2,1	+4,8	+7,3	+9,5	+11,1	+12,1	+12,4	190		4
$A_E$	$\alpha_W$	12 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	10 <sup>h</sup>	9 <sup>h</sup>	8 <sup>h</sup>	7 <sup>h</sup>	6 <sup>h</sup>	5 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup>	0 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^\circ$

$A_E$	$\alpha_E$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$	$\alpha_E$	$A_W$
10°		-1,3	-1,3	-1,2	-0,9	-0,7	-0,3	0,0	+0,3	+0,7	+0,9	+1,2	+1,3	+1,3		350°
15		-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2		+0,2	+0,5	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9		345
20		-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4				+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,7		340
30		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2		+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		330
40		-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1		+0,1	+0,3	+0,4	+0,4	+0,5	+0,5		320
50			-0,5		-0,3	-0,2				+0,2	+0,3		+0,5			310
60			-0,4										+0,4			300
70																290
80			-0,4			-0,2			+0,2				+0,4			280
90			-0,5			-0,3			+0,3				+0,5			270
100		-0,5	-0,5	-0,4	-0,3		-0,1		+0,1	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5		260
110		-0,6	-0,6	-0,5	-0,4		-0,2		+0,2		+0,4	+0,5	+0,6	+0,6		250
120		-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,3				+0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,7		240
130		-0,8	-0,7	-0,7	-0,5	-0,4				+0,4	+0,5	+0,7	+0,7	+0,8		230
140		-0,9	-0,9	-0,8	-0,6	-0,5	-0,2		+0,2	+0,5	+0,6	+0,8	+0,9	+0,9		220
150		-1,2	-1,2	-1,0	-0,9	-0,6	-0,3		+0,3	+0,6	+0,9	+1,0	+1,2	+1,2		210
155		-1,4	-1,4	-1,3	-1,0	-0,7	-0,4		+0,4	+0,7	+1,0	+1,3	+1,4	+1,4		205
160		-1,8	-1,7	-1,5	-1,2	-0,9	-0,5		+0,5	+0,9	+1,2	+1,5	+1,7	+1,8		200
165		-2,5	-2,5	-2,2	-1,8	-1,3	-0,7		+0,7	+1,3	+1,8	+2,2	+2,5	+2,5		195
170		-3,5	-3,4	-3,0	-2,5	-1,8	-0,9	0,0	+0,9	+1,8	+2,5	+3,0	+3,4	+3,5		190
$A_E$	$\alpha_W$	$12^h$	$11^h$	$10^h$	$9^h$	$8^h$	$7^h$	$6^h$	$5^h$	$4^h$	$3^h$	$2^h$	$1^h$	$0^h$	$\alpha_W$	$A_W$

$\varphi_0 = 65^\circ$  $T_0 = 1985,0$ 

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$
10°		+12,2	+11,3	+9,8	+7,7	+5,2	+2,5	-0,3	-2,9	-5,2	-7,0	-8,3	-8,8	-8,6		350°	13 <sup>g</sup>
15		+8,6	+7,9	+6,7	+5,2	+3,5	+1,7	-0,2	-1,9	-3,3	-4,4	-5,1	-5,3	-5,0		345	19
20		+6,8	+6,2	+5,2	+4,0	+2,7	+1,3	-0,1	-1,3	-2,3	-3,1	-3,5	-3,5	-3,2		340	24
30		+5,0	+4,5	+3,8	+3,0	+2,1	+1,2	+0,3	-0,5	-1,1	-1,6	-1,8	-1,7	-1,4		330	32
40		+4,2	+3,8	+3,2	+2,5	+1,8	+1,1	+0,4	-0,2	-0,6	-0,9	-1,0	-0,9	-0,6		320	37
50		+3,7	+3,4	+2,9	+2,3	+1,8	+1,2	+0,6	+0,2	-0,2	-0,4	-0,5	-0,4	-0,2		310	40
60		+3,5	+3,2	+2,8	+2,3	+1,8	+1,3	+0,8	+0,4	+0,1	-0,1	-0,2	-0,1	+0,1		300	41
70		+3,4	+3,1	+2,7	+2,3	+1,8	+1,4	+0,9	+0,5	+0,2	0,0	0,0	0,0	+0,2		290	40
80		+3,3	+3,1	+2,8	+2,3	+1,7	+1,5	+1,0	+0,7	+0,4	+0,2	+0,1	+0,1	+0,3		280	39
90		+3,3	+3,1	+2,8	+2,4	+2,0	+1,6	+1,1	+0,8	+0,5	+0,2	+0,1	+0,1	+0,3		270	37
100		+3,4	+3,2	+2,9	+2,4	+2,1	+1,7	+1,2	+0,8	+0,5	+0,3	+0,1	+0,1	+0,2		260	34
110		+3,5	+3,3	+3,1	+2,7	+2,3	+1,8	+1,4	+0,9	+0,6	+0,3	+0,1	0,0	+0,1		250	31
120		+3,7	+3,5	+3,3	+2,8	+2,4	+1,9	+1,4	+0,9	+0,5	+0,3	-0,1	-0,1	-0,1		240	28
130		+4,0	+3,9	+3,6	+3,1	+2,6	+2,0	+1,4	+0,9	+0,4	-0,1	-0,3	-0,5	-0,5		230	24
140		+4,5	+4,4	+4,0	+3,5	+2,9	+2,2	+1,5	+0,8	+0,1	-0,4	-0,8	-1,0	-1,0		220	19
150		+5,4	+5,2	+4,8	+4,1	+3,3	+2,4	+1,5	+0,6	-0,3	-1,0	-1,5	-1,8	-1,8		210	15
155		+6,1	+5,8	+5,4	+4,6	+3,7	+2,6	+1,5	+0,4	-0,6	-1,4	-2,1	-2,4	-2,5		205	12
160		+7,1	+6,9	+6,3	+5,4	+4,2	+2,9	+1,5	+0,1	-1,1	-2,2	-3,0	-3,4	-3,5		200	10
165		+8,9	+8,6	+7,8	+6,6	+5,1	+3,4	+1,5	-0,3	-2,0	-3,4	-4,5	-5,1	-5,3		195	7
170		+12,4	+12,0	+10,8	+9,1	+6,8	+4,3	+1,5	-1,2	-3,8	-5,9	-7,5	-8,5	-8,8		190	5
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$	$q^g$

$A_E$	$\alpha_E$	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	24 <sup>h</sup>	$\alpha_E$	$A_W$
10°		+1,3	+1,3	+1,2	+0,9	+0,7	+0,3	0,0	-0,3	-0,7	-0,9	-1,2	-1,3	-1,3		330°
15		+0,9	+0,9	+0,8	+0,7	+0,5	+0,2		-0,2	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9		345
20		+0,7	+0,7	+0,6	+0,5	+0,4				-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7		340
30		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4	+0,3	+0,2		-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6		330
40		+0,5	+0,5	+0,4	+0,4	+0,3	+0,1		-0,1	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5		320
50			+0,5		+0,3	+0,2				-0,2	-0,3		-0,5			310
60			+0,4										-0,4			300
70						+0,2				-0,2			-0,4			290
80			+0,4			+0,3				-0,3			-0,5			280
90			+0,5	+0,4	+0,3		+0,1		-0,1		-0,3	-0,4	-0,5	-0,5		270
100		+0,5	+0,5	+0,4	+0,3		+0,2		-0,2		-0,3	-0,4	-0,5	-0,6		260
110		+0,6	+0,6	+0,5	+0,4		+0,2		-0,2		-0,3	-0,4	-0,5	-0,6		250
120		+0,7	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3				-0,3	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7		240
130		+0,8	+0,7	+0,7	+0,5	+0,4				-0,4	-0,5	-0,7	-0,7	-0,8		230
140		+0,9	+0,9	+0,8	+0,6	+0,5	+0,2		-0,2	-0,5	-0,6	-0,8	-0,9	-0,9		220
150		+1,2	+1,2	+1,0	+0,9	+0,6	+0,3		-0,3	-0,6	-0,9	-1,0	-1,2	-1,2		210
155		+1,4	+1,4	+1,3	+1,0	+0,7	+0,4		-0,4	-0,7	-1,0	-1,3	-1,4	-1,4		205
160		+1,8	+1,7	+1,5	+1,2	+0,9	+0,5		-0,5	-0,9	-1,2	-1,5	-1,7	-1,8		200
165		+2,6	+2,5	+2,2	+1,8	+1,3	+0,7		-0,7	-1,3	-1,8	-2,2	-2,5	-2,5		195
170		+3,5	+3,4	+3,0	+2,5	+1,8	+0,9	0,0	-0,9	-1,8	-2,5	-3,0	-3,4	-3,5		190
$A_E$	$\alpha_W$	24 <sup>h</sup>	23 <sup>h</sup>	22 <sup>h</sup>	21 <sup>h</sup>	20 <sup>h</sup>	19 <sup>h</sup>	18 <sup>h</sup>	17 <sup>h</sup>	16 <sup>h</sup>	15 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	$\alpha_W$	$A_W$

ВЕЛИЧИНЫ  $W$  ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОПРАВOKза ускорение движения звезд по зенитному расстоянию  
в альмукантате  $z = 45^\circ$  при применении способа Мазаева

$\varphi$ A	$30^\circ$	$35^\circ$	$40^\circ$	$45^\circ$	$50^\circ$	$55^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$70^\circ$	$\varphi$ A
$10^\circ$	+0,30	+0,19	+0,08	-0,01	-0,08	-0,14	-0,18	-0,20	-0,20	$350^\circ$
15	+0,28	+0,17	+0,07	-0,02	-0,09	-0,15	-0,18	-0,20	-0,20	345
20	+0,26	+0,15	+0,06	-0,03	-0,10	-0,15	-0,19	-0,20	-0,20	340
25	+0,22	+0,13	+0,04	-0,04	-0,11	-0,16	-0,19	-0,20	-0,20	335
30	+0,19	+0,10	+0,01	-0,06	-0,12	-0,16	-0,19	-0,20	-0,19	330
35	+0,15	+0,07	-0,01	-0,08	-0,13	-0,16	-0,19	-0,19	-0,18	325
40	+0,11	+0,03	-0,03	-0,09	-0,13	-0,17	-0,18	-0,19	-0,18	320
45	+0,07	0,00	-0,05	-0,10	-0,14	-0,17	-0,18	-0,18	-0,17	315
50	+0,03	-0,02	-0,07	-0,11	-0,15	-0,17	-0,18	-0,17	-0,16	310
55	0,00	-0,05	-0,09	-0,12	-0,15	-0,16	-0,17	-0,16	-0,15	305
60	-0,03	-0,07	-0,10	-0,12	-0,14	-0,15	-0,15	-0,15	-0,13	300
65	-0,05	-0,08	-0,10	-0,12	-0,13	-0,14	-0,14	-0,13	-0,11	295
70	-0,06	-0,08	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,10	290
75	-0,06	-0,08	-0,09	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,09	-0,08	285
80	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05	280
85	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,03	275
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	270
95	+0,04	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05	+0,05	+0,04	+0,03	+0,03	265
100	+0,10	+0,10	+0,10	+0,10	+0,10	+0,10	+0,08	+0,07	+0,06	260
105	+0,16	+0,17	+0,16	+0,16	+0,16	+0,14	+0,13	+0,11	+0,09	255
110	+0,24	+0,24	+0,24	+0,23	+0,22	+0,20	+0,18	+0,15	+0,12	250
115	+0,32	+0,32	+0,31	+0,30	+0,28	+0,26	+0,23	+0,19	+0,16	245
120	+0,40	+0,40	+0,39	+0,38	+0,35	+0,32	+0,28	+0,24	+0,19	240
125	+0,50	+0,49	+0,48	+0,45	+0,42	+0,38	+0,33	+0,28	+0,22	235
130	+0,59	+0,58	+0,56	+0,53	+0,49	+0,44	+0,38	+0,32	+0,26	230
135	+0,68	+0,67	+0,64	+0,60	+0,55	+0,50	+0,43	+0,36	+0,29	225
140	+0,77	+0,75	+0,72	+0,68	+0,62	+0,55	+0,48	+0,40	+0,31	220
145	+0,86	+0,84	+0,80	+0,75	+0,68	+0,61	+0,52	+0,43	+0,34	215
150	+0,94	+0,91	+0,87	+0,81	+0,74	+0,65	+0,56	+0,47	+0,37	210
155	+1,01	+0,98	+0,93	+0,86	+0,79	+0,69	+0,60	+0,49	+0,39	205
160	+1,07	+1,03	+0,98	+0,91	+0,83	+0,73	+0,63	+0,52	+0,41	200
165	+1,12	+1,08	+1,02	+0,95	+0,86	+0,75	+0,65	+0,54	+0,42	195
170°	+1,15	+1,11	+1,05	+0,98	+0,89	+0,78	+0,67	+0,55	+0,43	190°

**ТАБЛИЦА УСЛОВНЫХ СВЕТОВЫХ СИГНАЛОВ,  
ПОДАВАЕМЫХ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АСТРОНОМИЧЕСКОГО  
АЗИМУТА**

Команда	Вид сигнала	До какого времени подается сигнал
Вызов	— — — —	Подается до тех пор, пока сигнал не будет замечен
Плохо видно, проверить наводку. Если все правильно, прибавить свет	— — — —	Подается продолжительностью 30—40 с, пока не будет налажен свет
Убавить свет	. . . . .	Подается до выполнения команды
Вижу ясно	. . . . .	Подается как одобрение
На сегодня работа закончена. Подачу света прекратить	— . — .	Подается до выполнения команды
Наблюдения на пункте закончены. В дальнейшем действовать согласно данным указаниям	— — .	Подается до получения ответного сигнала

**Примечание.** Продолжительность световых сигналов и интервалов между ними берется: длинных 8—10 с, коротких 2—3 с. Продолжительность секунд определяется счетом: сто один, сто два, сто три и т. д.

ТАБЛИЦА КОЭФФИЦИЕНТОВ  $K$ 

для вычисления поправок за ускорение движения звезды по азимуту

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\Phi$ $z$	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
20°	-51,87	-50,34	-48,80	-47,25	-45,70	-44,14	-42,59	-41,03	-39,48
21	-46,66	-45,26	-43,87	-42,46	-41,05	-39,64	-38,24	-36,83	-35,43
22	-42,16	-40,89	-39,61	-38,33	-37,05	-35,77	-34,48	-33,20	-31,93
23	-38,25	-37,08	-35,92	-34,75	-33,57	-32,40	-31,23	-30,06	-28,89
24	-34,83	-33,76	-32,69	-31,61	-30,54	-29,46	-28,38	-27,31	-26,24
25	-31,82	-30,84	-29,85	-28,86	-27,87	-26,88	-25,89	-24,90	-23,92
26	-29,18	-28,26	-27,35	-26,44	-25,52	-24,60	-23,69	-22,78	-21,87
27	-26,82	-25,98	-25,13	-24,28	-23,44	-22,59	-21,74	-20,89	-20,05
28	-24,73	-23,94	-23,16	-22,37	-21,58	-20,79	-20,00	-19,22	-18,44
29	-22,86	-22,13	-21,39	-20,66	-19,92	-19,19	-18,46	-17,72	-17,00
30	-21,18	-20,50	-19,81	-19,12	-18,44	-17,75	-17,07	-16,39	-15,71
31	-19,67	-19,03	-18,39	-17,74	-17,10	-16,46	-15,82	-15,18	-14,55
32	-18,30	-17,70	-17,10	-16,50	-15,90	-15,30	-14,70	-14,10	-13,51
33	-17,07	-16,50	-15,94	-15,37	-14,81	-14,24	-13,68	-13,12	-12,56
34	-15,95	-15,42	-14,88	-14,35	-13,82	-13,29	-12,76	-12,23	-11,71
35	-14,93	-14,43	-13,92	-13,42	-12,92	-12,42	-11,92	-11,43	-10,93
36	-14,00	-13,52	-13,05	-12,58	-12,10	-11,63	-11,16	-10,69	-10,23
37	-13,15	-12,70	-12,25	-11,80	-11,36	-10,91	-10,46	-10,02	-9,58
38	-12,37	-11,95	-11,52	-11,10	-10,67	-10,25	-9,83	-9,41	-8,99
39	-11,66	-11,25	-10,85	-10,45	-10,05	-9,65	-9,25	-8,85	-8,46
40	-11,00	-10,62	-10,24	-9,85	-9,47	-9,09	-8,71	-8,34	-7,96
41	-10,40	-10,03	-9,67	-9,31	-8,94	-8,58	-8,22	-7,86	-7,51
42	-9,84	-9,50	-9,15	-8,80	-8,46	-8,11	-7,77	-7,43	-7,09
43	-9,33	-9,00	-8,67	-8,34	-8,01	-7,68	-7,36	-7,03	-6,71
44	-8,86	-8,54	-8,22	-7,91	-7,60	-7,28	-6,97	-6,66	-6,36
45	-8,42	-8,12	-7,82	-7,51	-7,22	-6,92	-6,62	-6,32	-6,03
46	-8,01	-7,72	-7,44	-7,15	-6,86	-6,58	-6,29	-6,01	-5,73
47	-7,64	-7,36	-7,08	-6,81	-6,54	-6,26	-5,99	-5,72	-5,45
48	-7,29	-7,02	-6,76	-6,50	-6,23	-5,97	-5,71	-5,45	-5,20
49	-6,96	-6,71	-6,46	-6,20	-5,95	-5,70	-5,45	-5,21	-4,96
50	-6,66	-6,42	-6,18	-5,94	-5,69	-5,45	-5,22	-4,98	-4,74

# Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
20°	+65,95	+64,59	+63,20	+61,79	+60,35	+58,90	+57,43	+55,94	+54,43
21	+60,01	+58,78	+57,52	+56,25	+54,95	+53,64	+52,31	+50,96	+49,60
22	+54,84	+53,72	+52,59	+51,43	+50,25	+49,06	+47,85	+46,63	+45,39
23	+50,32	+49,30	+48,27	+47,21	+46,14	+45,05	+43,95	+42,84	+41,71
24	+46,34	+45,41	+44,46	+43,50	+42,52	+41,52	+40,52	+39,49	+38,46
25	+42,82	+41,97	+41,10	+40,21	+39,31	+38,40	+37,47	+36,53	+35,58
26	+39,68	+38,90	+38,10	+37,29	+36,46	+35,62	+34,76	+33,90	+33,02
27	+36,88	+36,16	+35,42	+34,67	+33,90	+33,13	+32,34	+31,54	+30,73
28	+34,37	+33,70	+33,02	+32,32	+31,61	+30,89	+30,16	+29,42	+28,67
29	+32,10	+31,48	+30,85	+30,20	+29,55	+28,88	+28,20	+27,51	+26,81
30	+30,06	+29,48	+28,89	+28,29	+27,68	+27,06	+26,42	+25,78	+25,13
31	+28,20	+27,66	+27,11	+26,55	+25,98	+25,40	+24,81	+24,21	+23,60
32	+26,51	+26,00	+25,49	+24,97	+24,44	+23,89	+23,34	+22,78	+22,21
33	+24,96	+24,49	+24,01	+23,52	+23,02	+22,51	+22,00	+21,47	+20,94
34	+23,55	+23,11	+22,66	+22,20	+21,73	+21,25	+20,77	+20,27	+19,77
35	+22,25	+21,84	+21,41	+20,98	+20,54	+20,09	+19,64	+19,17	+18,70
36	+21,05	+20,66	+20,27	+19,86	+19,45	+19,02	+18,59	+18,16	+17,71
37	+19,95	+19,58	+19,21	+18,83	+18,44	+18,04	+17,63	+17,22	+16,80
38	+18,93	+18,58	+18,23	+17,87	+17,50	+17,12	+16,74	+16,35	+15,96
39	+17,99	+17,66	+17,32	+16,98	+16,63	+16,28	+15,92	+15,55	+15,17
40	+17,11	+16,80	+16,48	+16,16	+15,83	+15,49	+15,15	+14,80	+14,45
41	+16,29	+16,00	+15,70	+15,39	+15,08	+14,76	+14,44	+14,10	+13,77
42	+15,53	+15,26	+14,97	+14,68	+14,38	+14,08	+13,77	+13,46	+13,14
43	+14,82	+14,56	+14,29	+14,01	+13,73	+13,44	+13,15	+12,85	+12,54
44	+14,16	+13,91	+13,65	+13,39	+13,12	+12,85	+12,56	+12,28	+11,99
45	+13,54	+13,30	+13,06	+12,81	+12,55	+12,29	+12,02	+11,75	+11,47
46	+12,96	+12,73	+12,50	+12,26	+12,01	+11,76	+11,51	+11,25	+10,98
47	+12,41	+12,20	+11,97	+11,74	+11,51	+11,27	+11,03	+10,78	+10,53
48	+11,90	+11,69	+11,48	+11,26	+11,04	+10,81	+10,58	+10,34	+10,10
49	+11,42	+11,22	+11,02	+10,80	+10,59	+10,37	+10,15	+ 9,92	+ 9,69
50	+10,96	+10,77	+10,58	+10,38	+10,17	+ 9,96	+ 9,75	+ 9,53	+ 9,31



## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ z	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°
20°	-39,48	-37,94	-36,40	-34,88	-33,36	-31,86	-30,37	-28,90	-27,44
21	-35,43	-34,03	-32,64	-31,25	-29,88	-28,52	-27,18	-25,84	-24,53
22	-31,93	-30,65	-29,39	-28,13	-26,88	-25,65	-24,42	-23,22	-22,02
23	-28,89	-27,73	-26,57	-25,42	-24,29	-23,16	-22,04	-20,94	-19,85
24	-26,24	-25,18	-24,12	-23,06	-22,02	-20,99	-19,97	-18,96	-17,96
25	-23,92	-22,94	-21,96	-20,99	-20,04	-19,09	-18,15	-17,22	-16,31
26	-21,87	-20,96	-20,06	-19,17	-18,29	-17,41	-16,55	-15,69	-14,85
27	-20,05	-19,21	-18,38	-17,56	-16,74	-15,93	-15,13	-14,34	-13,56
28	-18,44	-17,66	-16,89	-16,12	-15,36	-14,62	-13,88	-13,14	-12,42
29	-17,00	-16,28	-15,56	-14,85	-14,14	-13,44	-12,76	-12,08	-11,41
30	-15,71	-15,04	-14,37	-13,70	-13,05	-12,40	-11,76	-11,12	-10,50
31	-14,55	-13,92	-13,30	-12,68	-12,06	-11,46	-10,86	-10,27	-9,69
32	-13,51	-12,92	-12,33	-11,75	-11,18	-10,61	-10,05	-9,50	-8,96
33	-12,56	-12,01	-11,46	-10,92	-10,38	-9,85	-9,32	-8,80	-8,30
34	-11,71	-11,19	-10,67	-10,16	-9,66	-9,16	-8,66	-8,18	-7,70
35	-10,93	-10,44	-9,96	-9,48	-9,00	-8,53	-8,07	-7,61	-7,16
36	-10,23	-9,76	-9,31	-8,85	-8,40	-7,96	-7,52	-7,10	-6,67
37	-9,58	-9,14	-8,71	-8,28	-7,86	-7,44	-7,03	-6,63	-6,23
38	-8,99	-8,58	-8,17	-7,77	-7,37	-6,97	-6,58	-6,20	-5,82
39	-8,46	-8,06	-7,68	-7,29	-6,91	-6,54	-6,17	-5,81	-5,45
40	-7,96	-7,59	-7,22	-6,86	-6,50	-6,15	-5,80	-5,45	-5,12
41	-7,51	-7,16	-6,81	-6,46	-6,12	-5,78	-5,45	-5,13	-4,81
42	-7,09	-6,76	-6,43	-6,10	-5,77	-5,45	-5,14	-4,83	-4,53
43	-6,71	-6,39	-6,08	-5,76	-5,45	-5,15	-4,85	-4,56	-4,27
44	-6,36	-6,05	-5,75	-5,45	-5,16	-4,87	-4,59	-4,30	-4,03
45	-6,03	-5,74	-5,45	-5,17	-4,89	-4,61	-4,34	-4,08	-3,81
46	-5,73	-5,45	-5,18	-4,91	-4,64	-4,38	-4,12	-3,86	-3,61
47	-5,45	-5,19	-4,93	-4,67	-4,41	-4,16	-3,91	-3,67	-3,43
48	-5,20	-4,94	-4,69	-4,44	-4,20	-3,96	-3,72	-3,49	-3,26
49	-4,96	-4,72	-4,48	-4,24	-4,01	-3,78	-3,55	-3,32	-3,11
50	-4,74	-4,51	-4,28	-4,05	-3,83	-3,60	-3,39	-3,17	-2,96

Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°
20°	+54,43	+52,92	+51,39	+49,85	+48,31	+46,76	+45,21	+43,65	+42,10
21	+49,60	+48,23	+46,84	+45,45	+44,06	+42,65	+41,24	+39,84	+38,43
22	+45,39	+44,14	+42,89	+41,62	+40,35	+39,07	+37,79	+36,51	+35,23
23	+41,71	+40,57	+39,42	+38,27	+37,10	+35,94	+34,77	+33,59	+32,42
24	+38,46	+37,42	+36,37	+35,31	+34,24	+33,17	+32,10	+31,02	+29,94
25	+35,58	+34,62	+33,66	+32,68	+31,70	+30,72	+29,73	+28,74	+27,75
26	+33,02	+32,14	+31,24	+30,35	+29,44	+28,53	+27,62	+26,71	+25,79
27	+30,73	+29,91	+29,09	+28,26	+27,42	+26,58	+25,73	+24,88	+24,04
28	+28,67	+27,91	+27,15	+26,38	+25,00	+24,82	+24,03	+23,25	+22,46
29	+26,81	+26,11	+25,40	+24,68	+23,96	+23,23	+22,50	+21,77	+21,03
30	+25,13	+24,48	+23,81	+23,14	+22,47	+21,79	+21,11	+20,43	+19,74
31	+23,60	+22,99	+22,37	+21,75	+21,12	+20,48	+19,85	+19,21	+18,56
32	+22,21	+21,64	+21,06	+20,47	+19,88	+19,29	+18,69	+18,09	+17,49
33	+20,94	+20,40	+19,86	+19,31	+18,76	+18,20	+17,64	+17,08	+16,51
34	+19,77	+19,27	+18,76	+18,24	+17,72	+17,20	+16,67	+16,14	+15,61
35	+18,70	+18,23	+17,75	+17,26	+16,77	+16,28	+15,78	+15,28	+14,78
36	+17,71	+17,27	+16,81	+16,36	+15,89	+15,43	+14,96	+14,49	+14,02
37	+16,80	+16,38	+15,95	+15,52	+15,08	+14,64	+14,20	+13,75	+13,31
38	+15,96	+15,56	+15,15	+14,74	+14,33	+13,91	+13,50	+13,07	+12,65
39	+15,17	+14,80	+14,41	+14,02	+13,63	+13,24	+12,84	+12,44	+12,04
40	+14,45	+14,09	+13,72	+13,36	+12,98	+12,61	+12,23	+11,86	+11,48
41	+13,77	+13,43	+13,08	+12,73	+12,38	+12,02	+11,67	+11,31	+10,94
42	+13,14	+12,81	+12,48	+12,15	+11,82	+11,48	+11,14	+10,80	+10,45
43	+12,54	+12,24	+11,92	+11,61	+11,29	+10,97	+10,64	+10,32	+9,99
44	+11,99	+11,70	+11,40	+11,10	+10,79	+10,49	+10,18	+9,87	+9,56
45	+11,47	+11,19	+10,91	+10,62	+10,33	+10,04	+9,74	+9,45	+9,15
46	+10,98	+10,72	+10,45	+10,17	+9,89	+9,62	+9,33	+9,05	+8,76
47	+10,53	+10,27	+10,01	+9,75	+9,48	+9,22	+8,95	+8,68	+8,40
48	+10,10	+9,85	+9,60	+9,35	+9,10	+8,84	+8,58	+8,32	+8,06
49	+9,69	+9,46	+9,22	+8,98	+8,74	+8,49	+8,24	+7,99	+7,74
50	+9,31	+9,08	+8,86	+8,62	+8,39	+8,16	+7,92	+7,68	+7,44

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ z	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
20°	-27,44	-26,01	-24,60	-23,21	-21,84	-20,51	-19,20	-17,92	-16,67
21	-24,53	-23,23	-21,96	-20,70	-19,47	-18,27	-17,09	-15,93	-14,81
22	-22,02	-20,85	-19,69	-18,55	-17,44	-16,34	-15,27	-14,23	-13,21
23	-19,85	-18,78	-17,73	-16,69	-15,67	-14,68	-13,71	-12,76	-11,83
24	-17,96	-16,98	-16,02	-15,07	-14,14	-13,23	-12,34	-11,48	-10,64
25	-16,31	-15,41	-14,52	-13,65	-12,80	-11,97	-11,16	-10,36	-9,59
26	-14,85	-14,02	-13,21	-12,41	-11,63	-10,86	-10,11	-9,38	-8,67
27	-13,56	-12,80	-12,05	-11,31	-10,59	-9,88	-9,19	-8,52	-7,87
28	-12,42	-11,72	-11,02	-10,34	-9,67	-9,02	-8,38	-7,76	-7,15
29	-11,41	-10,75	-10,10	-9,47	-8,85	-8,24	-7,65	-7,08	-6,52
30	-10,50	-9,89	-9,29	-8,70	-8,12	-7,56	-7,01	-6,48	-5,96
31	-9,69	-9,12	-8,56	-8,01	-7,47	-6,94	-6,43	-5,94	-5,45
32	-8,96	-8,42	-7,90	-7,38	-6,88	-6,40	-5,92	-5,45	-5,00
33	-8,30	-7,80	-7,31	-6,83	-6,36	-5,90	-5,45	-5,02	-4,60
34	-7,70	-7,23	-6,77	-6,32	-5,88	-5,45	-5,04	-4,63	-4,24
35	-7,16	-6,72	-6,29	-5,87	-5,45	-5,05	-4,66	-4,28	-3,91
36	-6,67	-6,26	-5,85	-5,45	-5,07	-4,69	-4,32	-3,96	-3,61
37	-6,23	-5,84	-5,45	-5,08	-4,71	-4,36	-4,01	-3,67	-3,35
38	-5,82	-5,45	-5,09	-4,74	-4,39	-4,06	-3,73	-3,41	-3,10
39	-5,45	-5,10	-4,76	-4,43	-4,10	-3,78	-3,48	-3,18	-2,89
40	-5,12	-4,79	-4,46	-4,15	-3,84	-3,54	-3,24	-2,96	-2,69
41	-4,81	-4,50	-4,19	-3,89	-3,60	-3,31	-3,03	-2,77	-2,51
42	-4,53	-4,23	-3,94	-3,65	-3,38	-3,10	-2,84	-2,59	-2,34
43	-4,27	-3,98	-3,71	-3,44	-3,17	-2,92	-2,67	-2,43	-2,19
44	-4,03	-3,76	-3,50	-3,24	-2,99	-2,74	-2,51	-2,28	-2,06
45	-3,81	-3,56	-3,30	-3,06	-2,82	-2,59	-2,36	-2,14	-1,93
46	-3,61	-3,37	-3,13	-2,89	-2,67	-2,44	-2,23	-2,02	-1,82
47	-3,43	-3,20	-2,97	-2,74	-2,52	-2,31	-2,11	-1,91	-1,72
48	-3,26	-3,04	-2,82	-2,60	-2,40	-2,19	-2,00	-1,81	-1,62
49	-3,11	-2,89	-2,68	-2,48	-2,28	-2,08	-1,90	-1,72	-1,54
50	-2,96	-2,76	-2,56	-2,36	-2,17	-1,98	-1,81	-1,63	-1,46

Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
20°	+42,10	+40,55	+39,00	+37,46	+35,92	+34,40	+32,89	+31,39	+29,90
21	+38,43	+37,02	+35,62	+34,22	+32,82	+31,44	+30,07	+28,70	+27,36
22	+35,23	+33,94	+32,66	+31,39	+30,12	+28,86	+27,61	+26,36	+25,13
23	+32,42	+31,25	+30,08	+28,91	+27,75	+26,59	+25,44	+24,31	+23,18
24	+29,94	+28,87	+27,79	+26,72	+25,65	+24,59	+23,54	+22,49	+21,45
25	+27,75	+26,76	+25,77	+24,78	+23,79	+22,81	+21,84	+20,88	+19,92
26	+25,79	+24,87	+23,96	+23,04	+22,13	+21,23	+20,33	+19,43	+18,55
27	+24,04	+23,19	+22,34	+21,49	+20,65	+19,81	+18,97	+18,14	+17,32
28	+22,46	+21,67	+20,88	+20,09	+19,31	+18,53	+17,75	+16,98	+16,21
29	+21,03	+20,30	+19,56	+18,83	+18,10	+17,37	+16,64	+15,92	+15,21
30	+19,74	+19,05	+18,37	+17,68	+17,00	+16,32	+15,64	+14,97	+14,30
31	+18,56	+17,92	+17,28	+16,64	+16,00	+15,36	+14,73	+14,10	+13,47
32	+17,49	+16,89	+16,29	+15,69	+15,09	+14,49	+13,89	+13,30	+12,71
33	+16,51	+15,95	+15,38	+14,81	+14,25	+13,69	+13,13	+12,57	+12,02
34	+15,61	+15,08	+14,54	+14,01	+13,48	+12,95	+12,42	+11,90	+11,38
35	+14,78	+14,28	+13,78	+13,28	+12,77	+12,27	+11,78	+11,28	+10,79
36	+14,02	+13,54	+13,07	+12,59	+12,12	+11,65	+11,18	+10,71	+10,24
37	+13,31	+12,86	+12,41	+11,96	+11,52	+11,07	+10,62	+10,18	+ 9,74
38	+12,65	+12,23	+11,80	+11,38	+10,95	+10,53	+10,11	+ 9,69	+ 9,27
39	+12,04	+11,64	+11,24	+10,83	+10,43	+10,03	+ 9,63	+ 9,23	+ 8,83
40	+11,48	+11,09	+10,71	+10,33	+ 9,94	+ 9,56	+ 9,18	+ 8,80	+ 8,43
41	+10,94	+10,58	+10,22	+ 9,86	+ 9,49	+ 9,13	+ 8,77	+ 8,40	+ 8,05
42	+10,45	+10,11	+ 9,76	+ 9,41	+ 9,07	+ 8,72	+ 8,38	+ 8,03	+ 7,69
43	+ 9,99	+ 9,66	+ 9,33	+ 9,00	+ 8,67	+ 8,34	+ 8,01	+ 7,68	+ 7,36
44	+ 9,56	+ 9,24	+ 8,93	+ 8,61	+ 8,30	+ 7,98	+ 7,67	+ 7,35	+ 7,04
45	+ 9,15	+ 8,85	+ 8,55	+ 8,25	+ 7,95	+ 7,64	+ 7,34	+ 7,05	+ 6,75
46	+ 8,76	+ 8,48	+ 8,19	+ 7,90	+ 7,62	+ 7,33	+ 7,04	+ 6,76	+ 6,47
47	+ 8,40	+ 8,13	+ 7,86	+ 7,58	+ 7,30	+ 7,03	+ 6,76	+ 6,48	+ 6,21
48	+ 8,06	+ 7,80	+ 7,54	+ 7,28	+ 7,01	+ 6,75	+ 6,48	+ 6,22	+ 5,96
49	+ 7,74	+ 7,49	+ 7,24	+ 6,99	+ 6,73	+ 6,48	+ 6,23	+ 5,98	+ 5,73
50	+ 7,44	+ 7,20	+ 6,96	+ 6,71	+ 6,47	+ 6,23	+ 5,99	+ 5,74	+ 5,50

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ $z$	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°
20°	-16,67	-15,46	14,28	-13,14	-12,03	-10,97	-9,94	-8,96	-8,01
21	-14,81	-13,72	-12,66	-11,63	-10,63	-9,68	-8,75	-7,87	-7,02
22	-13,21	12,22	-11,26	-10,33	-9,44	-8,57	-7,74	-6,94	-6,18
23	-11,83	-10,94	-10,06	-9,22	-8,40	-7,62	-6,87	-6,14	-5,45
24	-10,64	-9,82	-9,02	-8,25	-7,51	-6,80	-6,11	-5,45	-4,83
25	-9,59	-8,84	-8,11	-7,41	-6,73	-6,08	-5,45	-4,86	-4,28
26	-8,67	-7,98	-7,32	-6,67	-6,05	-5,45	-4,88	-4,33	-3,81
27	-7,87	-7,23	-6,62	-6,02	-5,45	-4,90	-4,38	-3,88	-3,40
28	-7,15	-6,57	-6,00	-5,45	-4,93	-4,42	-3,94	-3,47	-3,03
29	-6,52	-5,98	-5,45	-4,95	-4,46	-3,99	-3,55	-3,12	-2,71
30	-5,96	-5,45	-4,97	-4,50	-4,05	-3,62	-3,20	-2,81	-2,43
31	-5,45	-4,99	-4,53	-4,10	-3,68	-3,28	-2,89	-2,53	-2,18
32	-5,00	-4,57	-4,15	-3,74	-3,35	-2,98	-2,62	-2,28	-1,96
33	-4,60	-4,19	-3,80	-3,42	-3,06	-2,71	-2,38	-2,06	-1,76
34	-4,24	-3,86	-3,49	-3,14	-2,80	-2,47	-2,16	-1,86	-1,58
35	-3,91	-3,55	-3,21	-2,88	-2,56	-2,26	-1,96	-1,69	-1,43
36	-3,61	-3,28	-2,96	-2,64	-2,35	-2,06	-1,79	-1,53	-1,29
37	-3,35	-3,03	-2,73	-2,44	-2,16	-1,89	-1,63	-1,39	-1,16
38	-3,10	-2,81	-2,52	-2,25	-1,98	-1,73	-1,49	-1,26	-1,05
39	-2,89	-2,61	-2,34	-2,08	-1,83	-1,59	-1,36	-1,15	-0,95
40	-2,69	-2,42	-2,17	-1,92	-1,69	-1,46	-1,25	-1,05	-0,86
41	-2,51	-2,26	-2,01	-1,78	-1,56	-1,35	-1,15	-0,96	-0,78
42	-2,34	-2,10	-1,88	-1,66	-1,45	-1,25	-1,06	-0,88	-0,71
43	-2,19	-1,97	-1,75	-1,54	-1,34	-1,15	-0,97	-0,80	-0,64
44	-2,06	-1,84	-1,64	-1,44	-1,25	-1,07	-0,90	-0,74	-0,59
45	-1,93	-1,73	-1,53	-1,34	-1,17	-1,00	-0,83	-0,68	-0,54
46	-1,82	-1,63	-1,44	-1,26	-1,09	-0,93	-0,77	-0,63	-0,49
47	-1,72	-1,53	-1,36	-1,18	-1,02	-0,87	-0,72	-0,58	-0,45
48	-1,62	-1,45	-1,28	-1,12	-0,96	-0,81	-0,67	-0,54	-0,42
49	-1,54	-1,37	-1,21	-1,05	-0,90	-0,76	-0,63	-0,50	-0,39
50	-1,46	-1,30	-1,15	-1,00	-0,86	-0,72	-0,59	-0,47	-0,36

Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°
20°	+29,90	+28,44	+26,99	+25,56	+24,16	+22,78	+21,42	+20,09	+18,79
21	+27,36	+26,02	+24,71	+23,41	+22,13	+20,87	+19,64	+18,43	+17,24
22	+25,13	+23,92	+22,71	+21,53	+20,36	+19,21	+18,08	+16,97	+15,89
23	+23,18	+22,06	+20,96	+19,87	+18,80	+17,74	+16,71	+15,69	+14,70
24	+21,45	+20,42	+19,41	+18,41	+17,42	+16,45	+15,49	+14,56	+13,64
25	+19,92	+18,97	+18,03	+17,11	+16,20	+15,30	+14,41	+13,55	+12,70
26	+18,55	+17,67	+16,80	+15,94	+15,10	+14,27	+13,45	+12,64	+11,86
27	+17,32	+16,50	+15,70	+14,90	+14,11	+13,34	+12,58	+11,83	+11,10
28	+16,21	+15,45	+14,70	+13,96	+13,23	+12,50	+11,79	+11,10	+10,41
29	+15,21	+14,50	+13,80	+13,11	+12,42	+11,75	+11,08	+10,43	+ 9,79
30	+14,30	+13,64	+12,98	+12,33	+11,69	+11,06	+10,44	+ 9,83	+ 9,23
31	+13,47	+12,85	+12,23	+11,62	+11,02	+10,43	+ 9,85	+ 9,27	+ 8,71
32	+12,71	+12,13	+11,55	+10,98	+10,41	+ 9,86	+ 9,31	+ 8,77	+ 8,24
33	+12,02	+11,47	+10,92	+10,38	+ 9,85	+ 9,33	+ 8,81	+ 8,30	+ 7,80
34	+11,38	+10,86	+10,35	+ 9,84	+ 9,34	+ 8,84	+ 8,35	+ 7,87	+ 7,40
35	+10,79	+10,30	+ 9,81	+ 9,33	+ 8,86	+ 8,39	+ 7,93	+ 7,48	+ 7,03
36	+10,24	+ 9,78	+ 9,32	+ 8,87	+ 8,42	+ 7,98	+ 7,54	+ 7,11	+ 6,69
37	+ 9,74	+ 9,30	+ 8,87	+ 8,44	+ 8,01	+ 7,59	+ 7,18	+ 6,77	+ 6,37
38	+ 9,27	+ 8,85	+ 8,44	+ 8,03	+ 7,63	+ 7,23	+ 6,84	+ 6,45	+ 6,07
39	+ 8,83	+ 8,44	+ 8,05	+ 7,66	+ 7,28	+ 6,90	+ 6,52	+ 6,16	+ 5,80
40	+ 8,43	+ 8,05	+ 7,68	+ 7,31	+ 6,95	+ 6,59	+ 6,23	+ 5,88	+ 5,54
41	+ 8,05	+ 7,69	+ 7,34	+ 6,98	+ 6,64	+ 6,29	+ 5,96	+ 5,62	+ 5,29
42	+ 7,69	+ 7,35	+ 7,01	+ 6,68	+ 6,35	+ 6,02	+ 5,70	+ 5,38	+ 5,06
43	+ 7,36	+ 7,03	+ 6,71	+ 6,39	+ 6,08	+ 5,76	+ 5,46	+ 5,15	+ 4,85
44	+ 7,04	+ 6,73	+ 6,43	+ 6,12	+ 5,82	+ 5,52	+ 5,23	+ 4,94	+ 4,65
45	+ 6,75	+ 6,45	+ 6,16	+ 5,87	+ 5,58	+ 5,29	+ 5,01	+ 4,73	+ 4,46
46	+ 6,47	+ 6,19	+ 5,91	+ 5,63	+ 5,35	+ 5,08	+ 4,81	+ 4,54	+ 4,28
47	+ 6,21	+ 5,94	+ 5,67	+ 5,40	+ 5,14	+ 4,88	+ 4,62	+ 4,36	+ 4,11
48	+ 5,96	+ 5,70	+ 5,44	+ 5,19	+ 4,93	+ 4,68	+ 4,44	+ 4,19	+ 3,95
49	+ 5,73	+ 5,48	+ 5,23	+ 4,98	+ 4,74	+ 4,50	+ 4,26	+ 4,03	+ 3,80
50	+ 5,50	+ 5,26	+ 5,03	+ 4,79	+ 4,56	+ 4,33	+ 4,10	+ 3,87	+ 3,65

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ $z$	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°
20°	-8,01	-7,12	-6,26	-5,45	-4,69	-3,98	-3,32	-2,70	-2,14
21	-7,02	-6,22	-5,45	-4,73	-4,05	-3,41	-2,82	-2,27	-1,77
22	-6,18	-5,45	-4,77	-4,12	-3,51	-2,94	-2,40	-1,92	-1,47
23	-5,45	-4,80	-4,18	-3,59	-3,04	-2,53	-2,05	-1,61	-1,21
24	-4,83	-4,23	-3,67	-3,14	-2,64	-2,18	-1,74	-1,35	-0,99
25	-4,28	-3,74	-3,23	-2,75	-2,30	-1,87	-1,48	-1,13	-0,80
26	-3,81	-3,32	-2,85	-2,41	-2,00	-1,61	-1,26	-0,94	-0,64
27	-3,40	-2,94	-2,52	-2,11	-1,74	-1,39	-1,06	-0,77	-0,50
28	-3,03	-2,62	-2,22	-1,86	-1,51	-1,19	-0,90	-0,63	-0,39
29	-2,71	-2,33	-1,97	-1,63	-1,31	-1,02	-0,75	-0,50	-0,28
30	-2,43	-2,08	-1,74	-1,43	-1,14	-0,87	-0,62	-0,40	-0,20
31	-2,18	-1,85	-1,54	-1,26	-0,99	-0,74	-0,51	-0,30	-0,12
32	-1,96	-1,65	-1,37	-1,10	-0,85	-0,62	-0,41	-0,22	-0,06
33	-1,76	-1,48	-1,21	-0,96	-0,73	-0,52	-0,33	-0,15	0,00
34	-1,58	-1,32	-1,07	-0,84	-0,63	-0,43	-0,26	-0,09	+0,05
35	-1,43	-1,18	-0,95	-0,74	-0,54	-0,36	-0,19	-0,04	+0,09
36	-1,29	-1,06	-0,84	-0,64	-0,46	-0,29	-0,13	-0,00	+0,13
37	-1,16	-0,95	-0,75	-0,56	-0,39	-0,23	-0,08	+0,04	+0,16
38	-1,05	-0,85	-0,66	-0,48	-0,32	-0,18	-0,04	+0,08	+0,18
39	-0,95	-0,76	-0,58	-0,42	-0,27	-0,13	-0,00	+0,11	+0,20
40	-0,86	-0,68	-0,52	-0,36	-0,22	-0,09	+0,03	+0,13	+0,22
41	-0,78	-0,61	-0,46	-0,31	-0,18	-0,06	+0,05	+0,15	+0,24
42	-0,71	-0,55	-0,40	-0,26	-0,14	-0,02	+0,08	+0,17	+0,25
43	-0,64	-0,49	-0,36	-0,23	-0,11	0,00	+0,10	+0,18	+0,26
44	-0,59	-0,44	-0,31	-0,19	-0,08	+0,02	+0,11	+0,19	+0,26
45	-0,54	-0,40	-0,28	-0,16	-0,06	+0,04	+0,13	+0,20	+0,27
46	-0,49	-0,36	-0,24	-0,14	-0,04	+0,06	+0,14	+0,21	+0,27
47	-0,45	-0,33	-0,22	-0,11	-0,02	+0,07	+0,14	+0,21	+0,27
48	-0,42	-0,30	-0,19	-0,09	0,00	+0,08	+0,15	+0,22	+0,27
49	-0,39	-0,28	-0,17	-0,08	+0,01	+0,08	+0,16	+0,22	+0,27
50	-0,36	-0,25	-0,16	-0,07	+0,02	+0,09	+0,16	+0,22	+0,26

Ю Ж Н Ы Е    З В Е З Д Ы

$\varphi$ z	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°
20°	+18,79	+17,52	+16,29	+15,09	+13,92	+12,79	+11,69	+10,64	+9,63
21	+17,24	+16,09	+14,96	+13,86	+12,80	+11,76	+10,77	+9,80	+8,88
22	+15,89	+14,83	+13,80	+12,79	+11,82	+10,87	+9,95	+9,07	+8,22
23	+14,70	+13,72	+12,77	+11,85	+10,95	+10,08	+9,23	+8,42	+7,63
24	+13,64	+12,74	+11,87	+11,01	+10,18	+9,38	+8,60	+7,84	+7,11
25	+12,70	+11,87	+11,06	+10,26	+9,50	+8,75	+8,02	+7,32	+6,65
26	+11,86	+11,08	+10,33	+9,60	+8,88	+8,19	+7,51	+6,86	+6,23
27	+11,10	+10,38	+9,68	+8,99	+8,33	+7,68	+7,05	+6,44	+5,86
28	+10,41	+9,74	+9,09	+8,45	+7,82	+7,22	+6,63	+6,06	+5,51
29	+9,79	+9,16	+8,55	+7,95	+7,37	+6,80	+6,25	+5,72	+5,20
30	+9,23	+8,64	+8,06	+7,50	+6,96	+6,42	+5,90	+5,40	+4,92
31	+8,71	+8,16	+7,62	+7,09	+6,58	+6,07	+5,59	+5,12	+4,66
32	+8,24	+7,72	+7,21	+6,71	+6,23	+5,75	+5,30	+4,85	+4,42
33	+7,80	+7,31	+6,83	+6,36	+5,90	+5,46	+5,02	+4,60	+4,20
34	+7,40	+6,94	+6,48	+6,04	+5,61	+5,19	+4,78	+4,38	+3,99
35	+7,03	+6,59	+6,16	+5,74	+5,33	+4,93	+4,55	+4,17	+3,80
36	+6,69	+6,27	+5,87	+5,47	+5,08	+4,70	+4,33	+3,97	+3,63
37	+6,37	+5,98	+5,59	+5,21	+4,84	+4,48	+4,13	+3,79	+3,46
38	+6,07	+5,70	+5,33	+4,97	+4,62	+4,28	+3,95	+3,62	+3,31
39	+5,80	+5,44	+5,09	+4,75	+4,42	+4,09	+3,77	+3,46	+3,16
40	+5,54	+5,20	+4,86	+4,54	+4,22	+3,91	+3,61	+3,31	+3,03
41	+5,29	+4,97	+4,65	+4,34	+4,04	+3,74	+3,45	+3,17	+2,90
42	+5,06	+4,76	+4,46	+4,16	+3,87	+3,59	+3,31	+3,04	+2,78
43	+4,85	+4,56	+4,27	+3,98	+3,71	+3,44	+3,17	+2,92	+2,67
44	+4,65	+4,37	+4,09	+3,82	+3,56	+3,30	+3,04	+2,80	+2,56
45	+4,46	+4,19	+3,93	+3,67	+3,41	+3,16	+2,92	+2,69	+2,46
46	+4,28	+4,02	+3,77	+3,52	+3,28	+3,04	+2,81	+2,58	+2,36
47	+4,11	+3,86	+3,62	+3,38	+3,15	+2,92	+2,70	+2,48	+2,27
48	+3,95	+3,71	+3,48	+3,25	+3,03	+2,81	+2,60	+2,39	+2,18
49	+3,80	+3,57	+3,34	+3,13	+2,91	+2,70	+2,50	+2,30	+2,10
50	+3,65	+3,43	+3,22	+3,01	+2,80	+2,60	+2,40	+2,21	+2,02



## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ $z$	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
50°	-6,66	-6,42	-6,18	-5,94	-5,69	-5,45	-5,22	-4,98	-4,74
51	-6,38	-6,15	-5,92	-5,69	-5,45	-5,22	-4,99	-4,77	-4,54
52	-6,12	-5,90	-5,68	-5,45	-5,23	-5,01	-4,79	-4,57	-4,35
53	-5,88	-5,67	-5,45	-5,24	-5,02	-4,81	-4,60	-4,39	-4,18
54	-5,66	-5,45	-5,25	-5,04	-4,83	-4,63	-4,42	-4,22	-4,02
55	-5,45	-5,25	-5,05	-4,86	-4,66	-4,46	-4,26	-4,07	-3,87
56	-5,26	-5,07	-4,88	-4,68	-4,49	-4,30	-4,11	-3,92	-3,74
57	-5,08	-4,90	-4,71	-4,52	-4,34	-4,16	-3,97	-3,79	-3,61
58	-4,92	-4,74	-4,56	-4,38	-4,20	-4,02	-3,84	-3,67	-3,50
59	-4,76	-4,59	-4,42	-4,24	-4,07	-3,90	-3,73	-3,57	-3,39
60	-4,62	-4,45	-4,28	-4,12	-3,95	-3,78	-3,62	-3,45	-3,29
61	-4,49	-4,33	-4,16	-4,00	-3,84	-3,68	-3,52	-3,36	-3,20
62	-4,37	-4,21	-4,05	-3,90	-3,74	-3,58	-3,43	-3,27	-3,12
63	-4,25	-4,10	-3,95	-3,80	-3,64	-3,49	-3,34	-3,19	-3,05
64	-4,15	-4,00	-3,86	-3,71	-3,56	-3,41	-3,27	-3,12	-2,98
65	-4,06	-3,91	-3,77	-3,63	-3,48	-3,34	-3,20	-3,06	-2,92
66	-3,97	-3,83	-3,69	-3,55	-3,41	-3,27	-3,14	-3,00	-2,86
67	-3,89	-3,76	-3,62	-3,48	-3,35	-3,21	-3,08	-2,95	-2,81
68	-3,82	-3,69	-3,56	-3,42	-3,29	-3,16	-3,03	-2,90	-2,77
69	-3,76	-3,63	-3,50	-3,37	-3,24	-3,11	-2,98	-2,86	-2,73
70	-3,70	-3,57	-3,45	-3,32	-3,20	-3,07	-2,95	-2,82	-2,70
71	-3,64	-3,52	-3,40	-3,28	-3,16	-3,04	-2,91	-2,79	-2,67
72	-3,60	-3,48	-3,36	-3,24	-3,12	-3,00	-2,88	-2,77	-2,65
73	-3,56	-3,44	-3,33	-3,21	-3,09	-2,98	-2,86	-2,75	-2,63
74	-3,53	-3,41	-3,30	-3,18	-3,07	-2,96	-2,84	-2,73	-2,62
75	-3,50	-3,39	-3,28	-3,16	-3,06	-2,94	-2,83	-2,72	-2,61
76	-3,48	-3,37	-3,26	-3,15	-3,04	-2,93	-2,82	-2,71	-2,60
77	-3,46	-3,35	-3,24	-3,14	-3,03	-2,92	-2,81	-2,71	-2,60
78	-3,45	-3,34	-3,24	-3,13	-3,02	-2,92	-2,81	-2,71	-2,60
79	-3,44	-3,34	-3,23	-3,13	-3,02	-2,92	-2,82	-2,71	-2,61
80	-3,44	-3,33	-3,23	-3,13	-3,03	-2,93	-2,82	-2,72	-2,62

# ЮЖНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ $z$	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
50°	+10,96	+10,77	+10,58	+10,38	+10,17	+9,96	+9,75	+9,53	+9,31
51	+10,53	+10,35	+10,16	+ 9,97	+ 9,77	+9,57	+9,37	+9,16	+8,95
52	+10,13	+ 9,95	+ 9,77	+ 9,59	+ 9,40	+9,21	+9,01	+8,81	+8,60
53	+ 9,75	+ 9,58	+ 9,40	+ 9,23	+ 9,04	+8,86	+8,67	+8,48	+8,28
54	+ 9,38	+ 9,22	+ 9,06	+ 8,88	+ 8,71	+8,53	+8,35	+8,16	+7,97
55	+ 9,04	+ 8,87	+ 8,72	+ 8,56	+ 8,39	+8,22	+8,04	+7,86	+7,68
56	+ 8,72	+ 8,57	+ 8,41	+ 8,25	+ 8,09	+7,92	+7,76	+7,58	+7,41
57	+ 8,41	+ 8,26	+ 8,12	+ 7,96	+ 7,80	+7,64	+7,48	+7,31	+7,14
58	+ 8,12	+ 7,98	+ 7,83	+ 7,68	+ 7,53	+7,38	+7,22	+7,06	+6,89
59	+ 7,84	+ 7,71	+ 7,57	+ 7,42	+ 7,28	+7,12	+6,97	+6,82	+6,66
60	+ 7,58	+ 7,45	+ 7,31	+ 7,17	+ 7,03	+6,88	+6,74	+6,59	+6,43
61	+ 7,33	+ 7,20	+ 7,07	+ 6,94	+ 6,80	+6,66	+6,51	+6,37	+6,22
62	+ 7,09	+ 6,97	+ 6,84	+ 6,71	+ 6,58	+6,44	+6,30	+6,16	+6,01
63	+ 6,87	+ 6,74	+ 6,62	+ 6,49	+ 6,36	+6,23	+6,10	+5,96	+5,82
64	+ 6,65	+ 6,53	+ 6,41	+ 6,29	+ 6,16	+6,03	+5,90	+5,77	+5,63
65	+ 6,45	+ 6,33	+ 6,21	+ 6,09	+ 5,97	+5,84	+5,72	+5,59	+5,45
66	+ 6,25	+ 6,14	+ 6,02	+ 5,91	+ 5,79	+5,66	+5,54	+5,41	+5,28
67	+ 6,07	+ 5,96	+ 5,84	+ 5,73	+ 5,61	+5,49	+5,37	+5,25	+5,12
68	+ 5,89	+ 5,78	+ 5,67	+ 5,56	+ 5,45	+5,33	+5,21	+5,09	+4,97
69	+ 5,72	+ 5,62	+ 5,51	+ 5,40	+ 5,29	+5,18	+5,06	+4,94	+4,82
70	+ 5,56	+ 5,46	+ 5,35	+ 5,25	+ 5,14	+5,03	+4,91	+4,80	+4,68
71	+ 5,41	+ 5,31	+ 5,21	+ 5,10	+ 4,99	+4,88	+4,77	+4,66	+4,55
72	+ 5,26	+ 5,17	+ 5,06	+ 4,96	+ 4,86	+4,75	+4,64	+4,53	+4,42
73	+ 5,13	+ 5,03	+ 4,93	+ 4,83	+ 4,72	+4,62	+4,51	+4,40	+4,29
74	+ 5,00	+ 4,90	+ 4,80	+ 4,70	+ 4,60	+4,50	+4,39	+4,28	+4,18
75	+ 4,87	+ 4,78	+ 4,68	+ 4,58	+ 4,48	+4,38	+4,28	+4,17	+4,07
76	+ 4,75	+ 4,66	+ 4,56	+ 4,47	+ 4,37	+4,27	+4,17	+4,06	+3,96
77	+ 4,64	+ 4,55	+ 4,46	+ 4,36	+ 4,26	+4,16	+4,06	+3,96	+3,86
78	+ 4,54	+ 4,44	+ 4,35	+ 4,26	+ 4,16	+4,06	+3,96	+3,86	+3,76
79	+ 4,43	+ 4,34	+ 4,25	+ 4,16	+ 4,06	+3,96	+3,87	+3,77	+3,67
80	+ 4,34	+ 4,25	+ 4,16	+ 4,06	+ 3,97	+3,87	+3,78	+3,68	+3,58

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ $z$	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°
50°	-4,74	-4,51	-4,28	-4,05	-3,83	-3,60	-3,39	-3,17	-2,96
51	-4,54	-4,32	-4,10	-3,88	-3,66	-3,45	-3,24	-3,03	-2,83
52	-4,35	-4,14	-3,93	-3,72	-3,51	-3,30	-3,10	-2,91	-2,71
53	-4,18	-3,97	-3,77	-3,57	-3,37	-3,17	-2,98	-2,79	-2,60
54	-4,02	-3,82	-3,62	-3,43	-3,24	-3,05	-2,86	-2,68	-2,50
55	-3,87	-3,68	-3,49	-3,30	-3,12	-2,94	-2,76	-2,58	-2,41
56	-3,74	-3,55	-3,37	-3,19	-3,01	-2,84	-2,66	-2,49	-2,33
57	-3,61	-3,43	-3,26	-3,08	-2,91	-2,74	-2,57	-2,41	-2,25
58	-3,50	-3,32	-3,15	-2,98	-2,82	-2,65	-2,49	-2,34	-2,18
59	-3,39	-3,22	-3,06	-2,90	-2,73	-2,58	-2,42	-2,27	-2,12
60	-3,29	-3,13	-2,97	-2,81	-2,66	-2,50	-2,35	-2,20	-2,06
61	-3,20	-3,05	-2,89	-2,74	-2,59	-2,44	-2,29	-2,15	-2,01
62	-3,12	-2,97	-2,82	-2,67	-2,52	-2,38	-2,24	-2,10	-1,96
63	-3,05	-2,90	-2,75	-2,61	-2,47	-2,33	-2,19	-2,06	-1,92
64	-2,98	-2,84	-2,69	-2,56	-2,42	-2,28	-2,15	-2,02	-1,89
65	-2,92	-2,78	-2,64	-2,51	-2,37	-2,24	-2,11	-1,98	-1,86
66	-2,86	-2,73	-2,59	-2,46	-2,33	-2,20	-2,08	-1,95	-1,83
67	-2,81	-2,68	-2,55	-2,42	-2,30	-2,17	-2,05	-1,93	-1,81
68	-2,77	-2,64	-2,52	-2,39	-2,27	-2,14	-2,02	-1,90	-1,79
69	-2,73	-2,61	-2,48	-2,36	-2,24	-2,12	-2,00	-1,89	-1,77
70	-2,70	-2,58	-2,46	-2,34	-2,22	-2,10	-1,99	-1,87	-1,76
71	-2,67	-2,55	-2,44	-2,32	-2,20	-2,09	-1,97	-1,86	-1,75
72	-2,65	-2,53	-2,42	-2,30	-2,19	-2,08	-1,97	-1,86	-1,75
73	-2,63	-2,52	-2,40	-2,29	-2,18	-2,07	-1,96	-1,85	-1,75
74	-2,62	-2,50	-2,39	-2,28	-2,17	-2,07	-1,96	-1,85	-1,75
75	-2,61	-2,50	-2,39	-2,28	-2,17	-2,07	-1,96	-1,86	-1,76
76	-2,60	-2,49	-2,39	-2,28	-2,17	-2,07	-1,97	-1,86	-1,76
77	-2,60	-2,49	-2,39	-2,28	-2,18	-2,08	-1,97	-1,87	-1,77
78	-2,60	-2,50	-2,39	-2,29	-2,19	-2,09	-1,99	-1,89	-1,79
79	-2,61	-2,51	-2,40	-2,30	-2,20	-2,10	-2,00	-1,90	-1,80
80	-2,62	-2,52	-2,42	-2,32	-2,22	-2,12	-2,02	-1,92	-1,82

# Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°
50°	+9,31	+9,08	+8,86	+8,62	+8,39	+8,16	+7,92	+7,68	+7,44
51	+8,95	+8,73	+8,51	+8,29	+8,07	+7,84	+7,61	+7,38	+7,15
52	+8,60	+8,40	+8,19	+7,97	+7,76	+7,54	+7,32	+7,10	+6,88
53	+8,28	+8,08	+7,88	+7,67	+7,47	+7,26	+7,05	+6,84	+6,62
54	+7,97	+7,78	+7,59	+7,39	+7,19	+6,99	+6,79	+6,58	+6,38
55	+7,68	+7,50	+7,31	+7,12	+6,93	+6,74	+6,54	+6,34	+6,15
56	+7,41	+7,23	+7,05	+6,86	+6,68	+6,49	+6,30	+6,12	+5,92
57	+7,14	+6,97	+6,80	+6,62	+6,44	+6,26	+6,08	+5,90	+5,71
58	+6,89	+6,73	+6,56	+6,39	+6,22	+6,04	+5,87	+5,69	+5,51
59	+6,66	+6,50	+6,34	+6,17	+6,00	+5,84	+5,66	+5,49	+5,32
60	+6,43	+6,28	+6,12	+5,96	+5,80	+5,64	+5,47	+5,31	+5,14
61	+6,22	+6,07	+5,91	+5,76	+5,60	+5,45	+5,29	+5,13	+4,97
62	+6,01	+5,87	+5,72	+5,57	+5,42	+5,26	+5,11	+4,96	+4,80
63	+5,82	+5,68	+5,53	+5,39	+5,24	+5,09	+4,94	+4,79	+4,64
64	+5,63	+5,49	+5,35	+5,21	+5,07	+4,93	+4,78	+4,64	+4,49
65	+5,45	+5,32	+5,18	+5,05	+4,91	+4,77	+4,63	+4,49	+4,34
66	+5,28	+5,15	+5,02	+4,89	+4,75	+4,62	+4,48	+4,34	+4,20
67	+5,12	+5,00	+4,87	+4,74	+4,61	+4,47	+4,34	+4,20	+4,07
68	+4,97	+4,84	+4,72	+4,59	+4,46	+4,34	+4,20	+4,07	+3,95
69	+4,82	+4,70	+4,58	+4,45	+4,33	+4,20	+4,08	+3,95	+3,82
70	+4,68	+4,56	+4,44	+4,32	+4,20	+4,08	+3,95	+3,83	+3,70
71	+4,55	+4,43	+4,31	+4,19	+4,08	+3,96	+3,83	+3,71	+3,59
72	+4,42	+4,30	+4,19	+4,07	+3,96	+3,84	+3,72	+3,60	+3,48
73	+4,29	+4,18	+4,07	+3,96	+3,84	+3,73	+3,61	+3,50	+3,38
74	+4,18	+4,07	+3,96	+3,85	+3,73	+3,62	+3,51	+3,39	+3,28
75	+4,06	+3,96	+3,85	+3,74	+3,63	+3,52	+3,41	+3,30	+3,18
76	+3,96	+3,85	+3,75	+3,64	+3,53	+3,42	+3,31	+3,20	+3,09
77	+3,86	+3,75	+3,65	+3,54	+3,44	+3,33	+3,22	+3,11	+3,01
78	+3,76	+3,66	+3,55	+3,45	+3,34	+3,24	+3,13	+3,03	+2,92
79	+3,67	+3,56	+3,46	+3,36	+3,26	+3,15	+3,05	+2,95	+2,84
80	+3,58	+3,48	+3,38	+3,28	+3,17	+3,07	+2,97	+2,87	+2,76

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\Phi$ z	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
50°	-2,96	-2,76	-2,56	-2,36	-2,17	-1,98	-1,81	-1,63	-1,46
51	-2,83	-2,64	-2,44	-2,26	-2,07	-1,90	-1,72	-1,56	-1,39
52	-2,71	-2,52	-2,34	-2,16	-1,98	-1,81	-1,65	-1,49	-1,33
53	-2,60	-2,42	-2,24	-2,07	-1,90	-1,74	-1,58	-1,42	-1,28
54	-2,50	-2,33	-2,16	-1,99	-1,83	-1,67	-1,52	-1,37	-1,22
55	-2,41	-2,24	-2,08	-1,92	-1,76	-1,61	-1,46	-1,32	-1,18
56	-2,33	-2,16	-2,00	-1,85	-1,70	-1,55	-1,41	-1,27	-1,14
57	-2,25	-2,09	-1,94	-1,79	-1,64	-1,50	-1,36	-1,23	-1,10
58	-2,18	-2,03	-1,88	-1,74	-1,59	-1,46	-1,32	-1,20	-1,07
59	-2,12	-1,97	-1,83	-1,69	-1,55	-1,42	-1,29	-1,16	-1,04
60	-2,06	-1,92	-1,78	-1,64	-1,51	-1,38	-1,26	-1,14	-1,02
61	-2,01	-1,87	-1,74	-1,60	-1,48	-1,35	-1,23	-1,11	-1,00
62	-1,96	-1,83	-1,70	-1,57	-1,45	-1,32	-1,21	-1,09	-0,98
63	-1,92	-1,79	-1,66	-1,54	-1,42	-1,30	-1,19	-1,08	-0,97
64	-1,89	-1,76	-1,64	-1,52	-1,40	-1,28	-1,17	-1,06	-0,96
65	-1,86	-1,73	-1,61	-1,49	-1,38	-1,27	-1,16	-1,06	-0,95
66	-1,83	-1,71	-1,59	-1,48	-1,36	-1,26	-1,15	-1,05	-0,95
67	-1,81	-1,69	-1,57	-1,46	-1,35	-1,25	-1,14	-1,04	-0,95
68	-1,79	-1,67	-1,56	-1,45	-1,34	-1,24	-1,14	-1,04	-0,95
69	-1,77	-1,66	-1,55	-1,44	-1,34	-1,24	-1,14	-1,04	-0,95
70	-1,76	-1,65	-1,54	-1,44	-1,34	-1,24	-1,14	-1,04	-0,95
71	-1,75	-1,65	-1,54	-1,44	-1,34	-1,24	-1,14	-1,05	-0,96
72	-1,75	-1,64	-1,54	-1,44	-1,34	-1,24	-1,15	-1,06	-0,97
73	-1,75	-1,64	-1,54	-1,44	-1,35	-1,25	-1,16	-1,07	-0,98
74	-1,75	-1,65	-1,55	-1,45	-1,36	-1,26	-1,17	-1,08	-0,99
75	-1,76	-1,66	-1,56	-1,46	-1,36	-1,27	-1,18	-1,10	-1,01
76	-1,76	-1,66	-1,57	-1,47	-1,38	-1,29	-1,20	-1,11	-1,03
77	-1,77	-1,68	-1,58	-1,49	-1,39	-1,30	-1,22	-1,13	-1,04
78	-1,79	-1,69	-1,60	-1,50	-1,41	-1,32	-1,23	-1,15	-1,07
79	-1,80	-1,71	-1,62	-1,52	-1,43	-1,34	-1,26	-1,17	-1,09
80	-1,82	-1,73	-1,64	-1,54	-1,45	-1,37	-1,28	-1,20	-1,11

Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\begin{array}{c} \varphi \\ z \end{array}$	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°
50°	+7,44	+7,20	+6,96	+6,71	+6,47	+6,23	+5,99	+5,74	+5,50
51	+7,15	+6,92	+6,69	+6,46	+6,22	+5,99	+5,76	+5,52	+5,29
52	+6,88	+6,66	+6,44	+6,21	+5,99	+5,76	+5,54	+5,32	+5,09
53	+6,62	+6,41	+6,19	+5,98	+5,76	+5,55	+5,33	+5,12	+4,90
54	+6,38	+6,17	+5,96	+5,76	+5,55	+5,34	+5,14	+4,93	+4,72
55	+6,15	+5,95	+5,75	+5,55	+5,35	+5,15	+4,95	+4,75	+4,55
56	+5,92	+5,73	+5,54	+5,35	+5,16	+4,96	+4,77	+4,58	+4,39
57	+5,71	+5,53	+5,34	+5,16	+4,97	+4,80	+4,60	+4,42	+4,23
58	+5,51	+5,34	+5,16	+4,98	+4,80	+4,62	+4,44	+4,26	+4,08
59	+5,32	+5,15	+4,98	+4,80	+4,63	+4,46	+4,28	+4,11	+3,94
60	+5,14	+4,97	+4,81	+4,64	+4,47	+4,30	+4,14	+3,97	+3,80
61	+4,97	+4,80	+4,64	+4,48	+4,32	+4,16	+3,99	+3,83	+3,67
62	+4,80	+4,64	+4,49	+4,33	+4,17	+4,01	+3,86	+3,70	+3,54
63	+4,64	+4,49	+4,34	+4,18	+4,03	+3,88	+3,73	+3,58	+3,42
64	+4,49	+4,34	+4,19	+4,05	+3,90	+3,75	+3,60	+3,46	+3,31
65	+4,34	+4,20	+4,06	+3,91	+3,77	+3,63	+3,48	+3,34	+3,20
66	+4,20	+4,06	+3,93	+3,79	+3,65	+3,51	+3,37	+3,23	+3,09
67	+4,07	+3,94	+3,80	+3,66	+3,53	+3,39	+3,26	+3,12	+2,99
68	+3,94	+3,81	+3,68	+3,55	+3,42	+3,28	+3,15	+3,02	+2,89
69	+3,82	+3,69	+3,56	+3,44	+3,31	+3,18	+3,05	+2,92	+2,80
70	+3,70	+3,58	+3,45	+3,33	+3,20	+3,08	+2,95	+2,83	+2,71
71	+3,59	+3,47	+3,35	+3,22	+3,10	+2,98	+2,86	+2,74	+2,62
72	+3,48	+3,36	+3,24	+3,12	+3,01	+2,89	+2,77	+2,65	+2,54
73	+3,38	+3,26	+3,15	+3,03	+2,91	+2,80	+2,68	+2,57	+2,45
74	+3,28	+3,17	+3,05	+2,94	+2,82	+2,71	+2,60	+2,49	+2,38
75	+3,18	+3,07	+2,96	+2,85	+2,74	+2,63	+2,52	+2,41	+2,30
76	+3,09	+2,98	+2,88	+2,76	+2,66	+2,55	+2,44	+2,33	+2,23
77	+3,01	+2,90	+2,79	+2,68	+2,58	+2,47	+2,36	+2,26	+2,16
78	+2,92	+2,82	+2,71	+2,61	+2,50	+2,40	+2,29	+2,19	+2,09
79	+2,84	+2,74	+2,63	+2,53	+2,43	+2,33	+2,22	+2,12	+2,02
80	+2,76	+2,66	+2,56	+2,46	+2,36	+2,26	+2,16	+2,06	+1,96

## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\begin{matrix} \varphi \\ z \end{matrix}$	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°
50°	-1,46	-1,30	-1,15	-1,00	-0,86	-0,72	-0,59	-0,47	-0,36
51	-1,39	-1,24	-1,09	-0,95	-0,81	-0,68	-0,56	-0,44	-0,34
52	-1,33	-1,18	-1,04	-0,90	-0,77	-0,65	-0,53	-0,42	-0,32
53	-1,28	-1,13	-1,00	-0,86	-0,74	-0,62	-0,51	-0,40	-0,30
54	-1,22	-1,09	-0,96	-0,83	-0,71	-0,59	-0,49	-0,38	-0,29
55	-1,18	-1,05	-0,92	-0,80	-0,68	-0,57	-0,47	-0,37	-0,28
56	-1,14	-1,01	-0,89	-0,77	-0,66	-0,55	-0,45	-0,36	-0,27
57	-1,10	-0,98	-0,86	-0,75	-0,64	-0,54	-0,44	-0,35	-0,26
58	-1,07	-0,95	-0,84	-0,73	-0,62	-0,52	-0,43	-0,34	-0,26
59	-1,04	-0,93	-0,82	-0,71	-0,61	-0,51	-0,42	-0,34	-0,26
60	-1,02	-0,91	-0,80	-0,70	-0,60	-0,51	-0,42	-0,33	-0,26
61	-1,00	-0,89	-0,79	-0,69	-0,59	-0,50	-0,42	-0,33	-0,26
62	-0,98	-0,88	-0,78	-0,68	-0,59	-0,50	-0,41	-0,34	-0,26
63	-0,97	-0,87	-0,77	-0,67	-0,58	-0,50	-0,42	-0,34	-0,27
64	-0,96	-0,86	-0,76	-0,67	-0,58	-0,50	-0,42	-0,34	-0,27
65	-0,95	-0,86	-0,76	-0,67	-0,58	-0,50	-0,42	-0,35	-0,28
66	-0,95	-0,85	-0,76	-0,67	-0,59	-0,51	-0,43	-0,36	-0,29
67	-0,95	-0,85	-0,76	-0,68	-0,59	-0,51	-0,44	-0,37	-0,30
68	-0,95	-0,85	-0,77	-0,68	-0,60	-0,52	-0,45	-0,38	-0,31
69	-0,95	-0,86	-0,77	-0,69	-0,61	-0,53	-0,46	-0,39	-0,32
70	-0,95	-0,86	-0,78	-0,70	-0,62	-0,54	-0,47	-0,40	-0,34
71	-0,96	-0,87	-0,79	-0,71	-0,63	-0,56	-0,49	-0,42	-0,36
72	-0,97	-0,88	-0,80	-0,72	-0,64	-0,57	-0,50	-0,43	-0,37
73	-0,98	-0,90	-0,82	-0,74	-0,66	-0,59	-0,52	-0,45	-0,39
74	-0,99	-0,91	-0,83	-0,75	-0,68	-0,60	-0,54	-0,47	-0,41
75	-1,01	-0,93	-0,85	-0,77	-0,70	-0,62	-0,55	-0,49	-0,43
76	-1,03	-0,94	-0,86	-0,79	-0,71	-0,64	-0,57	-0,51	-0,45
77	-1,04	-0,96	-0,88	-0,81	-0,74	-0,66	-0,60	-0,53	-0,47
78	-1,07	-0,98	-0,91	-0,83	-0,76	-0,69	-0,62	-0,56	-0,49
79	-1,09	-1,01	-0,93	-0,85	-0,78	-0,71	-0,64	-0,58	-0,51
80	-1,11	-1,03	-0,95	-0,88	-0,80	-0,73	-0,67	-0,60	-0,54

# Ю Ж Н Ы Е    З В Е З Д Ы

$\Phi$ z	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°
50°	+5,50	+5,26	+5,03	+4,79	+4,56	+4,33	+4,10	+3,87	+3,65
51	+5,29	+5,06	+4,84	+4,61	+4,38	+4,16	+3,94	+3,73	+3,51
52	+5,09	+4,87	+4,65	+4,44	+4,22	+4,01	+3,80	+3,59	+3,38
53	+4,90	+4,69	+4,48	+4,27	+4,06	+3,86	+3,66	+3,45	+3,26
54	+4,72	+4,52	+4,32	+4,11	+3,91	+3,72	+3,52	+3,33	+3,14
55	+4,55	+4,35	+4,16	+3,96	+3,77	+3,58	+3,39	+3,21	+3,02
56	+4,39	+4,20	+4,01	+3,82	+3,64	+3,45	+3,27	+3,09	+2,91
57	+4,23	+4,05	+3,86	+3,68	+3,51	+3,33	+3,15	+2,98	+2,81
58	+4,08	+3,90	+3,73	+3,55	+3,38	+3,21	+3,04	+2,87	+2,71
59	+3,94	+3,77	+3,60	+3,43	+3,26	+3,10	+2,93	+2,77	+2,61
60	+3,80	+3,64	+3,47	+3,31	+3,15	+2,99	+2,83	+2,67	+2,52
61	+3,67	+3,51	+3,35	+3,19	+3,04	+2,88	+2,73	+2,58	+2,43
62	+3,54	+3,39	+3,24	+3,08	+2,93	+2,78	+2,64	+2,49	+2,35
63	+3,42	+3,28	+3,13	+2,98	+2,83	+2,69	+2,54	+2,40	+2,26
64	+3,31	+3,16	+3,02	+2,88	+2,74	+2,60	+2,46	+2,32	+2,19
65	+3,20	+3,06	+2,92	+2,78	+2,64	+2,51	+2,37	+2,24	+2,11
66	+3,09	+2,96	+2,82	+2,68	+2,55	+2,42	+2,29	+2,16	+2,04
67	+2,99	+2,86	+2,73	+2,60	+2,47	+2,34	+2,21	+2,09	+1,96
68	+2,89	+2,76	+2,64	+2,51	+2,38	+2,26	+2,14	+2,02	+1,90
69	+2,80	+2,67	+2,55	+2,42	+2,30	+2,18	+2,06	+1,95	+1,83
70	+2,71	+2,58	+2,46	+2,34	+2,22	+2,11	+1,99	+1,88	+1,77
71	+2,62	+2,50	+2,38	+2,27	+2,15	+2,04	+1,92	+1,81	+1,71
72	+2,54	+2,42	+2,30	+2,19	+2,08	+1,97	+1,86	+1,75	+1,65
73	+2,45	+2,34	+2,23	+2,12	+2,01	+1,90	+1,80	+1,69	+1,59
74	+2,38	+2,26	+2,16	+2,05	+1,94	+1,84	+1,73	+1,63	+1,53
75	+2,30	+2,19	+2,09	+1,98	+1,88	+1,77	+1,67	+1,58	+1,48
76	+2,23	+2,12	+2,02	+1,92	+1,81	+1,71	+1,62	+1,52	+1,42
77	+2,16	+2,05	+1,95	+1,85	+1,75	+1,66	+1,56	+1,47	+1,37
78	+2,09	+1,99	+1,89	+1,79	+1,70	+1,60	+1,51	+1,42	+1,32
79	+2,02	+1,93	+1,83	+1,73	+1,64	+1,54	+1,45	+1,36	+1,28
80	+1,96	+1,86	+1,77	+1,68	+1,58	+1,49	+1,40	+1,32	+1,23



## СЕВЕРНЫЕ ЗВЕЗДЫ

$\varphi$ z	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°
50°	-0,36	-0,25	-0,16	-0,07	+0,02	+0,09	+0,16	+0,22	+0,26
51	-0,34	-0,24	-0,14	-0,06	+0,02	+0,09	+0,16	+0,21	+0,26
52	-0,32	-0,22	-0,13	-0,05	+0,03	+0,10	+0,16	+0,21	+0,25
53	-0,30	-0,21	-0,12	-0,04	+0,03	+0,10	+0,15	+0,20	+0,25
54	-0,29	-0,20	-0,11	-0,04	+0,03	+0,09	+0,15	+0,20	+0,24
55	-0,28	-0,19	-0,11	-0,04	+0,03	+0,09	+0,14	+0,19	+0,23
56	-0,27	-0,18	-0,11	-0,04	+0,03	+0,09	+0,14	+0,18	+0,22
57	-0,26	-0,18	-0,11	-0,04	+0,02	+0,08	+0,13	+0,18	+0,21
58	-0,26	-0,18	-0,11	-0,04	+0,02	+0,07	+0,12	+0,16	+0,20
59	-0,26	-0,18	-0,11	-0,04	+0,01	+0,07	+0,11	+0,18	+0,19
60	-0,26	-0,18	-0,11	-0,05	+0,01	+0,06	+0,10	+0,14	+0,18
61	-0,26	-0,19	-0,12	-0,06	0,00	+0,05	+0,09	+0,13	+0,17
62	-0,26	-0,19	-0,13	-0,07	-0,01	+0,04	+0,08	+0,12	+0,15
63	-0,27	-0,20	-0,13	-0,08	-0,02	+0,02	+0,07	+0,11	+0,14
64	-0,27	-0,21	-0,14	-0,09	-0,03	+0,01	+0,06	+0,09	+0,13
65	-0,28	-0,22	-0,15	-0,10	-0,05	0,00	+0,04	+0,08	+0,11
66	-0,29	-0,22	-0,17	-0,11	-0,06	-0,01	+0,03	+0,06	+0,10
67	-0,30	-0,24	-0,18	-0,12	-0,07	-0,03	+0,01	+0,05	+0,08
68	-0,31	-0,25	-0,19	-0,14	-0,09	-0,04	0,00	+0,03	+0,07
69	-0,32	-0,26	-0,21	-0,15	-0,10	-0,06	-0,02	+0,02	+0,05
70	-0,34	-0,28	-0,22	-0,17	-0,12	-0,08	-0,04	0,00	+0,03
71	-0,36	-0,30	-0,24	-0,19	-0,14	-0,09	-0,05	-0,02	+0,02
72	-0,37	-0,31	-0,26	-0,20	-0,16	-0,11	-0,07	-0,03	0,00
73	-0,39	-0,33	-0,27	-0,22	-0,17	-0,13	-0,09	-0,05	-0,02
74	-0,41	-0,35	-0,29	-0,24	-0,19	-0,15	-0,11	-0,07	-0,03
75	-0,43	-0,37	-0,31	-0,26	-0,21	-0,17	-0,12	-0,09	-0,05
76	-0,45	-0,39	-0,33	-0,28	-0,23	-0,19	-0,14	-0,11	-0,07
77	-0,47	-0,41	-0,35	-0,30	-0,25	-0,21	-0,16	-0,12	-0,09
78	-0,49	-0,43	-0,38	-0,32	-0,27	-0,23	-0,18	-0,14	-0,11
79	-0,51	-0,46	-0,40	-0,34	-0,30	-0,25	-0,20	-0,16	-0,13
80	-0,54	-0,48	-0,42	-0,37	-0,32	-0,27	-0,23	-0,18	-0,15

Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

$\varphi$ $z$	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°
50°	+3,65	+3,43	+3,22	+3,01	+2,80	+2,60	+2,40	+2,21	+2,02
51	+3,51	+3,30	+3,10	+2,89	+2,70	+2,50	+2,31	+2,13	+1,95
52	+3,38	+3,18	+2,98	+2,79	+2,60	+2,41	+2,23	+2,05	+1,88
53	+3,26	+3,06	+2,87	+2,68	+2,50	+2,32	+2,15	+1,97	+1,81
54	+3,14	+2,95	+2,77	+2,58	+2,41	+2,24	+2,07	+1,90	+1,74
55	+3,02	+2,84	+2,66	+2,49	+2,32	+2,15	+1,99	+1,83	+1,68
56	+2,91	+2,74	+2,57	+2,40	+2,24	+2,08	+1,92	+1,77	+1,62
57	+2,81	+2,64	+2,48	+2,31	+2,16	+2,00	+1,85	+1,70	+1,56
58	+2,71	+2,55	+2,39	+2,23	+2,08	+1,93	+1,78	+1,64	+1,50
59	+2,61	+2,46	+2,30	+2,15	+2,00	+1,86	+1,72	+1,58	+1,45
60	+2,52	+2,37	+2,22	+2,08	+1,93	+1,79	+1,66	+1,52	+1,40
61	+2,43	+2,29	+2,14	+2,00	+1,86	+1,73	+1,60	+1,47	+1,35
62	+2,35	+2,20	+2,07	+1,93	+1,80	+1,67	+1,54	+1,42	+1,30
63	+2,26	+2,13	+1,99	+1,86	+1,73	+1,61	+1,48	+1,37	+1,25
64	+2,19	+2,05	+1,92	+1,80	+1,67	+1,55	+1,43	+1,32	+1,20
65	+2,11	+1,98	+1,86	+1,73	+1,61	+1,50	+1,38	+1,27	+1,16
66	+2,04	+1,91	+1,79	+1,67	+1,56	+1,44	+1,33	+1,22	+1,12
67	+1,96	+1,84	+1,73	+1,61	+1,50	+1,39	+1,28	+1,18	+1,08
68	+1,90	+1,78	+1,67	+1,55	+1,44	+1,34	+1,24	+1,13	+1,04
69	+1,83	+1,72	+1,61	+1,50	+1,39	+1,29	+1,19	+1,09	+1,00
70	+1,77	+1,66	+1,55	+1,44	+1,34	+1,24	+1,14	+1,05	+0,96
71	+1,71	+1,60	+1,50	+1,39	+1,29	+1,20	+1,10	+1,01	+0,92
72	+1,65	+1,54	+1,44	+1,34	+1,25	+1,15	+1,06	+0,97	+0,89
73	+1,59	+1,49	+1,39	+1,29	+1,20	+1,11	+1,02	+0,93	+0,85
74	+1,53	+1,43	+1,34	+1,25	+1,16	+1,07	+0,98	+0,90	+0,82
75	+1,48	+1,38	+1,29	+1,20	+1,11	+1,02	+0,94	+0,86	+0,78
76	+1,42	+1,33	+1,24	+1,15	+1,07	+0,98	+0,90	+0,83	+0,75
77	+1,37	+1,28	+1,20	+1,11	+1,03	+0,95	+0,87	+0,79	+0,72
78	+1,32	+1,24	+1,15	+1,07	+0,99	+0,91	+0,83	+0,76	+0,69
79	+1,28	+1,19	+1,11	+1,03	+0,95	+0,87	+0,80	+0,73	+0,66
80	+1,23	+1,15	+1,07	+0,99	+0,91	+0,84	+0,76	+0,70	+0,63

# ВЕЛИЧИНЫ $E$ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ НАКЛОНА ПОДВИЖНОЙ НИТИ МИКРОМЕТРА

(в единицах пятого десятичного знака)

$t$	$E$	$t$	$t$	$E$	$t$
$0^h00^m$	000	$24^h00^m$	$6^h00^m$	727	$18^h00^m$
10	031	23 50	10	728	17 50
20	061	40	20	726	40
30	092	30	30	724	30
40	123	20	40	719	20
50	153	10	50	714	10
1 00	183	23 00	7 00	707	17 00
10	213	22 50	10	700	16 50
20	242	40	20	690	40
30	271	30	30	679	30
40	299	20	40	667	20
50	327	10	50	653	10
2 00	355	22 00	8 00	638	16 00
10	382	21 50	10	622	15 50
20	408	40	20	605	40
30	433	30	30	586	30
40	457	20	40	567	20
50	481	10	50	546	10
3 00	504	21 00	9 00	524	15 00
10	526	20 50	10	501	14 50
20	547	40	20	477	40
30	568	30	30	452	30
40	587	20	40	426	20
50	604	10	50	400	10
4 00	622	20 00	10 00	372	14 00
10	637	19 50	10	344	13 50
20	651	40	20	315	40
30	665	30	30	285	30
40	677	20	40	255	20
50	688	10	50	224	10
5 00	697	19 00	11 00	193	13 00
10	706	18 50	10	161	12 50
20	713	40	20	130	40
30	718	30	30	098	30
40	722	20	40	065	20
50	726	10	50	033	10
$6^h00^m$	727	$18^h00^m$	$12^h00^m$	000	$12^h00^m$

## СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ПО АЗИМУТУ

(в минутах дуги за минуту времени)

## Ю Ж Н Ы Е   З В Е З Д Ы

Пункт $\delta_S$	Ленинград	Москва	Новоси- бирск	Иркутск	Нико- лаев	Ташкент
+25°	23,7					
+20	21,9	24,1	24,5			
+15	20,4	22,1	22,8	23,9		
+10	19,2	20,6	20,8	21,9		
+ 5	18,2	19,2	19,5	20,3	22,3	25,2
0	17,3	18,1	18,3	18,9	20,5	22,7
- 5	16,5	17,1	17,2	17,7	18,9	20,6
-10	15,7	16,2	16,3	16,6	17,6	18,9
-15	15,0	15,3	15,4	15,7	16,4	17,4
-20	14,3	14,5	14,6	14,7	15,3	16,0
-25		13,8	13,8	13,9	14,3	14,8
-30				13,1	13,3	13,7
-35					12,4	12,6
-40						11,6

## С Е В Е Р Н Ы Е   З В Е З Д Ы

Пункт $\delta_N$	Ленинград	Москва	Новоси- бирск	Иркутск	Нико- лаев	Ташкент
+40°	11,7					
+45	11,0	10,8	10,8	10,7		
+50	10,3	10,1	10,0	9,9	9,8	
+55	9,5	9,3	9,3	9,0	8,8	8,7
+60	8,7	8,4	8,3	8,1	7,9	7,7
+65	7,8	7,4	7,3	7,2	6,9	6,6
+70	6,7	6,4	6,3	6,1	5,8	5,5
+75	5,5	5,2	5,1	4,9	4,6	4,4
+80	4,1	3,8	3,7	3,5	3,6	3,1
+85	2,3	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7

**УГОЛ УПРЕЖДЕНИЯ  $\triangle A$**   
**(в минутах дуги)**

$v_s \backslash v_N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	12	12	14	15	15	18	25			
14			14	15	18	24	28			
15			15	15	18	23	28	35		
16			16	16	18	23	27	35		
17				17	18	21	26	34	40	
18				18	18	21	26	33	39	40
19				19	19	21	25	30	38	40
20				20	20	21	25	29	36	40
21					21	21	24	28	34	40
22					22	22	24	27	32	39
23					23	23	24	26	30	37
24					24	24	24	25	28	35
25					25	25	25	25	28	33
26					26	26	26	26	28	33

## СПИСОК ЯРКИХ ЗВЕЗД

(эпоха 1980,0)

$\varphi$ $m$	55°	60°	65°	70°	75°	80°	$s$	$\delta$
2,2	---	---	---	---	2 S	2 S	00 <sup>h</sup> —07,3 <sup>m</sup>	+28°59'
2,9	---	---	4 S	4 S	4 S	4 S	12,2	+15 04
2,2	15 S	15 S	15 S	---	---	---	42,6	—18 06
1,7	316 N	316 N	316 N	316 N	316 N	---	53,2	+56 04
2,9	---	318 N	318 N	318 N	318 N	318 N	55,1	+38 26
2,4	325 N	325 N	325 N	325 N	325 N	---	01—23,1	+55 02
3,6	41 S	41 S	41 S	---	---	---	43,1	—16 02
1,9	333 N	333 N	333 N	333 N	333 N	333 N	46,8	+49 25
2,7	---	---	---	48 S	48 S	48 S	53,5	+20 43
2,2	---	---	---	54 S	54 S	54 S	02—06,0	+23 22
0,2	---	---	---	---	---	345 N	14,8	+19 17
2,2	360 N	360 N	360 N	---	---	---	50,7	+74 14
2,8	74 S	74 S	74 S	74 S	74 S	74 S	03—01,2	+ 4 01
2,3	---	---	---	373 N	373 N	373 N	33,8	+26 47
2,9	---	---	---	---	---	100 S	52,9	+31 50
3,2	103 S	103 S	103 S	103 S	---	---	57,1	—13 34
2,9	399 N	399 N	399 N	399 N	---	---	04—23,2	+61 34
2,8	---	---	---	---	---	400 N	29,3	+21 32
1,1	---	119 S	119 S	119 S	119 S	119 S	34,8	+16 28
0,3	142 S	142 S	142 S	142 S	---	---	05—13,6	— 8 14
1,7	148 S	148 S	148 S	148 S	148 S	148 S	24,1	+ 6 20
1,8	---	---	---	---	---	149 S	24,1	+28 36
1,8	157 S	157 S	157 S	157 S	157 S	157 S	35,2	— 1 13
2,2	162 S	162 S	162 S	162 S	---	---	46,8	— 9 41
0,6	167 S	167 S	167 S	167 S	167 S	167 S	54,1	+ 7 24
2,4	434 N	434 N	434 N	434 N	434 N	434 N	56,1	+51 29
2,0	182 S	182 S	182 S	---	---	---	06—21,8	—17 57
2,0	---	---	---	186 S	186 S	186 S	36,6	+16 25
0,1	---	453 N	453 N	453 N	453 N	453 N	36,2	+38 46
1,6	190 S	190 S	190 S	---	---	---	44,3	—16 41
3,3	---	---	---	---	461 N	461 N	58,2	+32 40
2,0	200 S	---	---	---	---	---	07—07,8	—26 22
3,2	467 N	467 N	467 N	---	---	---	12,6	+67 38
0,5	213 S	213 S	213 S	213 S	213 S	213 S	38,3	+ 5 16
1,2	---	---	---	---	216 S	216 S	44,1	+28 05

$\varphi$ $m$	55°	60°	65°	70°	75°	80°	s	$\delta$
3,0	479 N	479 N	479 N	479 N	479 N	479 N	07 <sup>h</sup> —44,3 <sup>m</sup>	+45°05'
2,9	221 S	—	—	—	—	—	08—06,7	—24 15
3,8	222 S	222 S	222 S	222 S	222 S	222 S	15,4	+ 9 15
2,3	—	497 N	497 N	497 N	497 N	497 N	21,5	+40 12
1,3	506 N	506 N	506 N	506 N	506 N	506 N	40,8	+45 13
2,6	—	—	508 N	508 N	508 N	508 N	45,4	+33 54
3,5	231 S	231 S	231 S	231 S	231 S	231 S	45,7	+ 6 29
2,6	522 N	522 N	522 N	522 N	522 N	522 N	09—18,1	+62 30
2,2	245 S	245 S	245 S	245 S	245 S	245 S	26,6	— 8 34
1,3	261 S	261 S	261 S	261 S	261 S	261 S	10—07,3	+12 04
3,6	544 N	544 N	544 N	544 N	544 N	544 N	10,2	+58 06
2,6	—	—	264 S	264 S	264 S	264 S	18,9	+19 57
3,1	—	—	558 N	558 N	558 N	558 N	42,0	+30 07
3,3	274 S	274 S	274 S	—	—	—	48,6	—16 05
3,7	561 N	561 N	561 N	—	—	—	49,0	+66 06
2,6	—	—	281 S	281 S	281 S	281 S	11—13,0	+20 38
2,2	—	—	293 S	293 S	293 S	293 S	48,0	+14 41
2,2	—	—	—	2 N	2 N	2 N	12—07,3	+28 59
2,4	3 N	3 N	3 N	3 N	—	—	08,1	+59 02
2,8	302 S	302 S	302 S	—	—	—	14,8	—17 26
2,5	14 N	14 N	14 N	14 N	—	—	39,3	+56 26
2,3	21 N	21 N	21 N	21 N	—	—	55,5	+60 37
3,0	—	319 S	319 S	319 S	319 S	319 S	13—01,2	+11 04
2,4	—	—	27 N	27 N	27 N	27 N	08,6	+35 31
2,8	35 N	35 N	35 N	35 N	—	—	24,5	+60 08
1,2	326 S	326 S	326 S	326 S	—	—	24,2	—11 03
2,3	53 N	53 N	53 N	53 N	53 N	53 N	14—02,6	+42 14
2,2	—	—	—	—	54 N	54 N	06,0	+23 22
0,2	—	—	—	345 S	345 S	345 S	14,8	+19 17
2,9	655 S	655 S	655 S	—	—	—	49,8	—15 58
2,8	—	77 N	77 N	77 N	77 N	77 N	15—06,8	+40 53
1,9	83 N	83 N	83 N	83 N	83 N	83 N	22,9	+49 48
2,3	—	—	—	—	373 S	373 S	33,9	+26 47
2,8	377 S	377 S	377 S	377 S	377 S	377 S	15—43,3	+ 6 29
2,5	664 S	664 S	—	—	—	—	59,2	—22 34
3,0	392 S	392 S	392 S	392 S	392 S	392 S	16—13,3	— 3 39
2,9	—	—	132 N	132 N	132 N	132 N	55,7	+33 08
2,6	413 S	413 S	413 S	—	—	—	17—09,2	—15 42

$\varphi$ $m$	55°	60°	65°	70°	75°	80°	$s$	$\delta$
0,2	143 N	143 N	143 N	143 N	143 N	143 N	17 <sup>h</sup> 15,2 <sup>m</sup>	+45°59'
1,8	—	—	—	149 N	149 N	149 N	25,2	+28 35
2,1	—	424 S	424 S	424 S	424 S	424 S	34,0	+12 34
2,1	170 N	170 N	170 N	170 N	170 N	170 N	58,0	+44 57
3,4	446 S	446 S	446 S	446 S	446 S	446 S	18—20,3	— 2 54
2,1	—	—	—	—	—	—	54,0	—26 19
3,4	471 S	471 S	471 S	471 S	471 S	471 S	19 24,5	+ 3 05
2,4	—	—	211 N	211 N	211 N	211 N	33,3	+31 56
1,2	—	—	—	—	216 N	216 N	44,1	+28 04
0,9	482 S	482 S	482 S	482 S	482 S	482 S	49,8	+ 8 49
3,5	225 N	225 N	225 N	225 N	—	—	20 28,6	+60 47
2,6	—	—	—	—	—	508 S	45,4	+33 54
3,1	233 N	233 N	233 N	233 N	233 N	233 N	57,8	+48 07
2,5	—	532 S	532 S	532 S	532 S	532 S	21 43,2	+ 9 47
3,0	694 S	694 S	694 S	—	—	—	45,9	—16 13
2,6	—	—	—	—	—	264 N	18,8	+19 57
2,4	277 N	277 N	277 N	277 N	277 N	277 N	23 00,6	+56 29
2,0	278 N	278 N	278 N	278 N	—	—	02,5	+61 52
2,6	—	566 S	566 S	566 S	566 S	566 S	03,8	+15 06
2,6	—	—	—	—	—	281 N	23—13,0	+20 38
2,5	295 N	295 N	295 N	295 N	295 N	295 N	52,8	+53 48



СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ПО АЗИМУТУ  $\frac{v_s}{v_N}$

(в минутах дуги за минуту времени)

$\begin{matrix} \varphi \\ z^* \end{matrix}$	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
40°	$\frac{23,0}{1,0}$	$\frac{22,5}{2,0}$	$\frac{21,9}{4,1}$	$\frac{21,1}{6,0}$	$\frac{20,2}{8,0}$	$\frac{19,1}{10,1}$	$\frac{18,3}{12,3}$
50	$\frac{19,6}{3,4}$	$\frac{19,5}{5,1}$	$\frac{19,1}{6,5}$	$\frac{18,9}{8,2}$	$\frac{18,4}{9,8}$	$\frac{17,7}{11,2}$	$\frac{16,9}{12,7}$
60	$\frac{17,1}{5,9}$	$\frac{17,2}{7,2}$	$\frac{17,2}{8,5}$	$\frac{17,1}{9,9}$	$\frac{17,0}{11,1}$	$\frac{16,7}{12,2}$	$\frac{16,2}{13,3}$
70	$\frac{15,0}{8,0}$	$\frac{15,4}{9,2}$	$\frac{15,6}{10,1}$	$\frac{15,9}{11,2}$	$\frac{15,8}{12,2}$	$\frac{15,7}{13,1}$	$\frac{15,7}{13,9}$
80	$\frac{13,2}{9,8}$	$\frac{13,8}{10,8}$	$\frac{14,1}{11,5}$	$\frac{14,8}{12,4}$	$\frac{15,0}{13,2}$	$\frac{15,1}{13,8}$	$\frac{15,0}{14,3}$

СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗВЕЗД ПО ВЫСОТЕ  $v_z$ 

(в минутах дуги за минуту времени)

$\varphi \backslash \Lambda^*$	2°	4°	6°	8°	10°	12°
50°	0,16	0,34	0,50	0,67	0,84	1,00
55	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,91
60	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78
65	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
70	0,09	0,18	0,27	0,36	0,44	0,53
75	0,07	0,14	0,21	0,27	0,34	0,40
80	0,04	0,09	0,13	0,18	0,23	0,27

## ПОПРАВКИ ЗА ВРЕМЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

(в тысячных долях секунды времени)

## КОРОТКИЕ ВОЛНЫ

Ташкент ( $\varphi_2=41^\circ$ ,  $\lambda_2=4^h40^m$ )

$\varphi_1 \backslash \lambda_1$	$0^h40^m$	$1^h40^m$	$2^h40^m$	$3^h40^m$	$4^h40^m$	$5^h40^m$	$6^h40^m$	$7^h40^m$	$8^h40^m$	$9^h40^m$	$10^h40^m$	$11^h40^m$	$12^h40^m$
31°	20	15	10	6	4	6	10	15	20	24	28	32	35
41	18	14	9	4	1	4	9	14	18	22	26	30	33
51	17	13	10	6	4	6	10	13	17	20	24	27	30
61	17	14	11	9	8	9	11	14	17	19	22	25	27
71	17	16	14	13	12	13	14	16	17	19	21	23	24
81	18	18	17	17	16	17	17	18	18	19	20	21	22

Иркутск ( $\varphi_2=52^\circ$ ,  $\lambda_2=7^h0^m$ )

$\varphi_1 \backslash \lambda_1$	$0^h$	$1^h$	$2^h$	$3^h$	$4^h$	$5^h$	$6^h$	$7^h$	$8^h$	$9^h$	$10^h$	$11^h$	$12^h$
32°	29	25	22	19	16	13	10	8	10	13	16	19	22
42	26	24	20	17	13	9	6	4	6	9	13	17	20
52	24	21	18	15	11	8	4	1	4	8	11	15	18
62	21	19	16	13	11	8	6	4	6	8	11	13	16
72	19	17	15	13	12	10	9	8	9	10	12	13	15
82	17	16	15	14	13	13	13	12	13	13	13	14	15

Москва ( $\varphi_2=56^\circ$ ,  $\lambda_2=2^h30^m$ )

$\varphi_1 \backslash \lambda_1$	$0^h30^m$	$1^h30^m$	$2^h30^m$	$3^h30^m$	$4^h30^m$	$5^h30^m$	$6^h30^m$	$7^h30^m$	$8^h30^m$	$9^h30^m$	$10^h30^m$	$11^h30^m$	$12^h30^m$
26°	15	13	12	13	15	18	21	24	27	30	33	36	38
36	12	10	8	10	12	15	18	22	25	28	30	32	34
46	9	6	4	6	9	12	15	19	22	25	27	29	30
56	7	4	1	4	7	10	13	16	19	21	23	25	26
66	7	5	3	5	7	10	12	15	17	19	21	22	23
76	10	9	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19

$\lambda_1 \backslash \varphi_1$	$0^h30^m$	$1^h30^m$	$2^h30^m$	$3^h30^m$	$4^h30^m$	$5^h30^m$	$6^h30^m$	$7^h30^m$	$8^h30^m$	$9^h30^m$	$10^h30^m$	$11^h30^m$	$12^h30^m$
$25^\circ$	22	19	16	13	12	11	12	13	16	19	22	26	28
35	20	16	13	10	8	7	8	10	13	16	20	23	25
45	17	14	11	8	5	3	5	8	11	14	17	20	22
55	15	12	9	6	3	1	3	6	9	12	15	17	20
65	13	11	9	7	5	4	5	7	9	11	15	15	17
75	12	11	10	9	8	8	8	9	10	11	12	14	15

# **ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И ГРАВИМЕТРОВ**

## **Теодолиты АУ-2"/10" и ДКМЗ-А**

	АУ-2"/10"	ДКМЗ-А
Фокусное расстояние объектива зрительной трубы, <i>мм</i> . . . . .	450	510
Увеличение зрительной трубы	30 $\times$ , 45 $\times$ и 56 $\times$	45 $\times$ и 36 $\times$
Диаметр свободного отверстия объектива зрительной трубы, <i>мм</i>	55	72
Диаметр горизонтального круга, <i>мм</i> . . . . .	220	100
Цена деления горизонтального круга . . . . .	5'	10'
Точность отсчета по горизонтальному кругу . . . . .	0,2"	0,1"
Диаметр вертикального круга, <i>мм</i> . . . . .	135	100
Цена деления вертикального круга . . . . .	5'	10'
Точность отсчета по вертикальному кругу . . . . .	10"	0,1"
Цена деления накладного уровня . . . . .	2—2,5"	2"
Цена деления уровня Талькотта	1—2"	2—4"
Расстояние между рабочими сечениями цапф, <i>мм</i> . . . . .	250	140
Масса теодолита, <i>кг</i> . . . . .	38	11
Масса комплекта, <i>кг</i> . . . . .	130	30

## **Радиоприемник Р-311**

Диапазон частот . . . . .	от 1 до 15 <i>МГц</i>
Количество поддиапазонов . . . . .	5
Чувствительность приемника с антенной наклонный луч* при отношении напряжения сигнала к напряжению собственных шумов 3:1 и напряжении на нагрузке (телефон ТА-56М) 1 В . . . . .	не хуже 7,5 <i>мкВ</i>
Напряжение питания постоянным током:	
цепей накала радиоламп . . . . .	2,5 В
анодных цепей радиоламп . . . . .	80 В
Условия эксплуатации:	
температура окружающего воздуха	от—40 до+50°С
относительная влажность в интервале указанных температур . . . . .	до 98%
Масса приемника в футляре с принадлежностями . . . . .	21 <i>кг</i>

### Полевой транзисторный радиоприемник «Астра»

Чувствительность . . . . .	3—30 $\mu\text{кВ}$
Диапазон частот . . . . .	от 12 до 25 000 $\text{кГц}$
Количество поддиапазонов . . . . .	11
Полосы пропускания усилителей промежуточной частоты:	
широкая . . . . .	9 $\text{кГц}$
узкая . . . . .	1,2 $\text{кГц}$
Точность установки в поддиапазонах 2,5—25 $\text{МГц}$ . . . . .	не хуже 2 $\text{кГц}$
Средняя квадратическая нестабильность задержки сигнала в трактах приемника:	
на частотах 66 и 120 $\text{кГц}$ в полосе УПЧ 9 $\text{кГц}$	
ТЛГ—УП . . . . .	50 $\text{мкс}$
ТЛФ—ШП . . . . .	12 $\text{мкс}$
на частотах 2,5 и 25 $\text{МГц}$ в полосе УПЧ 9 $\text{кГц}$ . . . . .	50 $\text{мкс}$
Напряжения питания переменным током:	
частотой 50 $\text{Гц}$ . . . . .	$220 \pm 22 \text{ В}$
частотой 400 $\text{Гц}$ . . . . .	$115 \pm 12 \text{ В}$
Напряжение питания постоянным током . . . . .	$12 \pm 1,2 \text{ В}$
Потребляемая приемником мощность при питании постоянным током . . . . .	5 $\text{Вт}$ (без индикации) 10 $\text{Вт}$ (при включенной индикации)
Рабочий диапазон температур окружающего воздуха . . . . .	от—25 до +50°C
Относительная влажность воздуха при температуре +35°C . . . . .	до 98%
Масса приемника в футляре . . . . .	16 $\text{кг}$
Габариты радиоприемника (без амортизаторов) . . . . .	$272 \times 192 \times 300 \text{ мм}$
Габариты футляра для переноски . . . . .	$320 \times 325 \times 315 \text{ мм}$

### Экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир»

Среднее квадратическое колебание суточного хода . . . . .	менее 1 $\text{мс}$
Погрешность синхронизации показаний хронометра по внешним сигналам:	
автоматической . . . . .	5 $\text{мкс}$
ручной . . . . .	0,1 $\text{мс}$
Погрешность определения поправки хронометра на слух по радиосигналам времени . . . . .	менее 2 $\text{мс}$
Напряжение питания:	
от сети переменного тока 50 $\text{Гц}$ . . . . .	$220 \pm 22 \text{ В}$
от источника постоянного тока . . . . .	$24 \pm 2,4 \text{ В}$
Потребляемая мощность при питании от внешнего источника постоянного тока . . . . .	6 $\text{Вт}$
Продолжительность хранения времени с резервным внутренним источником питания (элементы „373“ —16 штук) . . . . .	12 ч
Рабочий диапазон температур . . . . .	от—25 до +40°C
Масса . . . . .	13 $\text{кг}$
Габариты хронометра . . . . .	$355 \times 250 \times 250 \text{ мм}$

### Малогобаритное печатающее устройство МПУ8-3

Максимальная скорость печати . . . . .	1200 строк/мин
Количество разрядов в строке . . . . .	8
Количество знаков в разряде . . . . .	16
Время готовности устройства к работе . .	3 с
Ширина бумажной ленты . . . . .	25 мм
Напряжение питания:	
— переменного тока 50 Гц . . . . .	220 ± 22 В
— постоянного тока . . . . .	24 ± 2,4 В
Потребляемая мощность по постоянному току . . . . .	менее 30 Вт
Температура окружающего воздуха . . . .	от -10 до +50°C

### Гравиметр ГНК-К2 (ГНК-7Ш)

Узкий диапазон измерения без перестройки	до 120 мГал
Широкий диапазон измерения без перестройки . . . . .	до 1500 мГал
Диапазон измерения с перестройкой . . . .	до 5000 мГал
Смещение нуля . . . . .	не более 2 мГал/сутки
Температурный коэффициент в зоне ±20°C от точки полной температурной компенсации	не более 0,6 мГал/°C
Напряжение питания прибора . . . . .	3 В
Габариты прибора:	
наружный диаметр кожуха . . . . .	132 мм
максимальный диаметр по ножкам . . .	210 мм
высота . . . . .	450 мм
Масса прибора . . . . .	6 кг
Продолжительность наблюдения на нункте	не более 3 мин

### Гравиметр ГНШ-МТ2 (ГМТ-1)

Диапазон измерения без перестройки . . .	до 1500 мГал
Диапазон измерения с перестройкой . . . .	до 6000 мГал
Смещение нуля . . . . .	не более 1 мГал/сутки
Температура термостатирования . . . . .	+45°C
Напряжение питания прибора . . . . .	6,3 В
Расход электроэнергии на 1°C разности температур термостатирования и окружающей среды . . . . .	0,06 Вт
Габариты прибора:	
диаметр . . . . .	190 мм
высота . . . . .	500 мм
Масса прибора . . . . .	8 кг
Продолжительность наблюдений на нункте	не более 5 мин

# **ВЫЧИСЛЕНИЕ НА ЭДВМ-2П И ЭДВМ-3П ШИРОТЫ ИЗ НАБЛЮДЕНИЙ ПАРЫ ЗВЕЗД ПО СПОСОБУ ТАЛЬКОТТА В ПРОИЗВОЛЬНЫХ МАЛЫХ ЧАСОВЫХ УГЛАХ**

## **Исходные данные:**

- $\mu''$  — цена деления барабана контактного микрометра;
- $R''$  — цена оборота барабана контактного микрометра;
- $(i_S - i_N)^{\partial, 2}$  — разность наклонностей оси уровня в полуделениях;
- $\tau$  — цена деления уровня;
- $(m_S - m_N)^{об}$  — целое число оборотов окулярного микрометра;
- $(m_S - m_N)^{\partial}$  — доля оборота, выраженная в делениях;
- $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$  на момент  $X_1$ ;
- $\omega (T_H - X_1)$  — поправка за ход хронометра;
- $T_{ср. Н}$  — отсчет по хронометру при пересечении звездой средней вертикальной нити;
- $T_H$  — среднее из отсчетов по хронометру;
- $\psi'_{ср.}$  — средний наклон нити в минутах дуги;
- $\alpha, \delta$  — видимые места звезд;
- $\Delta \rho$  — поправка за дифференциальную рефракцию;
- $\varphi_0$  — приближенное значение широты пункта;
- $\sum_{i=1}^n \Delta T_i^2$  — сумма квадратов отклонений моментов времени от среднего;
- $\sum_{i=1}^n (t_0 - t_i)^2$  — сумма квадратов отклонений часовых углов звезд от среднего.

**Определяемая величина:**  $\varphi$  — широта пункта наблюдения.

## **Расчетные формулы**

$$\varphi = \varphi_0 + x,$$

$$x = \frac{1}{2} (z'_{\text{выч. } N} - z_{\text{выч. } S}) + \Delta z_K \pm \Sigma,$$

$$\Delta z_K = \frac{1}{2} (K_N - K_S),$$

$$K_{N, S} = \pm 5,62 \cdot 10^{-5} \sum_{i=1}^5 \Delta T_i^2 \sin 2 \delta_{N, S};$$

$$t = T_H + u_1 + \omega (T_H - X_1) - x;$$

$$z_{\text{выч. } N} = \delta_N - \varphi_0;$$

$$\cos z_{\text{выч. } N, S} = \sin \varphi_0 (\sin \delta_{N, S} + \cos \delta_{N, S} \operatorname{ctg} \varphi_0 \cos t_{N, S});$$

$$z_{\text{выч. } N, S} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1 - \cos^2 z_{\text{выч. } N, S}}{\cos^2 z_{\text{выч. } N, S}}};$$

$$\Sigma = \Delta z_m + \Delta z_l + \Delta z_{\Delta m} + \Delta \rho;$$

$$\Delta z_m = (m_S - m_N)^{об} \frac{R}{2} + (m_S - m_N)^{\partial} \frac{\mu}{2};$$

$$\Delta z'_i = (i_S - i_N) i^{\partial, 2} \frac{\tau_{1, 2}}{4}, \quad \Delta z_{i. ср.} = \frac{1}{2} (\Delta z'_i + \Delta z''_i);$$

$$\Delta z_{\Delta m} = \frac{1}{2} (\Delta m_S - \Delta m_N);$$

$$\Delta m_{N, S} = \pm 0,0044 (T_{ср.} - T_H)^s \cos \delta_{N, S} \psi'_{ср.}$$



# Программа задачи

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
	РП ↓ Н6 № зад. НС, Н6 № звезды, СС Н6 1, ◇, РП ↔		Печать № задачи Печать № звезды
1	Н6 $u_1$ , +	Н6 8,28	
2	Н6 $\omega$ ( $T_H - X_1$ ), +, + Н	Н6 -0,08	
3	Н6, $T_H$ , РП ↓, ПД, + Н	Н6 20,38048	
4	Н6 $\alpha$ , РП ↓, ПД, СК, НС, —	Н6 20,38037	
5	Н6 15, ×, СК, РП ↔ ПД, ◇		Печать $t^\circ = 0,02195$
6	СК, РП ↑, ТФ, + Н		$\cos t \rightarrow \text{PrH}$
7	Н6 $\varphi$ , РП ↔ ТФ, СКС, ÷, ÷	Н6 55, 47	
8	Н6 1, —, √		$\text{ctg } \varphi \rightarrow \text{PrC}$
9	СК, НС, ×, + Н		$\text{ctg } \varphi \cos t \rightarrow \text{PrH}$
10	Н6 $\delta$ , РП ↑, ТФ, СК, НС, ×, + Н	Н6 30,152788	$\cos \delta \text{ ctg } \varphi \cos t \rightarrow \text{PrH}$
11	Н6 $\delta$ , РП ↔, ТФ, + Н	Н6 30,152788	$\sin \delta \rightarrow \text{PrH}$
12	Н6 $\varphi$ , РП ↔, ТФ, СК, НС, ×, СК, ×	Н6 55,47	
13	Н6 1, СКС, —, ÷, √		$\text{tg } z \rightarrow \text{PrC}$
14	СК, РП ↓, ТФ ◇		Печать $z=25,313217...$
15	СС, Н6 $(m_S - m_N)^{06}$ , +	Н6 (-1)	
16	Н6 R, ×	Н6 115,73"	
17	Н6 2, ÷, + Н		
18	Н6 $(m_S - m_N)^\delta$ , +	Н6 (-23,56 <sup>δ</sup> )	
19	Н6 $\mu$ , ×	Н6 0,964"	
20	Н6 2, ÷, + Н		$\Delta z_m = -69,22'' \rightarrow \text{PrH}$
21	Н6 $(i_{S_1} - i_{N_1})^{\delta^2}$ , +	Н6 (-4,35)	
22	Н6 $\tau_1$ , ×	Н6 2,6"	
23	Н6 8, ÷, + Н		$\frac{\Delta z' i}{2} = -1,41'' \rightarrow \text{PrH}$
24	Н6 $(i_{S_2} - i_{N_2})^{\delta^2}$ , +	Н6 (-4,65)	
25	Н6 $\tau_2$ , ×	Н6 2,0	
26	Н6 8, ÷, + Н		$\frac{\Delta z'' i}{2} = -1,16'' \rightarrow \text{PrH}$
27	Н6 $\delta_N$ , РП ↑, ТФ, РП ↔	Н6 81, 21	$\cos \delta_N = 0,150...$
28	Н6 $\psi'_{\text{ср.}}$ , ×	Н6 2	
29	Н6 $(T_{\text{ср.}} - T_H)_N$ , ×	Н6 3,6	

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
30	H6 (-0,0022), ×, + H		$\frac{\Delta m_S}{2} = -0,002 \rightarrow \text{PrH}$
31	H6 $\delta_S$ , PP ↑, TФ	H6 30,15	$\cos \delta_S = 0,8638$
32	H6 $\psi_{\text{ср.}}$ , ×	H6 2	
33	H6 $[-(T_{\text{ср.}} - T_H)_S]$ , ×	H6 10,8	
34	H6 0,0022, ×, + H		$\frac{m_N}{2} = 0,04 \rightarrow \text{PrH}$
35	H6 $\wedge p$ , +, + H, ◇	H6 ( 0,05)	Печать $\Sigma = -71,808...$
36	H6 2 $\delta_N$ , PP ↔ TФ	H6 (162,42)	$\sin 2 \delta_N = 0,297...$
37	H6 $\Sigma \wedge T_N^2$ , ×	H6 9190	
38	H6 0,0000562, ×		
39	H6 2, ÷, + H		$\frac{K_N}{2} = 0,076 \rightarrow \text{PrH}$
40	H6 2 $\delta_S$ , PP ↔, TФ	H6 60,31	$\sin 2 \delta_S = 0,870...$
41	H6 $(-\Sigma \wedge T_S^2)$ , ×	H6 (-14,19)	
42	H6 (-0,0000562), ×		
43	H6 2, ÷, + H, ◇, CC, HC		$-\frac{K_S}{2} = 0... \rightarrow \text{PrH}$
44	СК, PP ↔, ПД, + H		Печать $\wedge z_K + \Sigma = -71,73''...$
45	H6, $\varphi_0$ , +, + H	H6 55,47	
46	H6 $\delta_N$ , +	H6 80,80599	
47	H6 $\varphi_0$ , -	H6 55,47	
48	H6 $z_{\text{выч. } S}$ , -	H6 25,313216	
49	H6 2, ÷, + H, ◇		Печать $\varphi = 55,47021386$

Примечания: 1. При определении широты по формуле  $\varphi = 90 + \frac{1}{2}(\delta_S - \delta_N) + \wedge z_K \pm \Sigma$  вычисления с 6-го по 14-е действия опускают, а после 45-го действия выполняют следующие операции:

46. H6 90,0 +
47. H6  $\delta_S$ , +
48. H6  $\delta_N$ , -
49. H6 2, ÷, + H, ◇ (печать  $\varphi$ ).

2. Если перед  $\Sigma$  берется знак „минус“, то после 35-го действия выполняются операции HC, H6 (-1), ×, + H, а далее вычисления продолжают, начиная с 36-го действия.

3. При вычислении зенитной звезды, в 33-м действии выполняют набор  $(\mp t_0 - t_{\text{ср.}})^2$ , а в 37-м и 11 м действиях —  $\Sigma (\mp t_0 - t_i)^2$ .

4. При выполнении набора чисел в 30-м и 34-м действиях знаки перед числами устанавливаются в соответствии с особенностями измерений.

5. При наблюдениях с одним уровнем Талькотта в вычислениях вместо действий 21—26 выполняются следующие:

$$21. \text{Нб } (i_S - i_N)^{0,2}, +$$

$$22. \text{Нб } \tau, \times$$

$$23. \text{Нб } 4, \div \diamond, + \text{Н (печать } \wedge z_I).$$

Далее вычисления продолжают с 27-го действия.

6. Изменение знаков у чисел в действиях 33 и 34 выполнено с целью замены операции вычитания операцией сложения.

7. В примере действий 6—14 реализуют вычисление  $z_{\text{выч. } S}$ , значение  $z_{\text{выч. } N}$  использованное в 47-м действии определено по формуле  $z_{\text{выч. } N} = \delta_N - \varphi_0$ . Если  $z_{\text{выч. } N}$  определяется действиями 6—14, то вместо действий 47, 48 выполняется: 47. Нб  $z_{\text{выч. } N}, +$  и далее продолжают вычисления с 49-го действия.

8. Для примера использованы астрономические наблюдения, выполненные теодолитом ДКМЗ-А.

**Образец формуляра задачи № 41**

$u_1$ $\varphi$ $\Sigma$	$\omega (T_H - X_1)$ $\delta$ $\wedge z_K + \Sigma$	$T_H$ $z$ $X$	$\alpha$ $\varphi$	$t^\circ$
Ш 41	Ш 2529			
<u>8,28</u>	— <u>0,08</u>	<u>20,38048</u>	<u>20,38037</u>	0,02195
<u>55,47</u>	<u>30,152788</u>	25,313217		
Ш 41	Ш 2508			
<u>8,28</u>	— <u>0,08</u>	<u>20,29464</u>	<u>20,29534</u>	0,0018
<u>55,47</u>	<u>81,20599</u>	25,33399		
—71,808	—71,73	2,16	<u><u>55,470214</u></u>	

## ВЫЧИСЛЕНИЕ НА ЭДВМ-2П И ЭДВМ-3П ДОЛГОТЫ ИЗ НАБЛЮДЕНИЙ ПАРЫ ЗВЕЗД ПО СПОСОБУ ЦИНГЕРА

### Исходные данные:

- $\varphi$  — широта пункта наблюдения;  
 $\delta_{E, W}$  — склонение восточной (западной) звезды;  
 $a_{E, W}$  — азимут восточной (западной) звезды;  
 $T_H$  — средний момент наблюдения звезды;  
 $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$  на момент  $X_1$ ;  
 $\omega (T_H - X_1)$  — поправка за ход хронометра;  
 $\alpha$  — прямое восхождение звезды;  
 $(i_W - i_E)^{\partial/2}$  — разность наклонностей оси уровня в полуделениях;  
 $\tau$  — цена деления уровня Талькотта;  
 $\frac{1}{2} (\text{ШК} - \text{МХ})$  — полуразность значений ширины контакта и мертвого хода контактного микрометра;  
 $\lambda_0$  — приближенное значение долготы пункта.

Определяемая величина:  $\lambda$  — долгота пункта наблюдения.

### Расчетные формулы

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{y}{15 \cos \varphi};$$

$$y = \frac{z_{\text{выч. } E} - z_{\text{выч. } W}}{\sin a_W - \sin a_E} + \Sigma; \quad t_0 = T_H + W_1 + \omega (T_H - X_1) - \alpha;$$

$$\cos z_{\text{выч. } E, W} = \sin \varphi \sin \delta_{E, W} + \operatorname{ctg} \varphi \cos \delta_{E, W} \cos t_{O_{E, W}};$$

$$z_{\text{выч. } E, W} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1 - \cos^2 z_{\text{выч. } E, W}}{\cos^2 z_{\text{выч. } E, W}}};$$

$$\Sigma = \Delta y_i + \Delta y_a + \Delta y_{\tau};$$

$$\Delta y_i' = (i_W - i_E)^{\partial/2} \frac{\tau'}{4} \operatorname{cosec} a_W;$$

$$\Delta y_{i_{\text{cp.}}} = \frac{1}{2} (\Delta y_i' + \Delta y_i'');$$

$$\Delta y_a = 0,32 \cos z \cos \varphi;$$

$$\Delta y_{\tau} = \frac{\frac{1}{2} [\mp \text{ШК} - \text{МХ}]}{\sin a_W}.$$

**Программа задачи**

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
	РП ↓ Нб № зад., НС, Нб № звезды, СС Нб 1, ◇, РП ↔		Печать № задачи Печать № звезды
1	Нб $\omega_1$ , +	Нб 8,36	
2	Нб $\omega$ ( $T_H - X_1$ ), +, + Н	Нб (-0,061)	
3	Нб $T_H$ , РП ↓, ПД, + Н	Нб 19,0920493	
4	Нб $\alpha$ , РП ↓, ПД, СК, НС, —	Нб 22,3931993	
5	Нб 15, ×, СК, РП ↔, ПД, ◇		Печать $t^* = -52,3048015$
6	СК, РП ↑, ТФ, + Н		$\cos t \rightarrow \text{PrH}$
7	Нб $\varphi$ , РП ↔, ТФ, СК, ÷, ÷	Нб 55,4702	
8	Нб 1, —, √		$\text{ctg } \varphi \rightarrow \text{PrC}$
9	СК, НС, ×, + Н		$\text{ctg } \varphi \cos t \rightarrow \text{PrH}$
10	Нб $\delta$ , РП ↑, ТФ, СК, НС, ×, + Н	Нб 44,09294	$\text{ctg } \varphi \cos \delta \cos t \rightarrow \text{PrH}$
11	Нб $\delta$ , РП ↔, ТФ, + Н	Нб 44,09294	$\sin \delta \rightarrow \text{PrH}$
12	Нб $\varphi$ , РП ↔, ТФ, СК, НС, ×, СК, ×	Нб 55,4702	
13	Нб 1, СК, —, ÷, √		$\text{tg } z \rightarrow \text{PrC}$
14	СК, РП ↓, ТФ, ◇, СС		Печать $z = 34,4524826$
15	Нб $z$ , РП ↑, ТФ, + Н	Нб 34,45	$\cos z \rightarrow \text{PrH}$
16	Нб $\varphi$ , РП ↑, ТФ, СК, НС, ×	Нб 55,47	
17	Нб 0,32, ×, + Н, СС		$\Delta y_a = 0,1478 \rightarrow \text{PrH}$
18	Нб $a_{\mathcal{W}}$ , РП ↔, ТФ, СК, КП, СС	Нб 89,25	$\sin a_{\mathcal{W}} \rightarrow \text{PrП}$
19	Нб $(i_{\mathcal{W}} - i_E)^{2/2}$ , +	Нб (-5,1)	
20	Нб $\tau_1$ , ×	Нб 2,6	
21	Нб 4, ÷, ПК, ÷		
22	Нб 2, ÷, + Н, СС		$\frac{\Delta y' t}{2} = -1,657 \rightarrow \text{PrH}$
23	Нб $(i_{\mathcal{W}} - i_E)^{2/2}$ , +	Нб (-5,55)	
24	Нб $\tau_2$ , ×	Нб 2,0	
25	Нб 4, ÷, ПК, ÷		
26	Нб 2, ÷, + Н		$\frac{\Delta y'' t}{2} = -1,387 \rightarrow \text{PrH}$
27	Нб $a_{\mathcal{W}}$ , РП ↔, ТФ, СК, КП, СС	Нб 89,25	$\sin a_{\mathcal{W}} = 0,99994 \dots$ $\sin a_{\mathcal{W}} \rightarrow \text{PrП}$

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
28	$H_0 \frac{1}{2} (-ШК - МХ), +,$ ПК, $\div$	$H_0 (-0,58)$	$\Delta y_T = -0,58 \rightarrow \text{PrH}$
29	$+ H, \diamond, CC, HC$		Печать $\Sigma = -3,477...$
30	$H_0 a_W, PP \leftrightarrow, ТФ, + H$	$H_0 89,25$	$\sin a_W \rightarrow \text{PrH}$
31	$H_0 a_F, PP \leftrightarrow, ТФ, СКС, HC,$ $, CK, КП, CC$	$H_0 267,03$	$(\sin a_W - \sin a_F) \rightarrow \text{PrП}$
32	$H_0 z_{\text{выч. } E}, +$	$H_0 34,452483$	
33	$H_0 z_{\text{выч. } W}, -, PK, \div, + H$	$H_0 34,451226$	$\frac{z_{\text{выч. } E} - z_{\text{выч. } W}}{\sin a_W - \sin a_F} \rightarrow \text{PrH}$
34	$H_0 \Sigma, PP \leftrightarrow, ПД, + H, \diamond,$ $CC, HC$	$H_0 (-3,477)$	Печать $y = 0,000281$
35	$H_0 15, \div, + H$		
36	$H_0 \varphi, PP \uparrow, ТФ, CK, HC; \div$	$H_0 55,4702$	
37	$H_0 \lambda_0, +, \diamond$	$H_0 2,29474$	Печать $\lambda = 2,2947733...$

Примечания: 1. Действия 1—14 при вычислении второй звезды повторяются.

2. Если наблюдения производились с одним уровнем Талькотта, действие 21 выполняется следующим образом:

21.  $H_0 4, \div, PK, \div, + H$ , а действия 22—26 опускаются.

#### Образец формуляра задачи № 42

$\mu_1$ $\varphi$ $\Sigma$	$\omega (T_H - X_1)$ $\delta$ $y$	$T_H$ $z$ $\lambda_0$	$\alpha$ $\lambda$	$t_0$
Ш 42	Ш 556			
<u>8,36</u>	<u>— 0,061</u>	<u>19,0920493</u>	<u>22,3931993</u>	52,304802
<u>55,4702</u>	<u>44,09294</u>	34,452483		
Ш 42	Ш 384			
<u>8,36</u>	<u>0,064</u>	<u>19,1421911</u>	<u>15,5151707</u>	50,39375
<u>55,4702</u>	<u>42,31194</u>	34,451226		
<u>— 3,477</u>	<u>0,000281</u>	<u>2,29474</u>	<u>2,2947733</u>	

# ВЫЧИСЛЕНИЕ НА ЭДВМ-2П И ЭДВМ-3П СВОБОДНЫХ ЧЛЕНОВ УРАВНЕНИЙ ПОПРАВОК В СПОСОБЕ МАЗАЕВА

## Исходные данные:

- $\varphi_0$  — предварительное значение широты пункта наблюдения;  
 $\delta$  — видимое склонение звезды;  
 $z_{\text{эф.}}$  — зенитное расстояние альмукантарата наблюдения;  
 $T_H$  — средний момент наблюдения звезды;  
 $u_1$  — поправка хронометра, вычисленная с предварительным значением долготы  $\lambda_0$  на момент  $X_1$ ;  
 $\omega(T_H - X_1)$  — поправка за ход хронометра;  
 $\alpha$  — прямое восхождение звезды;  
 $b_l$  — наклонность оси уровня Талькотта в полуделениях;  
 $\tau$  — цена деления уровня Талькотта;  
 $n$  — число нитей, принятых в обработку;  
 $(T_n - T_1)^s$  — промежуток времени между моментами наблюдения на крайних нитях, с;  
 $W$  — величина, выбираемая из графиков;  
 $N$  — целое число секунд, подбираемое так, чтобы сумма свободных членов стремилась к нулю.

Определяемая величина: свободный член  $l$  уравнения поправок.

## Расчетные формулы

$$l = (z_{\text{выч.}} - z_{\text{эф.}}) + \Delta l_i + \Delta l_W + N;$$

$$t_0 = T_H + u_1 + \omega(T_H - X_1) - \alpha;$$

$$\cos z_{\text{выч.}} = \sin \varphi_0 (\sin \delta + \operatorname{ctg} \varphi_0 \cos \delta \cos t_0);$$

$$z_{\text{выч.}} = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 z_{\text{выч.}}}{\cos^2 z_{\text{выч.}}}};$$

$$\Delta l_i = b_l \frac{\tau}{2};$$

$$\Delta l_W = 0,454 \frac{n+1}{n-1} \left( \frac{T_n - T_1}{100} \right)^2 W.$$

## Программа задачи

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
	РП № зад., НС, № звезд, СС № 1, $\diamond$ , РП $\leftrightarrow$		Печать № задачи Печать № звезды
1	№ $u_1$ , +	№ 22,23	
2	№ $\omega(T_H - X_1)$ , +, + Н	№ (-0,03)	
3	№ $T_H$ , РР $\downarrow$ , ПД, + Н	№ 18,120767	
4	№ $\alpha$ , РР $\downarrow$ , ПД, СК, НС, -	№ 17,033107	

№ п/п	Выполняемые операции	Фактические данные	Пояснения
1	2	3	4
5	H6 15, $\times$ , СК, PP $\leftrightarrow$ , ПД, $\diamond$		Печать $t_0=17,1442$
6	СК, PP $\uparrow$ , ТФ, $+$ Н		$\cos t \rightarrow \text{PrH}$
7	H6 $\varphi_0$ , PP $\leftrightarrow$ , ТФ, СКС, $\div$ , $\div$		$\text{ctg } \varphi \rightarrow \text{PrC}$
8	H6 1, $-$ , $\gamma$		$\text{ctg } \varphi \cos t \rightarrow \text{PrH}$
9	СК, HC, $\times$ , $+$ Н		$\cos \delta \cos t \text{ ctg } \varphi \rightarrow \text{PrH}$
10	H6 $\delta$ , PP $\uparrow$ , ТФ, СК, HC, $\times$ , $+$ Н	H6 12,475945	
11	H6 $\delta$ , PP $\leftrightarrow$ , ТФ, $+$ Н	H6 12,475945	$\sin \delta \rightarrow \text{PrH}$
12	H6 $\varphi_0$ , PP $\leftrightarrow$ , ТФ, СК, HC, $\times$ , СК, $\times$	H6 55,4535	
13	H6 1, СКС, $-$ , $\div$ , $\gamma$		$\text{tg } z \rightarrow \text{PrC}$
14	СК, PP $\downarrow$ , ТФ, $\diamond$ , PP, $\leftrightarrow$		Печать $z=44,5942851...$
15	H6 $z_{\text{эф.}}$ , $-$	H6 44,5960	
16	СК, PP $\downarrow$ , ПД, $+$ Н, PP $\leftrightarrow$		$(z_{\text{выч.}} - z_{\text{эф.}}) = -17,15... \rightarrow \text{PrH}$
17	H6 $b_i$ , $+$	H6 $(-0,5)$	
18	H6 $\tau$ , $\times$	H6 2,44	
19	H6 2, $\div$ , $+$ Н		$\Delta I_i = -0,61 \rightarrow \text{PrH}$
20	H6 $(T_n - T_1)^s$ , $+$	H6 245,08	
21	H6 100, $\div$ , СК, $\times$		
22	H6 0,454, $\times$		
23	H6 $(n+1)$ , $\times$	H6 10	
24	H6 $(n-1)$ , $\div$	H6 8	
25	H6 W, $\times$ , $+$ Н	H6 0,69	$\Delta I_W = 2,352 \rightarrow \text{PrH}$
26	H6 N, $+$ , $+$ Н, $\diamond$	H6 10,0	Печать $l = -5,41...$

### Образец формуляра задачи № 43

$u_1$ $\varphi$	$\omega (T_H - X_1)$ $\delta$	$T_H$ $z$	$\alpha$ $z_{\text{эф.}}$	$t_0$ $l$
Ш 43	Ш 412			
<u>22,23</u>	<u>- 0,03</u>	<u>18,120796</u>	<u>17,033107</u>	<u>17,144635</u>
<u>55,4535</u>	<u>12,475945</u>	<u>44,59439</u>	<u>45,0</u>	<u>- 5,4</u>



## ПОДГОТОВКА РЕЗУЛЬТАТОВ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ЭВМ ТЭМ-1

Перечень астрономических задач, закомутированных в долговременном запоминающем устройстве (ДЗУ) ЭВМ ТЭМ-1, приведен в табл. 1.

Таблица 1

### Астрономические задачи, закомутированные в ДЗУ ТЭМ-1

Наименование задачи	Номер задачи
Вычисление астрономических координат из определений зенитальными способами	021
Вычисление астрономического азимута по часовому углу звезды	022
Вычисление астрономического азимута по часовому углу Солнца	023
Вычисление астрономического азимута по высотам звезд	024
Вычисление астрономических координат пунктов и азимутов направлений, определенных азимутальными способами	025

В ЭВМ ТЭМ-1 используется способ ввода, при котором каждое число сопровождается специальными служебными признаками. В качестве служебных признаков используются литеры телеграфного аппарата СТА-67Б (табл. 2).

Таблица 2

### Служебные признаки информации

Обозначение	Значение признака
=	Десятичное число (длины линий, высоты пунктов, наклоны горизонтальной оси инструмента)
?	Восьмеричное число (число питей, номера звезд)
(	Градусная величина (градусы, минуты и доли минуты)
)	Градусная величина (градусы, минуты, секунды и доли секунды)
×	Время (часы, минуты, секунды и доли секунды)
,	Двоично-десятичное число (дата наблюдения)
:	Признак адреса
.	Признак записи (число набрано правильно)
'	Признак номера задачи
Ю	Признак конца ввода
Ш	Буква, заменяющая 000 (три нуля)
ш	Буква, заменяющая 00 (два нуля)

Исходная информация записывается в специальные бланки (табл. 3). При этом должны строго соблюдаться служебные признаки информации, последовательность записи исходных чисел и их масштаб, обусловленные программой решения данной задачи. Заполненные бланки считаются с первоисточниками, из которых выписывалась исходная информация.

Таблица 3

Пример записи информации на бланке

Признак адреса	Адрес	Признак числа	Знак числа	Значение числа	Пояснение к примеру
:	20027	,	+	050871	Дата (Л) 5 августа 1971 г.
:	20031	×	!	250137	Средний момент приема сигналов времени (время московское) $T_M = 25^h 01^m 37^s$
	20200	×	+	19284055	Показание хронометра при приеме сигналов перед началом наблюдений $s_1 = 19^h 28^m 40,55^s$
	1	×	+	23291968	То же по окончании наблюдений $s_2 = 23^h 29^m 19,68^s$
	2	?	+	III	Номер звезды согласно машинному звездному каталогу, в масштабе $10^{-4}$ $N = 0001$ (Полярная звезда)
	3	×	+	02371345	Долгота пункта наблюдения $\lambda = 2^h 37^m 13,45^s$
	4	)	+	053023051	Широта пункта наблюдения $\varphi = 53^\circ 02' 30,51''$
	5	?	+	IIIIIIII03	Число приемов наблюдений в восьмеричной системе счисления в масштабе $8^{-11}$ $n = 3$
- -	- -	-	-	- - -	- - - - -
				Ю	Конец ввода

### Вычисление астрономических координат из определений зенитальными способами

Задача решается по номеру 021 и предусматривает обработку наблюдений, выполненных по способам Мазаева, Сомнера, Певцова, Цингера и другими зенитальными способами, с оценкой их точности.

По программе автоматически отбраковываются ошибочные измерения и на печать выдаются уравненные значения широты, долготы и их средние квадратические ошибки по результатам обработки всех серий наблюдений на пункте. Кроме того, предусмотрена возможность выдачи на печать широты, долготы и зенитного расстояния, вычисленных по результатам наблюдений светил по каждой ночи.

Исходная информация для всех способов имеет единую структуру и состоит из постоянной, относящейся к наблюдаемому пункту, и переменной, относящейся к отдельной группе.

Постоянная информация для пункта записывается, начиная с ячейки 20200, в последовательности:

- $\varphi_0$  — приближенная широта пункта;
- $\lambda_0$  — приближенная долгота пункта (принимается отрицательной при отсутствии звездного хронометра);
- $\tau$  — цена деления талькоттовского уровня, с;
- $m$  — число рабочих нитей сетки или контактов окулярного микрометра ( $1 \leq m \leq 15$ );
- $f$  — приближенное расстояние между двумя соседними нитями или контактами окулярного микрометра;
- $\Delta z^I$  — поправка за ширину контактов и мертвый ход микрометра (из материалов исследований окулярного микрометра);
- $\mu_0$  — допустимая величина средней квадратической ошибки единицы веса;
- $\varepsilon_0$  — наименьшее значение поправки к определяемым величинам;
- $\varepsilon'_{\lambda, \varphi}$  — допустимая величина уклонений  $\varphi_j, \lambda_j$  в серии от среднего значения  $\varphi_0, \lambda_0$ ;
- $\varepsilon''_{\lambda, \varphi}$  — допустимая величина общей поправки к приближенным координатам пункта;
- $l$  — линейный элемент центрировки;
- $\theta$  — угловой элемент центрировки (угол между направлением на центр и наблюдаемый пункт);
- $S$  — число групп на пункте.

Под группой понимается количество звезд, наблюдаемых в промежутке между приемами сигналов времени. Группа может состоять из одной или нескольких серий звезд. Число серий в группе определяется по числу зенитных расстояний. При этом предполагается, что число звезд в каждой серии данной группы одинаково. Серия может включать от 2 до 16 звезд.

Во всех способах, кроме способа Сомнера, число звезд в каждой серии данной группы определяется по формуле

$$\bar{n} = \frac{n}{n_z},$$

где  $n$  — число звезд в группе;  
 $n_z$  — число зенитных расстояний.

В способе Сомнера группа может состоять только из одной серии, хотя зенитное расстояние указывается для каждой звезды.

Переменная информация записывается в ячейки 20215 — 20667 в такой последовательности:

- $v$  — признак, равный —1 для наблюдений при круге „лево“ и +1 — при круге „право“;
- $D$  — дата наблюдений;
- $\bar{t}_1, \bar{t}_2$  — температура воздуха в начале и в конце наблюдений группы в градусах Цельсия (если температура не измерялась, то  $\bar{t}_1 = \bar{t}_2 = +10^\circ$ );
- $P_1, P_2$  — атмосферное давление в начале и в конце наблюдений группы (если давление не изменялось, то  $P_1 = P_2 = +760$  мм);
- $S_1, S_2$  — показание хронометра при приеме сигналов времени в начале и в конце наблюдений группы\*;

---

\* Интерполяция результатов приема сигналов точного времени приведена ниже.

$S'_1$  — средний момент приема сигналов времени в начале наблюдений группы (время московское декретное);

$N_i$  — номера светил по МЗК в порядке их наблюдений;

$\Pi_1 = 2 + 7777$  — признак окончания ввода номеров светил данной группы;

$b_i$  — наклон вертикальной оси инструмента в полуделениях талькоттовского уровня;

$S_{ij}$  — показания хронометра (часов) на момент прохождения светила через нити сетки;  $i$  — номера светил в порядке их наблюдений ( $i = 1, 2, \dots, 16$ ),  $j$  — порядковые номера нитей сетки (контактов окулярного микрометра). Для пропущенной нити записывается отсчет по хронометру, равный нулю ( $S'_{ij} = 0$ );

$\bar{z}_i$  — приближенное зенитное расстояние светил, взятое из рабочих эфемерид, или измеренное зенитное расстояние. При обработке наблюдений, выполненных по способу Мазаева, записывается одно приближенное значение  $\bar{z}_i$  на каждую группу звезд, в способах Певцова и Цингера — по одному на каждую пару звезд, в способе Сомнера — измеренное зенитное расстояние на каждую отнаблюдавшую звезду. Информацию, относящуюся к наблюдениям по способам Цингера и Певцова, можно располагать в одной группе.

Программа решения задачи № 021 рассчитана на вычисления моментов наблюдений звезд по результатам приема ритмических сигналов точного времени. Для обработки астрономических определений, выполненных с приемом секундных сигналов, необходимо предварительно привести интервал между приемами сигналов точного времени к целому числу часов путем интерполирования. В результате вычислений получают значение показания  $S^*_2$  звездного хронометра для фиктивного момента приема сигналов  $S^*_2$ . Значение  $S^*_2$  используется при решении задачи. Интерполяция результатов приема сигналов времени выполняется следующим образом:

1. Определяется момент приема сигналов времени  $S^*_2$ , отличающийся от момента  $S'_1$  на целое число часов, по формулам:

$$\Delta S_1 = S'_2 - S'_1, \quad \Delta S_n = n - \Delta S, \quad S^*_2 = S'_2 + \Delta S_n.$$

2. Определяется показание звездного хронометра  $S^*_2$ , соответствующее моменту  $S^*_2$ , по формулам:

$$\Delta S_{n3B} = \Delta S_n + \Delta S_n \mu; \quad \Delta S_0 = S_2 - S_1; \quad -\omega = \frac{\Delta S_0 - (\Delta S_1 + \Delta S_1 \mu)}{(\Delta S_0)^n};$$

$$\Delta \omega = -\omega (\Delta S_{n3B})^h; \quad S^*_2 = S_2 + \Delta S_{n3B} + \Delta \omega.$$

Исходными данными являются:

$S'_1$  и  $S'_2$  — средние моменты приема сигналов времени в начале и в конце наблюдения звезд (время московское);

$S_1$  и  $S_2$  — показания звездного хронометра в моменты соответственно  $S'_1$  и  $S'_2$ ;

$\mu$  — поправка за перевод среднего времени в звездное;

$n$  — ближайшее к разности  $S'_2 - S'_1$  целое число часов ( $n > \Delta S$ ).

Порядок подготовки информации для решения задачи № 021 (табл. 4) показан на примере способа Мазаева (две группы).

<sup>1</sup> Предполагается, что средний момент приема сигналов времени в конце группы отличается от среднего момента приема сигналов в начале группы на целое число часов.

## Информация для решения задачи № 021

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
<b>Постоянная информация для пункта</b>	
: 20200 ) + 044584.	$\varphi_0$ 44°58'40"
X + 0216345.	$\overline{\lambda}_0$ 2 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 34,5 <sup>s</sup>
) + ЩЩ08.	$\tau$ 0°00'00,800"
= + 03.	$m$ 3 нити
) + ЩШ24.	$f$ 0°00'24,00"
) + ЩЩ105.	$\Delta z^I$ 0°00'01,05"
) + ЩЩ2.	$\mu_0$ 0°00'02,00"
) + ЩЩШ5.	$\varepsilon_0$ 0°00'00,05"
: 20210 ) + ЩЩ2.	$\varepsilon'_{\lambda, \varphi}$ 0°00'02,00"
) + ШШ15.	$\varepsilon''_{\lambda, \varphi}$ 0°01'50,000"
= + 0.	$l$ 0 см } Элементы
) + 0.	$\theta$ 0° } приведения
= + 02.	$\overline{S}$ Две группы
Ю	
<b>Переменная информация первой группы</b>	
: 20215 = -1.	$v$ -1
, + 070661.	$D_1$ 7 июня 1961 г.
= + 1.	$\overline{t}_1$ +10°C
: 20220 = +1.	$\overline{t}_2$
= + 76.	$P_1$ 760 мм
. . . . .	. . . . .
<b>Переменная информация второй группы</b>	
: 20215 = -1.	$v$
, + 090661.	$D_1$ 9 июня 1961 г.
= + 1.	$\overline{t}_1$ +10°C
: 20220 = +1.	$\overline{t}_3$
= + 76.	$P_1$ 760 мм
= + 76.	$P_2$
X + 13314329.	$S_1$ 13 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 43,29 <sup>s</sup>
X + 153203821.	$S_2$
X + 21033.	$T_M$ 21 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>
? + 1010.	$N_1$ 1010
? + 1005.	$N_2$
. . . . .	. . . . .

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
$\varphi + 0761.$	$N_{15}$
$\varphi + 0451.$	$N_{16}$
$\varphi + 7777.$	$\Pi_1$
$= +0345.$	$b_1$ 3,45 полуделения
$: 20250 = +047.$	$b_2$
. . . . .	. . . . .
$= +026.$	$b_{15}$
$= 022.$	$b_{16}$
$X + 13505178.$	$s_{1,1}$ $13^h50^m51,78^s$
$: 20270 X + 1350571.$	$s_{1,2}$
$X + 13510251.$	$s_{1,3}$
$X + 13585161.$	$s_{2,1}$
$X + 13585575.$	$s_{2,2}$
. . . . .	. . . . .
$: 20342 X + 15125952.$	$s_{15,2}$
$X + 15130226.$	$s_{15,3}$
$X + 1517155.$	$s_{16,1}$
$X + 15171818.$	$s_{16,2}$
$X + 15172112.$	$s_{16,3}$
$) + 045.$	$\bar{z}$ $45^\circ 00' 00''$
$: 20350 ) + 0.$	$\Pi_2$ Признак конца группы
Ю	

В результате обработки каждой серии вычисляются координаты  $\varphi_j$ ,  $\lambda_j$  из наблюдений светил по каждой нити (контакту), средняя квадратическая ошибка единицы веса  $\mu_j$ , зенитные расстояния  $z_{ij}$  светил, а также итоговые результаты  $\varphi_v$ ,  $\lambda_v$ ,  $m_{\varphi_v}$ ,  $m_{\lambda_v}$ ;  $m_{z_v}$  обработки серий ( $j$  номер нити,  $i$  порядковый номер звезды,  $v$  номер серии). Решение задачи завершается выдачей на печать конечных результатов  $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $m_{\varphi}$ ,  $m_{\lambda}$  обработки всех серий наблюдений на пункте.

Результаты решения рассматриваемого примера с выдачей на печать полного объема конечной информации приведены в табл. 5.

## Результаты решения задачи № 021

Вид печати результатов решения	Пояснения
<b>Первая группа</b>	
.....	.....
<b>Вторая группа</b>	
1-я нить	
+000-00-01859	$\mu_1 = \pm 1,859''$
+044-58-38380	$\varphi_1 = 44^\circ 48' 38,380''$
+02-16-340886	$\lambda_1 = 2^h 16^m 34,0886^s$
+044-58-14450	$z_{1,1}$
+044-58-13455	$z_{2,1}$
+044-58-15715	$z_{3,1}$
.....	.....
+044-58-15130	$z_{15,1}$
+044-58-16876	$z_{16,1}$
-----	
.....	.....
3-я нить	
+000-00-01152	$\mu_3 = \pm 1,15''$
+044-58-38070	$\varphi_3 = 44^\circ 58' 38,070''$
+02-16-340674	$\lambda_3 = 2^h 16^m 34,0674^s$
+044-57-28635	$z_{1,3}$
+044-57-26740	$z_{2,3}$
.....	.....
+044-57-29315	$z_{15,3}$
+044-57-31062	$z_{16,3}$
-----	
+000-00-00244	$m_{z_3} = \pm 0,244''$
+000-00-00409	$m_{\varphi_3} = \pm 0,409''$
+044-58-37998	$\varphi_3 = 44^\circ 58' 37,998''$
+00-00-000282	$m_{\lambda_3} = \pm 0,0282^s$
+02-16-340866	$\lambda_3 = 2^h 16^m 34,0866^s$
+000-00-00880	$m_{\varphi} = \pm 0,880''$
+044-58-38093	$\varphi = 44^\circ 58' 38,093''$
+000-00-00578	$m_{\lambda} = \pm 0,0578^s$
+02-16-340749	$\lambda = 2^h 16^m 34,0749^s$

## Вычисление астрономических азимутов

В ДЗУ ЭВМ ТЭМ-1 закомутированы программы решения трех задач на вычисление астрономического азимута:

- вычисление азимута по часовому углу светила;
- вычисление азимута по часовому углу Солнца;
- вычисление азимута по высоте светила.

Программами этих задач предусмотрена автоматическая отбраковка тех приемов наблюдений, в которых уклонение вычисленных значений азимутов от среднего их значения превышает  $2,5 m$  ( $m$  — средняя квадратическая ошибка определения азимута из одного приема, задаваемая в исходной информации).

Для отбракованного приема на печать выдаются его номер (в восьмеричной системе счисления), значения азимута и его ошибки. По принятым в обработку приемам вычисляются и выдаются на печать среднее значение азимута и его средняя квадратическая ошибка.

### Вычисление азимута по часовому углу светила

Задача решается по № 022 и предусматривает вычисление азимута по часовому углу Солнца или любой из 700 звезд, помещенных в МЗК, с учетом поправок за ход хронометра (часов), наклона горизонтальной оси теодолита и показания окулярного микрометра главной трубы. При этом могут обрабатываться измерения, выполненные с помощью астрономических теодолитов или теодолитов типа Т1 и Т2 по следующей методике:

Первый полуприем (круг «лево»):

- наведение трубы на земной предмет, отсчеты по горизонтальному кругу;
- наведение трубы на звезду, отсчеты по хронометру (часам), окулярному микрометру, накладному уровню и горизонтальному кругу;
- перекладка уровня на  $180^\circ$ ;
- второе наведение на звезду, отсчеты по хронометру (часам), окулярному микрометру, накладному уровню и горизонтальному кругу;
- второе наведение трубы на земной предмет отсчеты по горизонтальному кругу.

Второй полуприем (круг «право»).

Труба переводится через зенит и повторяются действия, указанные в первом полуприеме.

Такой прием наблюдений при вычислениях на машине ТЭМ-1 разбивается на два условных приема, так как видимые места светила вычисляются машиной на каждый момент его наблюдения. При этом определяются четыре значения азимута, из которых образуются два средних значения: из азимутов, определенных на моменты первого наведения трубы на светило при двух положениях вертикального круга, и из азимутов, определенных на моменты второго наведения трубы на светило также при двух положениях вертикального круга.

Количество  $n$  условных приемов записывается в исходную информацию. Так, в случае, если азимут светила определялся девятью приемами, в исходную информацию записывается  $n=18_{10}=22_8$ .

При вычислении азимута, отнаблюденного со средней квадратической ошибкой  $m_A \geq 10''$ , разрешается образовывать, с целью сокращения исходной информации, среднее значение момента наблюдения светила в полуприеме и соответствующий ему средний отсчет по горизонтальному кругу. В этом случае количество условных приемов, записываемых в исходную информацию, будет равно количеству обычных приемов.

Для вычисления поправки за наклон горизонтальной оси теодолита в ЭВМ вводится не отсчет концов пузырька накладного уровня, а величина наклона горизонтальной оси, выраженная в полуделениях уровня.



Исходная информация может быть введена в машину автоматически с перфоленты или вручную с пульта управления. Информация подразделяется на общие данные о задаче и данные о каждом приеме наблюдений.

Общие данные о задаче содержат информацию о приеме сигналов времени, характеристике используемого инструмента, месте и дате наблюдений выбранного светила, и записываются в память машины в строгой последовательности. Сначала записываются в ячейки 20027 и 20031 соответственно:  $D$  — дата наблюдений и  $T'_m$  — средний момент приема сигналов времени перед началом наблюдений (время московское декретное).

Далее записываются по порядку в ячейки 20200 — 20210:

$S_1, S_2$  — показания хронометра (часов) при приеме сигналов точного времени перед началом и в конце наблюдений;

$N$  — номер наблюдаемого светила по МЗК;

$\lambda$  — долгота места наблюдений (положительна при использовании звездного хронометра и отрицательна — при использовании среднего хронометра);

$\varphi$  — широта места наблюдений;

$n$  — число приемов ( $1 \leq n \leq 36$ ) в восьмеричной системе счисления в масштабе  $8^{-11}$  при вводе с перфоленты и в масштабе  $8^{-2}$  при вводе с пульта управления;

$\mu$  — цена оборота винта окулярного микрометра главной трубы;

$\frac{\tau}{2}$  — цена полуделения накладного уровня;

$m$  — средняя квадратическая ошибка определения азимута одним приемом.

Данные о каждом условном приеме наблюдений (применительно к наблюдениям с помощью астрономических теодолитов) записываются, начиная с ячейки 20600, в последовательности:

$T_{L_1}(T_{R_1})$  — отсчет по хронометру (часам), соответствующий первому моменту наблюдения светила при круге „лево“  $T_{L_1}$  или круге „право“  $T_{R_1}$ ;

$Q_{L_1}(Q_{R_1})$  — средний отсчет по окулярному микрометру, соответствующий первому моменту наблюдения светила при круге „лево“  $Q_{L_1}$  или круге „право“  $Q_{R_1}$ . При положении биссектора в нульпункте можно отсчет по микрометру принять равным 10 делениям, тогда в общем случае будем иметь:

$$Q_L = M - 10;$$

$$Q_R = M + 10;$$

$b_L(b_R)$  — величина наклона горизонтальной оси (в полуделениях уровня);

$L'_1(R'_1 \pm 180^\circ)$  — отсчет по горизонтальному кругу при первом наведении трубы на светило;

$L_1(R_1 \pm 180^\circ)$  — отсчет по горизонтальному кругу при наблюдении земного предмета с учетом показаний окулярного микрометра главной трубы.

Пример подготовки исходной информации для вычисления астрономического азимута по часовому углу Полярной звезды для одного обычного приема, соответствующего двум условным приемам, приведен в табл. 6.

## Исходная информация для решения задачи № 022

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
<b>Общие данные о задаче</b>	
: 20027 , +040770.	$D$ 4 июля 1970 г.
: 20031 X + 25033.	$T'_M$ 25 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30,00 <sup>s</sup>
: 20200 X + 19283956.	$S_1$ 19 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 39,56 <sup>s</sup>
X + 23291845.	$S_2$ 23 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 18,45 <sup>s</sup>
? + Ш1.	№ 0001
X + 02371229.	$\lambda$ 2 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 12,29 <sup>s</sup>
) + 053022301.	$\varphi$ 53°02'23,01"
? + ШЦШЦ02.	$n$ 2 — число приемов
) + Ш01545.	$\mu$ 0°01'54,5"
) + ШЦШЦ1087.	$\tau/2$ 1,087"
: 20210 ) + ШШ1.	$m$ $\pm 10''$
<b>Данные о приемах наблюдений</b>	
<b>1-й условный прием</b>	
: 20600 X + 2004513.	$T_{L_1}$ 20 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 51,3 <sup>s</sup>
= + Ш423.	$Q_{L_1}$ 0,0423
= + 021.	$b_{L_1}$ +2,10
) + 107572981.	$L'_1$ 107°57'29,81"
) + 070233683.	$L_1$ 70°23'36,83"
X + 1956370.	$T_{R_1}$ 19 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 37,0 <sup>s</sup>
= + ШЦ233.	$Q_{R_1}$ +0,0233
= + Ш6.	$b_{R_1}$ 0,60
: 20610 ) + 107573057.	$R'_1 \pm 180^\circ$ 107°57'30,57"
) + 070233132.	$R_1 \pm 180^\circ$ 70°23'31,32"
<b>2-й условный прием</b>	
X + 2006483.	$T_{L_2}$
= + Ш543.	$Q_{L_2}$
= + 0215.	$b_{L_2}$
) + 107572646.	$L'_2$
) + 070233692.	$L_2$
X + 1958330.	$T_{R_2}$
: 20620 = + ШЦ133.	$Q_{R_2}$
= + Ш35.	$b_{R_2}$
) + 107573113.	$R'_2 \pm 180^\circ$
) + 070233168.	$R_2 \pm 180^\circ$
Ю	

При вычислении азимута по средним моментам наблюдения светила и средним отсчетам горизонтального круга на светило и земной предмет в полуприеме порядок записи исходной информации остается таким же, как показан в табл. 7, но ее объем сократится вдвое. Для приведенного примера запись исходной информации в этом случае будет иметь вид, показанный в таблице.

Таблица 7

Сокращенная информация для решения задачи № 022

Исходные данные для решения задачи	Пояснения	
: 20600 X + 2005498.	$T_L = \frac{1}{2} (T_{L_1} + T_{L_2})$	20 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 49,8 <sup>s</sup>
= +Ш483.	$Q_L = \frac{1}{2} (Q_{L_1} + Q_{L_2})$	0,0483
= +0212.	$b_L = \frac{1}{2} (b_{L_1} + b_{L_2})$	2,12
) + 107572814.	$L' = \frac{1}{2} (L'_1 + L'_2)$	107°57'28,14"
) + 070233688.	$L = \frac{1}{2} (L_1 + L_2)$	70°23'36,88"
X + 195735.	$T_R = \frac{1}{2} (T_{R_1} + T_{R_2})$	19 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>
= +Ш183.	$Q_R = \frac{1}{2} (Q_{R_1} + Q_{R_2})$	0,0183
= +Ш46.	$b_R = \frac{1}{2} (b_{R_1} + b_{R_2})$	0,46
: 20610 ) + 107573085.	$R' = \frac{1}{2} (R'_1 + R'_2) \pm 180^\circ$	107°57'30,85"
) + 07023315.	$R = \frac{1}{2} (R_1 + R_2) \pm 180^\circ$	70°23'31,5"
Ю		

В результате решения задачи для каждого условного приема на печать выдаются коллимационные ошибки по звезде  $c^*_i$  и земному предмету  $c_i$  и астрономический азимут  $A_i$  на земной предмет. Из обработки всех приемов наблюдений на печать выдаются средний азимут  $A_{ср.}$ , средняя квадратическая ошибка  $m$  его определения одним приемом и средняя квадратическая ошибка  $M$  результата.

Результаты решения задачи по исходным данным, помещенным бл. 6, приведены в табл. 8.

## Результаты решения задачи № 022

Вид печати результатов решения	Пояснения
+000-00-02994	$c^*_1$ 2,994"
+000-00-02755	$c_1$ 2,755"
+323-53-17153	$A_1$ 323°53'17,153"
-----	
+000-00-02536	$c^*_2$ 2,536"
+000-00-02619	$c_2$ 2,619"
+323-53-17564	$A_2$ 323°53'17,564"
-----	
+323-53-17358	$A_{cp.}$ 323°53'17,358"
-----	
+000-00-00000	$m$
+000-00-00000	$M$

## Вычисление азимута по часовому углу Солнца

Задача решается по № 023 с учетом только одной поправки — за ход хронометра (часов). Если наблюдения производились по программе определения азимута, то обработка их выполняется путем решения задачи № 022, с учетом поправки за наклон горизонтальной оси теодолита, а в случае, если для наблюдений использовались теодолиты с окулярным микрометром, то и с учетом поправки за его показания.

Исходная информация делится на общие данные о задаче и данные о каждом приеме наблюдений.

Обозначения и порядок записи общих данных о задаче такие же, как и в предыдущей задаче (см. табл. 6). Величины  $\mu$  и  $\frac{\tau}{2}$  при вычислениях не используются.

Данные о каждом приеме наблюдений записываются, начиная с ячейки 20600, в последовательности:

- $T_i$  — среднее из моментов наблюдения Солнца по московскому декретному времени (при двух положениях круга);  
 $M_i$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведении на земной предмет (при двух положениях вертикального круга);  
 $C_i$  — среднее из отсчетов по горизонтальному кругу при наведении на Солнце (при двух положениях вертикального круга).

Порядок подготовки исходной информации для вычисления азимута по часовому углу Солнца показан на примере в табл. 9.

## Исходная информация для решения задачи № 023

Вид печати исходных данных на контрольной ленте	Пояснения
<b>Общие данные о задаче</b>	
: 20027 , +040870.	$D$ 4 августа 1970 г.
: 20031 X + 17.	$T'_M$ $17^h00^m00^s$
: 20200 X + 1658214.	$S_1$ $16^h58^m21,4^s$
X + 1858212.	$S_2$ $18^h58^m21,2^s$
? + 0000.	№ Солнце по МЗК
X --020451.	$\lambda$ $2^h04^m51^s$
) + 0582833.	$\varphi$ $58^\circ28'33''$
? + ИЦЦЦ04.	$n$ 4 приема
: 20210 ) + ИЦЦЦ15.	$m$ +15"
<b>Данные о приемах наблюдений</b>	
<b>1-й прием</b>	
: 20600 X + 173537.	$T_1$ $17^h35^m37,0^s$
) + ИЦЦ86.	$M_1$ $0^\circ00'08,6''$
) + 1Ш41324.	$C_1$ $100^\circ41'32,4''$
<b>4-й прием</b>	
X + 1803541.	$T_4$ $18^h03^m54,1^s$
) + ИЦЦ32.	$M_4$ $0^\circ00'32,0''$
) + 1065312.	$C_4$ $106^\circ53'12''$
Ю	

В результате решения задачи на печать выдаются значения азимута  $A_1, A_2, \dots, A_n$  из отдельных приемов, среднее его значение  $A_{cp}$ , средние квадратические ошибки определения азимута одним приемом  $m$  и результата  $M$ .

Результаты решения и последовательность их выдачи на печать показаны в табл. 10.

## Результаты решения задачи № 023

Вид печати результатов решения	Пояснения
+160-36-47722 -----	$A_1$ 160°36'48"
+160-37-03769 -----	$A_2$ 160°37'04"
+160-36-45459 -----	$A_3$ 160°36'45"
+160-36-40793 -----	$A_4$ 160°36'41"
+160-36-49435 ----- -----	$A_{ср.}$ 160°36'49"
+000-00-09938	$m$ 10"
+000-00-04999	$M$ 5"

## Вычисление азимута по высоте светила

Задача решается по № 024. Исходная информация включает общие данные о задаче и данные о каждом приеме наблюдений.

Общие данные о задаче (табл. 11) включают:  $D$ ,  $T'_M$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $\lambda$ ,  $\varphi$ ,  $n$ ,  $m$ , которые записываются в те же ячейки, что и для задач № 022 и 023.

Таблица 11

## Исходная информация для решения задачи № 024

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
<b>Общие данные о задаче</b>	
: 20027 , +250770.	$D$ 25 июля 1970 г.
: 20031 X + 23.	$T'_M$ 23 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
: 20200 X + 17.	$S_1$ 17 <sup>h</sup>
X + 18.	$S_2$ 18 <sup>h</sup>

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
: 20210 ) +ЩШ15.	$m$ 0°00'15"
: 20203 ) +0312715.	$\lambda$ 31°27'15"
) +0565832.	$\varphi$ 56°58'32"
? +ЩЩЩ04.	$n$ 4 приема
<b>Данные о приемах наблюдений</b>	
1-й прием	
: 20600 ? +0575.	$N_1$ № 575 по МЗК
) +0325037.	$h_1$ 32°50'37"
) +Щ36028.	$M_1$ 0°36'02,8"
) +13139487.	$L_1$ 131°39'48,7"
? --1.	$V_1$ --1
X+1703.	$T_1$ 17 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>
4-й прием	
? +0575.	$N_4$ № 575 по МЗК
) +0265206.	$h_4$ 26°52'06"
) +Щ3609.	$M_4$ 0°36'09"
) +1414022.	$L_4$ 141°40'22"
? --1.	$V_4$ --1
X+173.	$T_4$ 17 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>
Ю	

Данные о каждом приеме наблюдений записываются, начиная с ячейки 20600, в последовательности:

$N_i$  — номер наблюдаемого светила (по МЗК);

$h_i$  — измеренная и исправленная за астрономическую рефракцию высота светила;

$M_i$  — отсчет по горизонтальному кругу при наведении на земной предмет;

$L_i$  — отсчет по горизонтальному кругу при наведении на светило;

$V_i$  — признак, указывающий, в какой части небесной сферы находилось наблюдаемое светило (для восточной части сферы — положительная 1, для западной — отрицательная 1);

$T_i$  — момент наблюдения светила по московскому времени.

Порядок подготовки исходной информации для вычисления азимута по высоте звезды № 575 по МЗК показан на примере в табл. 11.

По окончании решения на печать выдаются значения азимута  $A_1, A_2, \dots, A_n$  из отдельных приемов, среднее его значение  $A_{ср.}$  и средние квадратические ошибки определения азимута одним приемом  $m$  и результата  $M$ .

Результаты решения и последовательность их выдачи на печать показаны в табл. 12.

Таблица 12

Результаты решения задачи № 024

Вид печати результатов решения	Пояснения
+123-16-27366 -----	$A_1$ 123°16'27"
+123-16-59708 -----	$A_2$ 123°17'00"
+123-16-38059 -----	$A_3$ 123°16'38"
+123-17-06310 ----- -----	$A_4$ 123°17'06"
+123-16-47860 ----- -----	$A_{ср.}$ 123°16'48"
+000-00-18192	$m$ ± 18"
+000-00-09096	$M$ ± 9"

**Вычисление астрономических координат пунктов и азимутов направлений, определенных азимутальными способами**

Азимутальные способы астрономических определений включают:

1. Определение долготы пункта из наблюдения прохождений южных звезд в вертикале Полярной (способ Деллена).
2. Определение геодезического азимута и долготы из наблюдения звезд вблизи меридиана.
3. Определение геодезического азимута и широты из наблюдений звезд вблизи первого вертикала.
4. Определение геодезического азимута и составляющих уклонение отвесной линии из наблюдения звезд в разных вертикалах.
5. Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в вертикале местного предмета.
6. Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в одном произвольном вертикале.
7. Определение долготы из наблюдений пар звезд вблизи меридиана.
8. Определение астрономического азимута и долготы из наблюдения звезд в меридиане.

Реализованный в ЭВМ ТЭМ-1 алгоритм позволяет производить математическую обработку наблюдений, выполненных любым из этих способов. Кроме того, по программам могут вычисляться астрономические азимуты, определяемые по часовому углу звезды, в том числе и по часовому углу Полярной.



Программа обеспечивает вычисления с точностями, предъявляемыми к вычислениям астрономических определений в астрономо-геодезической сети.

Исходная информация для всех способов имеет единую структуру и состоит из двух частей: информации, относящейся к данному пункту, и информации, относящейся к группе звезд. Под группой звезд понимается количество звезд, наблюдаемых в промежутке между приемами сигналов времени.

Информация для пункта записывается, начиная с ячейки 20200, в последовательности:

- 20200 --  $\varphi_0$  -- приближенное значение астрономической широты (в градусной мере);
- 20201 --  $\lambda_0$  -- приближенное значение долготы (в градусной или часовой мере):  $\lambda$  положительна, если моменты наблюдения звезд регистрировались по звездному времени,  $\lambda$  отрицательна, если регистрировались по среднему времени;
- 20202 --  $a'_0$  -- приближенное значение азимута местного предмета (в градусной мере): для способа Деллена  $a'_0 = 90^\circ$ ;
- 20203 --  $\frac{\tau}{2}$  -- цена поделения накладного уровня (в градусной мере);
- 20204 --  $m$  -- число нитей или рабочих контактов, записываемое восьмеричным числом. Максимальное число нитей равно 11. Число нитей для всех полуприемов одной программы должно быть одинаково. Если при вычислениях используется средний момент наблюдения звезды в полуприеме, то  $m = 1$ ;
- 20205 --  $R$  -- цена оборота окулярного микрометра (в градусной мере): для инструментов типа „Бамберг“ перед  $R$  ставится знак „минус“; для теодолитов АУ-2"/10" -- знак „плюс“;
- 20206 --  $\mu_0$  -- допустимая величина средней квадратической ошибки единицы веса (в градусной мере);
- 20207 --  $\epsilon_0$  -- допустимое значение поправки к определяемым величинам (в градусной мере);
- 20210 --  $\epsilon''_{\varphi}$  -- допустимая величина общей поправки к приближенным координатам (в градусной мере);
- 20211 --  $\epsilon_A$  -- допустимая величина расхождения значений азимутов, вычисленных для одной звезды по разным нитям (в градусной мере);
- 20212 --  $l$  -- линейный элемент приведения наблюдений к центру пункта (в метрах в масштабе  $10^{-7}$ );
- 20213 --  $l_1$  -- линейный элемент редукции (в метрах в масштабе  $10^{-7}$ );
- 20214 --  $\theta$  -- угловой элемент приведения наблюдений к центру пункта;
- 20215 --  $\theta_1$  -- угловой элемент редукции. Если элементы центрировки и редукции не измерялись, записываются  $l=0$ ,  $l_1=0$ ,  $\theta=0$ ,  $\theta_1=0$ ;
- 20216 --  $d$  -- расстояние между астрономическим пунктом и местным предметом (в метрах в масштабе  $10^{-7}$ ). Если расстояние не измерялось, записывается  $d = 0,01 \text{ м}$ ;
- 20217 --  $H$  -- абсолютная высота астрономического пункта, на который определяется азимут (в метрах в масштабе  $10^{-7}$ ). Если поправка за высоту пункта над эллипсоидом Красовского не учитывается, записывается  $H = 0$ ;
- 20220 --  $x$  } -- координаты мгновенного полюса в среднюю эпоху наблюдения (в градусной мере); выбираются из бюллетеня „Всемирное время и координаты полюса“;
- 20221 --  $y$  }
- 20222 --  $\delta T$  -- лично-инструментальная разность (в градусной мере);
- 20223 --  $B$  }
- 20224 --  $L$  } -- геодезические широта и долгота (в градусной мере). Если  $B$  и  $L$  неизвестны, то записываются приближенные значения астрономических координат  $\varphi_0$  и  $\lambda$ ;

- 20225 —  $m_B$  } — средние квадратические ошибки геодезической широты и  
 20226 —  $m_L$  } долготы (в угловой мере). Если при оценке точности определения геодезического азимута и составляющих уклонения отвесной линии не требуется учитывать точность геодезических координат, то  $m_B = 0$ ,  $m_L = 0$ ;
- 20227 —  $z_\Delta$  — зенитное расстояние местного предмета (в градусной мере). Если оно не измерялось,  $z_\Delta = 90^\circ$ ;
- 20230 —  $n$  — число групп звезд на пункте, записываемое восьмеричным числом в масштабе  $10^{-11}$ ;
- 21500 —  $k$  — число необходимых неизвестных. Значение  $k$  зависит от способа астрономических определений.

Информация о группе звезд состоит из постоянной и переменной частей и записывается в ячейки 20231 — 20632.

Постоянная часть информации о группе звезд:

- 20231 —  $q$  — число звезд в группе, записываемое восьмеричным числом в масштабе  $10^{-11}$  ( $1 < q < 8$ );
- 20232 —  $D$  — дата наблюдения;
- 20233 —  $S'_1$  — средний момент передачи сигналов времени в начале наблюдения группы, время московское;
- 20234 —  $S'_2$  — средний момент передачи сигналов времени в конце наблюдения группы, время московское. В значения величин  $S'_1$  и  $S'_2$  должны быть введены поправки за скорость распространения радиоволн;
- 20235 —  $\delta S_1$  — поправка на всемирное время в момент  $S'_1$ ;
- 20236 —  $\delta S_2$  — поправка на всемирное время в момент  $S'_2$ ;
- 20237 —  $S_1$  — показание хронометра (часов) в момент  $S'_1$ ;
- 20240 —  $S_2$  — показание хронометра (часов) в момент  $S'_2$ ;
- 20241 —  $M$  — значение ширины контакта и мертвого хода контактного микрометра (в угловой мере).

Переменная часть информации о группе звезд

Исходная информация записывается для двух положений круга. Вместо выражений «круг лево» и «круг право» в дальнейшем употребляются выражения «первое положение круга» и «второе положение круга». Переменная часть информации о группе звезд записывается в ячейки, начиная с адреса 20242, в последовательности:

$N_i$  — номера светил в восьмеричной системе (например,  $?+1060$ ). Число  $i$  — звезд в группе может быть  $1 \leq i \leq 8_{10}$ . Для наблюдений и вычислений используются звезды из машинного звездного каталога, кроме звезды № 0655, имеющей ошибку в координатах. После записи всех номеров светил ставится признак окончания списка номеров звезд —  $?+7777$ ;

$\left. \begin{matrix} b'_i \\ b''_i \end{matrix} \right\}$  — наклоны горизонтальной оси при первом и втором положениях круга, записываемые линейным числом в масштабе  $10^{-2}$ .

Если накладной уровень не переключался в процессе наблюдения, то  $b'_i = b''_i = b_i$ , где  $b_i$  — средний наклон горизонтальной оси в приеме;

$\left. \begin{matrix} L'_i \\ L''_i \end{matrix} \right\}$  — значения направлений на звезду при двух положениях круга;

$\left. \begin{matrix} Q'_i \\ Q''_i \end{matrix} \right\}$  — величины, вычисляемые по формулам  $Q'_i = Q'_i 2 \sec 2z$  и  $Q''_i = Q''_i 2 \sec 2z$ ,

где  $Q'_i$  и  $Q''_i$  — средние значения из отсчетов по окулярному микрометру при наведении на звезду при двух положениях круга.  $Q'_i$  и  $Q''_i$  записываются линейными числами в масштабе  $10^{-2}$ .

Величины  $Q'_i$  являются положительными числами при наблюдении звезды при первом положении круга, отрицательными — при втором положении круга и вычисляются по формуле

$$Q'_i = (n - c) + \frac{d'}{D'},$$

где  $n$  — число целых оборотов барабана микрометра;  
 $c$  — число целых оборотов барабана, соответствующее нулю пункту окулярного микрометра (для АУ-2"/10" и ДКМЗ-А  $c = 10$ );  
 $D'$  — число делений шкалы окулярного микрометра;  
 $d'$  — отсчет по окулярному микрометру.

При выполнении полевого контроля в процессе астрономических наблюдений часто вычисляют и вводят в направления на местный предмет и звезду поправку за окулярный микрометр. Если в качестве исходных данных используются значения направлений на местный предмет и звезду, исправленные поправкой за окулярный микрометр, то в соответствующие ячейки  $Q''_i$  и  $Q'_i$  записываются нули;

$M'_i$  } — значения направлений на местный предмет при двух положениях круга.

Значения  $M'_i$  и  $M''_i$  должны быть заранее исправлены поправками за окулярный микрометр, поверительную трубу и рен.

В тех случаях, когда угол между направлениями на звезду и местный предмет при одном положении круга больше  $0^\circ$ , а при втором — меньше  $0^\circ$  (около  $359^\circ$ ), необходимо в качестве исходной информации при обоих положениях круга записывать средние значения  $L_{\text{ср.}}$  и  $M_{\text{ср.}}$  направлений на звезду и на местный предмет;

$s'_{ij}$  } — моменты наблюдений  $i$ -й звезды на  $j$ -й нити при двух положениях круга (число нитей  $1 \leq m \leq 11_{10}$ ).

Моменты наблюдения при обоих положениях круга записываются в порядке их возрастания, т. е. при любом круге считается, что номера нитей изменяются  $s_{i1} < s_{ij} < s_{im}$ . Число моментов наблюдений во всех полуприемах программы должно быть равно  $m$ . Если нить пропущена или момент наблюдения явно ошибочный, то в информации по данной нити записывается  $s_{ij} = 0$ . Если отсчет  $s_{ij} = 0^h$ , то в исходную информацию следует записывать  $s_{ij} = 00^h00^m00,001^s$ .

При вычислении со средними моментами наблюдений в таблицу исходных данных записываются средние моменты наблюдений звезды  $s'_i$  и  $s''_i$  при каждом положении круга.

Предварительная обработка результатов наблюдений звезд ведется по группам. По окончании вычисления последней группы выполняется совместное уравнение результатов, полученных из отдельных групп. В одной группе должно быть не более восьми звезд. При совместной обработке нескольких групп общее количество звезд не должно превышать 36. Если исходная информация содержит несколько групп звезд, то в начале исходных данных последней группы должно быть записано:

$$\begin{aligned} &: 20644 = +0. \\ &: 20230 ? + \text{ЩЩЩ01}. \\ &: 20231 ? + \Sigma q., \end{aligned}$$

где  $\Sigma q$  — общее количество звезд во всех группах, записываемое в восьмеричной системе.

В качестве  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  в зависимости от способа азимутальных астрономических определений могут использоваться приближенные или точные значения астрономических координат. Для 1-го и 2-го способов за долготу  $\lambda_0$  можно принять

как геодезическую долготу, так и приближенное значение астрономической долготы. Поскольку  $\varphi_0$  при вычислении не уточняется, следует в исходную информацию записывать точное значение астрономической широты. В 3-м способе за приближенное значение  $\varphi_0$  можно принять геодезическую или приближенную астрономическую широту. В качестве  $\lambda_0$  следует записать ее точное значение. В качестве приближенных значений  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  в способах 4, 5, 6, как правило, следует принимать геодезические координаты В и L пункта наблюдения. В 7-м и 8-м способах за приближенное значение  $\lambda_0$  можно принять геодезическую или приближенную астрономическую долготу. Для широты  $\varphi_0$  в этих способах следует использовать ее точное значение.

При определении астрономического азимута по часовым углам звезд в качестве  $\varphi_0$  и  $\lambda_0$  следует записывать точные значения астрономических координат пункта наблюдения.

Величины  $\mu_0$  в зависимости от теодолита и метода регистрации моментов прохождения звезд приведены в табл. 13.

Таблица 13

**Допустимая величина  
средней квадратической ошибки единицы веса**

Теодолит	Метод регистрации моментов прохождения звезд	$\mu_0$
АУ-2"/10", ДКМЗ-А и т. п.	С помощью контактного микрометра	5"
АУ-2"/10", ДКМЗ-А и т. п.	„Глаз — ухо“	7
T2, Theo-010	„Глаз — ухо“	15

Значение величин  $\epsilon_0 = 1''$  и  $\epsilon''_{\lambda, \varphi} \geq 5''$  принимаются для всех способов.

Величина допуска  $\epsilon_A$  зависит от типа инструмента:

$\epsilon_A = 20''$  для теодолитов АУ-2"/10", ДКМЗ-А;

$\epsilon_A = 40''$  для теодолитов Т2, Theo-010.

После обработки группы звезд на печать выдаются значения астрономического азимута по каждой звезде, среднее значение астрономического азимута  $a_q$ , астрономическая широта и долгота  $\varphi_l$  и  $\lambda_l$ , средние квадратические ошибки этих величин, соответственно  $m_{a_q}$ ,  $m_\varphi$ ,  $m_\lambda$ , средняя квадратическая ошибка  $m_{a_{\Gamma q}}$ .

Итоговыми результатами являются:

20757 -  $a$  астрономический азимут местного предмета;

20760  $\varphi$  }  
20761  $\lambda$  } астрономическая широта и долгота пункта;

20762  $m_a$  }  
20763 -  $m_\varphi$  } средние квадратические ошибки определения астрономических азимута и координат;  
20764  $m_\lambda$  }

20407 -  $a_\Gamma$  - геодезический азимут местного предмета;

20410  $\xi$  }  
20411 -  $\eta$  } --- составляющие уклонения отвесной линии;

$m_{a_\Gamma}$ ,  $m_\xi$ ,  $m_\eta$  --- средние квадратические ошибки определения геодезического азимута и составляющих уклонения отвесной линии.

В некоторых способах определяется лишь часть этих величин, поэтому следует иметь в виду, что определяемыми являются:

- $a_T, \xi, \eta$  — в способах непосредственного определения геодезического азимута и составляющих отклонения отвесной линии;  
 $a$  — в способах определения азимута по часовым углам звезд;  
 $\lambda (\eta)$  — в способах Деллена и определения долготы из наблюдения пар звезд вблизи меридиана;  
 $\varphi (\xi)$  — в способе определения широты из наблюдения пар звезд в первом вертикале;  
 $a, \lambda$  — в способе совместного определения астрономического азимута и долготы.

Пример вычисления азимута содержит исходную информацию об одной группе из четырех звезд. Обрабатываются результаты наблюдения звезд в разных вертикалах. При записи исходной информации для каждой звезды используются моменты их прохождения по девяти нитям. Порядок подготовки информации и результаты решения приведены в табл. 14 и 15.

В качестве исходной информации о моментах прохождения звезд могут использоваться средние значения этих моментов при обоих положениях круга.

Таблица 14

Информация о пункте

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
: 20200 ) +056045555.	$\varphi_0$ 56°04'55,55"
X+06110724.	$\lambda_0$ 6h11m07,240s
) +1635934.	$a'_0$ 163°59'34,00"
) +ЩЩ0795.	$\frac{\tau}{2}$ 0,795"
? +ЩЩЩ11.	$m$ — число нитей 11
) +ЩЩ15627.	$R$ 1'56,27"
) +ЩЩ5.	$\mu_0$ 5"
) +ЩЩ1.	$\varepsilon_0$ 1"
: 20210 ) +Щ05.	$\varepsilon''_{\lambda, \varphi}$ 5"
) +ЩЩ1.	$\varepsilon^A$ 10"
= +ЩЩ01.	$l$ 0,10 м
= +ЩЩ01.	$l_1$ 0,10 м
) +09.	$\theta$ 90°
) +09.	$\theta_1$ 90°
= +0001.	$d$ 1000 м
= +000017.	$H$ 170 м
: 20220 ) +ЩЩ012.	$x$ +0,120"
) +ЩЩ0147.	$y$ +0,147"
) -ЩЩ25.	$\delta T$ -2,50"
) +056045555.	$B=56°04'55,55"$
) +09246486.	$L=92°46'48,60"$
) +0.	$m_B$ 0
) +0.	$m_L$ 0
) +09.	$z_{\Delta}$ 90°
: 20230 ? +ЩЩЩ01.	$n$ — число групп 1
: 21500 ? +ЩЩЩ03.	$k$ — число необходимых неизвестных 3

Ю

# Информация о группе звезд

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
<b>Постоянная часть информации</b>	
: 20231 ? +ЩЩЩ04.	$q$ — число звезд в группе
, +210866.	$D$ 21.08.66
X+16033.	$S'_1$ 16 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30,00 <sup>s</sup>
X+18033.	$S'_2$ 18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 30,000 <sup>s</sup>
X+ЩЩЩ9.	$\delta S_1$ +0,009
X+ЩЩЩ022.	$\delta S_2$ +0,022
X+171228252.	$S_1$ 17 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 28,252 <sup>s</sup>
: 20240 X+191248377.	$S_2$ 19 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 48,377 <sup>s</sup>
) +ЩЩЩ0708.	+0,708"
<b>Переменная часть информации</b>	
? +1060.	$N_1$ по AE 506
? +0733.	$N_2$ 429
? +0605.	$N_3$ 350
? +0330.	$N_4$ 195
? +7777.	
=+0328.	$b'_1$ +3,28
: 20250=—0155.	$b'_2$ —1,55
. . . . .	. . . . .
=—0122.	$b''_3$ —1,22
=+0368.	$b''_4$ +3,68
) +165500995.	$L'_1$ 165°50'09,95"
: 20260 ) +090450645.	$L'_2$
) +227102745.	$L'_3$
) +34700062.	$L''_4$
=+0.	$Q'_1$
: 20270=+0.	.
=+0.	$Q''_3$
=+0.	$Q''_4$
) +240193835.	$M'_1$ 240°19'38,35"
: 20300 ) +0752542.	$M'_2$
) +300395052.	$M'_3$
) +150493821.	$M''_4$
X+17281266.	$s'_{1-1}$ 17 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12,66 <sup>s</sup>

Исходные данные для решения задачи	Пояснения
: 20310 X + 17281452.	$s'_{1-2}$
X + 17281613.	$s'_{1-3}$
X + 17281804.	$s'_{1-4}$
X + 17281946.	$s'_{1-5}$
X + 17282163.	$s'_{1-6}$
X + 17282362.	$s'_{1-7}$
X + 17282509.	$s'_{1-8}$
X + 17282689.	$s'_{1-9}$
: 20320 X + 17435179.	$s'_{2-1}$
X + 17435284.	$s'_{2-2}$
. . . . .	. . . . .
X + 18533003.	$s'_{4-8}$
X + 18533332.	$s'_{4-9}$
X + 17330097.	$s''_{1-1}$
X + 17330297.	$s''_{1-2}$
X + 17330450.	$s''_{1-3}$
. . . . .	. . . . .
X + 18574038.	$s''_{4-7}$
X + 18574385.	$s''_{4-8}$
X + 18574736.	$s''_{4-9}$
Ю	

Таблица 15

Результаты решения примера

Вид печати результатов решения	Пояснения
+163-59-21592 -----	$a_1^{(1)} \quad 163^{\circ}59'21,592''$
+163-59-28003 -----	$a_2^{(1)}$
+163-59-46275 -----	$a_3^{(1)}$
+163-59-42550 -----	$a_4^{(1)}$

Вид печати результатов решения	Пояснения
+163-59-43977 -----	$a_1^{(2)}$
+163-59-45572 -----	$a_2^{(2)}$
+163-59-44076 -----	$a_3^{(2)}$
+163-59-45447 -----	$a_4^{(2)}$
+163-59-44785	$a_q$
+056-05-04408	$\varphi_q$ 56°05'04,408"
+06-11-078683	$\lambda_q$ 6 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 07,868 <sup>s</sup>
+000-00-01341	$m_{a_q}$ 1,3"
+000-00-00772	$m_{\varphi_q}$ 0,8"
+00-00-000942	$m_{\lambda_q}$ 0,09 <sup>s</sup>
+000-00-01361 -----	$m_{a\Gamma}$ 1,4"
+164-00-25885	$a$ 164°00'25,885"
+056-05-04562	$\varphi$ 56°05'04,562"
+06-11-076908	$\lambda$ 6 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 07,691 <sup>s</sup>
+000-00-00134	$m_a$ 1,3"
+000-00-00077	$m_\varphi$ 0,8"
+00-00-000093 -----	$m_\lambda$ 0,09 <sup>s</sup>
+164-00-20273	$a_\Gamma$ 164°00'20,272"
+000-00-09012	$\xi$ 9,012"
+000-00-03773	$\eta$ 3,773"
+000-00-00136	$m_{a\Gamma}$ 1,3"
+000-00-00077	$m_\xi$ 0,8"
+000-00-00079 -----	$m_\eta$ 0,8"



## МАШИННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ КАТАЛОГ (МЗК)

Средние места звезд на эпоху 1967.0

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
4	216	0001	2,12	709		0050	4,96
1		0002	4,62	36	180	0051	3,72
2	13	0003	2,15	37	184	0052	4,88
3	15	0004	2,42	710		0053	4,18
707		0005	5,08	38	193	0054	3,77
587		0006	5,19	39	201	0055	4,68
4	21	0007	2,87	40	208	0056	4,19
5	28	0010	4,44	41		0057	3,65
708		0011	4,51	42	209	0060	4,50
6	34	0012	3,75	593		0061	5,42
7	39	0013	5,39	43		0062	3,92
590		0014	5,23	44	219	0063	3,58
9	55	0015	4,24	46	222	0064	4,75
11	63	0016	4,47	47	223	0065	4,84
10	61	0017	3,72	45	221	0066	3,44
12	66	0020	4,52	48	225	0067	2,72
13	69	0021	3,49	49	232	0070	4,83
14	72	0022	2,47	50		0071	4,18
15		0023	2,24	52	244	0072	4,33
16	80	0024	4,70	51	242	0073	4,06
17	87	0025	4,30	53	250	1271	2,28
19	95	0026	4,55	54	254	0074	2,23
20	97	0027	4,42	55	257	0075	3,08
591		0030	5,24	56	267	0076	5,40
21	112	0031	1,6—3,0	595		0077	5,24
22	114	0032	3,94	57	275	0100	4,07
23		0033	4,39	711		0101	5,12
24	121	0034	5,46	57—a	283	0102	2,0—10,1
25	122	0035	4,45	596		0103	5,37
26		0036	3,60	58	290	0104	4,86
27	139	0037	2,37	59	291	0105	5,80
28	145	0040	4,52	60	294	0106	4,34
29	150	0041	4,89	597		0107	5,88
30	151	0042	4,70	61	314	0110	4,04
31	161	0043	4,67	62	318	0111	4,99
32	166	0044	4,99	63	324	0112	4,38
33	169	0045	3,83	65	325	0113	3,58
34	172	0046	4,97	64	326	0114	4,22
35	173	0047	2,80	598		0115	4,39

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
66	330	0116	4,36	105	508	0171	5,07
67	333	0117	4,62	107	522	0172	4,03
69	337	0120	3,68	108	532	0173	4,14
68	336	0121	3,95	109	537	0174	4,89
599		0122	4,81	110	541	0175	4,32
70	343	0123	4,06	111	553	0176	3,86
71	349	0124	4,05	112	557	0177	5,67
712		0125	4,97	603		0200	5,31
73	360	0126	4,69	113	567	0201	3,93
74	365	0127	2,82	114	574	0202	4,24
75	368	0130	3,08	115	576	0203	5,33
76	371	0131	3,3—4,1	116	586	0204	3,63
77	376	0132	2,2—3,5	117	588	0205	3,62
78	377	0133	4,17	118	600	0206	4,75
79	385	0134	4,53	119	605	0207	1,06
80		0135	3,95	120	607	0210	4,12
81	403	0136	4,92	122		0211	3,98
82	414	0137	5,55	121	612	0212	5,31
83	415	0140	1,90	123	620	0213	4,33
84	418	0141	3,80	124	628	0214	4,18
85	420	0142	3,75	125	630	0215	5,35
86	422	0143	4,44	713		0216	5,10
87	430	0144	4,55	126	635	0217	3,31
88	433	0145	4,28	127	638	0220	4,35
89	439	0146	3,81	128	640	0221	3,78
90	440	0147	4,26	130	645	0222	5,19
91	443	0150	4,40	129	641	0223	4,38
92	453	0151	3,10	131	650	0224	3,87
601		0152	4,93	132	657	0225	2,90
93		0153	3,72	133	664	0226	3,1—3,8
94	455	0154	3,94	135	666	0227	3,94 пер.
96	462	0155	3,81	134	665	0230	4,22
95	460	0156	3,93	136	669	0231	4,70
602		0157	4,33	137	671	0232	4,65
97	472	0160	2,96	139		0233	3,29
98	474	0161	4,67	138	678	0234	3,28
99	478	0162	3,80	140	684	0235	2,92
100	489	0163	2,91	604	690	0236	4,34
101	501	0164	2,96	141	695	0237	4,78
103		0165	3,19	142	700	0240	0,34
102		0166	4,05	143	702	0241	0,21
104	504	0167	3,8—4,1	144	708	0242	3,68
106	509	0170	3,94	145	709	0243	4,85

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
146	722	0244	5,25	187	930	0317	4,68
148	735	0245	1,70	188	935	0320	3,18
149	736	0246	1,78	189	939	0321	3,40
150		0247	2,96	714		0322	5,34
152	754	0250	2,48	191	943	0323	5,28
151	755	0251	4,88	192	947	0324	4,70
153		0252	2,69	193	961	0325	3,64
154	762	0253	4,53	196		0326	4,25
155	763	0254	3,66	194	962	0327	4,70
156	769	0255	5,36	195	966	0330	4,75
605	772	0256	2,89	198		0331	1,63
157	775	0257	1,75	611		0332	3,12
158	780	0260	3,00	199	979	0333	3,7-4,1
606		0261	2,75	200		0334	1,98
160	790	0262	2,05	201	990	0335	5,07
161		0263	3,80	202	993	0336	4,09
162	802	0264	2,20	203	997	0337	5,33
163	805	0265	4,64	612		0340	2,74
164	813	0266	4,18	204	1007	0341	3,65
607		0267	3,90	205	1009	0342	3,52
165	819	0270	5,26	206	1017	0343	5,28
166	820	0271	4,92	613		0344	2,43
167	822	0272	0,1-1,2	207	1021	0345	3,89
168		0273	3,77	208	1024	0346	3,09
169	826	0274	3,88	209	1031	0347	4,18
170	827	0275	2,07	210	1037	0350	4,85
171	831	0276	2,71	614		0351	4,52
172	837	0277	4,19	212	1045	0352	4,22
173	846	0300	5,31	214	1059	0353	4,96
174	849	0301	4,40	215	1067	0354	3,70
175	858	0302	4,35	216	1070	0355	1,21
176	864	0303	3,2-4,2	217		0356	3,47
177	866	0304	4,45	218	1082	0357	5,69
178	874	0305	4,73	219	1090	0360	5,79
179	879	0306	4,42	615		0361	2,27
180		0307	3,10	220	1103	0362	4,87
181	887	0310	3,19	221		0363	2,88
182		0311	1,99	222	1119	0364	3,76
183	889	0312	4,48	223	1127	0365	4,43
184	901	0313	5,0-5,6	224	1136	0366	3,95
185	913	0314	4,50	225	1143	0367	3,47
609		0315	4,54	226	1157	0370	4,18
186	924	0316	1,93	227	1159	0371	4,76

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
228	1162	0372	5,52	265	1341	0444	3,21
618		0373	3,70	266	1343	0445	4,92
229	1168	0374	4,17	267		0446	4,06
230	1173	0375	4,20	628		0447	4,42
620		0376	4,19	268	1351	0450	4,41
232	1191	0377	3,30	269	1356	0451	4,84
234	1199	0400	4,27	270	1359	0452	3,85
233	1200	0401	3,12	271	1362	0453	5,04
235	1203	1272	4,09	629		0454	5,32
236	1204	0402	4,99	717		0455	5,16
237	1208	0403	3,68	272	1368	0456	4,77
238	1213	0404	4,71	272a	1375	0457	5,23
239	1220	0405	4,87	273	1377	0460	5,28
240	1223	0406	4,74	274		0461	3,32
715		0407	5,30	275	1389	0462	3,92
241	1228	0410	3,84	276	1393	0463	4,51
242	1231	0411	4,89	718		0464	5,14
243	1237	0412	3,82	277	1406	0465	2,44
244	1239	0413	3,30	278	1411	0466	1,95
245	1246	0414	2,16	279	1413	0467	4,66
246	1253	0415	3,75	280	1421	0470	3,15
247	1261	0416	3,26	632		0471	4,52
248	1262	0417	4,37	281	1426	0472	2,58
249	1266	0420	4,62	282	1427	0473	3,41
250	1275	0421	4,78	283	1431	0474	4,58
251	1278	0422	4,10	285	1435	0475	3,71
625		0423	4,96	633		0476	3,82
252	1281	0424	3,76	286	1438	0477	4,13
251a	1279	0425	5,74	287	1441	0500	4,03
253	1288	0426	3,12	288	1446	0501	5,85
716		0427	5,20	289	1455	0502	4,06
254	1294	0430	3,89	634		0503	3,72
256	1298	0431	4,10	290	1465	0504	4,47
626		0432	5,16	291	1466	0505	5,52
257	1305	0433	5,19	292	1477	0506	3,85
258	1311	0434	4,89	293	1483	0507	2,23
259	1317	0435	4,47	294	1485	0510	3,80
260	1318	0436	3,58	295	1488	0511	2,54
261	1321	0437	1,34	296	1496	0512	4,57
627		0440	3,83	297	1499	0513	5,07
262	1330	0441	3,65	298	1501	0514	4,24
263	1332	0442	3,52	299		0515	3,21
264	1337	0443	2,61	300	1510	0516	5,12

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
301	1514	0517	3,44	340	1707	0571	4,82
302		0520	2,78	341	1708	0572	5,00
303		0521	5,08	342	1710	0573	4,31
305	1528	0522	5,56	343		0574	6,61
304	1527	0523	4,00	345	1718	0575	0,24
306		0524	4,78	344	1719	0576	4,16
307	1538	0525	4,56	346	1722	0577	4,87
308	1544	0526	5,44	347	1723	0600	4,26
310	1552	0527	3,88	720		0601	4,83
309	1553	0530	4,32	348	1733	0602	4,06
311		0531	2,84	651		0603	5,00
312	1554	0532	4,78	349	1743	0604	3,78
313	1563	0533	4,78	350	1744	0605	3,00
315	1570	0534	4,8 - 6,0	351	1748	0606	4,48
316	1587	0535	1,68	652		0607	2,65
317	1590	0536	3,66	352	1756	0610	4,94
318	1592	1273	2,90	354	1760	0611	3,95
319	1604	0537	2,95	355	1761	0612	4,93 пер.
719		0540	5,11	356	1764	0613	2,70
320	1614	0541	4,46	357	1768	0614	3,76
321	1618	0542	4,32	655		0615	2,90
322	1620	0543	5,05	359	1778	0616	5,67
323	1627	0544	5,01	360	1779	0617	2,24
324	1629	0545	4,66	361	1791	0620	4,86 пер.
643		0546	3,33	362	1798	0621	3,63
644		0547	2,91	657		0622	3,41
326	1636	0550	1,21	363	1803	0623	4,67
327	1646	0551	5,41	721		0624	5,21
328	1653	0552	3,44	364	1819	0625	3,54
329	1655	0553	4,63	365	1821	0626	2,74
330	1656	0554	4,96	659		0627	3,59
331	1668	0555	4,75	367	1834	0630	3,14
332	1677	0556	4,51	366	1835	0631	5,05
333	1678	0557	1,91	369	1841	0632	3,47
646		0560	5,11	370	1844	0633	3,72
334	1684	0561	4,96	371	1850	0634	5,15
335	1686	0562	4,77	372	1854	0635	4,17
336	1690	0563	2,80	373	1858	0636	2,31
337	1699	0564	4,34	661		0637	3,78
338	1702	0565	3,64	374	1870	0640	5,07
649		0566	3,48	376	1875	0641	3,93
650		0567	2,26	377	1878	0642	2,75
339	1705	0570	5,44	378	1883	0643	3,74

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
381	1886	0644	4,34	419		0717	3,37
379	1887	0645	5,13	420	2073	0720	4,52
380	1889	0646	4,28	421	2081	0721	4,61
382	1891	0647	3,63	422	2090	0722	4,48
662		0650	4,11	423		0723	2,99
383	1894	0651	3,75	674		0724	1,71
722		0652	4,77	424	2103	0725	2,14
384	1899	0653	4,61	675		0726	2,04
385	1904	0654	3,86	425	2113	0727	4,87
663		0656	3,00	426	2114	0730	3,79
387	1907	0657	4,96	676		0731	2,51
664		0660	2,54	427	2118	0732	2,94
388	1918	0661	4,11	429	2123	0733	3,48
391	1931	0662	4,26	430	2125	0734	3,74
390	1930	0663	4,94	677		0735	3,25
392	1941	0664	3,03	431	2136	0736	5,04
393	1949	0665	3,34	432	2137	0737	3,90
394	1954	0666	3,91	433	2143	0740	3,99
665		0667	3,0 3,8	434	2144	0741	2,42
395	1956	0670	4,80	435	2145	0742	3,82
396	1957	0671	3,79	436	2150	0743	3,50
397	1958	0672	4,72	437	2156	0744	3,95
399	1965	0673	2,89	678		0745	3,07
398	1963	0674	4,53	439	2172	0746	3,73
402	1975	0675	4,98	440	2175	0747	3,83
400	1974	0676	2,81	441	2178	0750	5,11
403	1985	0677	4,25	442	2188	0751	5,02
667		0700	2,91	443		0752	4,01
404		0701	2,70	444	2189	0753	5,03
723		0702	5,14	445	2196	0754	4,34
406	2001	0703	3,61	679		0755	2,84
407	2005	0704	4,88	446	2199	0756	3,42
669		0705	2,36	449	2209	0757	3,69
408	2010	0706	4,86	680		0760	1,95
409	2020	0707	4,29	447	2208	0761	3,92
410	2025	0710	3,42	450	2211	0762	4,85
411	2028	0711	3,92	451		0763	2,94
412	2037	0712	4,91	452	2221	0764	5,37
414	2047	0713	3,22	453	2237	0765	0,14
416	2054	0714	3,16	681	2242	0766	5,09
417	2055	0715	3,36	454	2250	0767	4,26
418	2061	0716	4,80	455	2254	0770	4,37
				456	2262	0771	3,4—4,3

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
457	2256	0772	4,85	494	2468	1044	3,95 пер.
682		0773	2,14	495	2470	1045	4,32
459	2276	0774	4,0—4,5	496		1046	3,77
460	2280	0775	4,91	497	2491	1047	2,32
683		0776	3,61	498	2503	1050	4,09
461	2287	0777	3,30	499	2505	1051	4,28
462	2288	1000	4,21	500	2507	1052	3,98
463	2302	1001	3,02	501	2511	1053	4,85
464	2303	1002	3,55	502	2514	1054	4,69
724		1003	5,13	504	2523	1055	4,78
465		1004	3,02	505	2530	1056	3,86
467	2318	1005	3,24	690		1057	5,33
466	2317	1006	4,46	506	2532	1060	1,33
468	2326	1007	4,46	507	2535	1061	4,53
470		1010	4,63	691		1062	4,26
469	2329	1011	3,98	509	2540	1063	4,63
685		1012	4,58	511	2542	1064	3,59
471	2343	1013	3,44	508	2541	1065	2,64
472	2358	1014	3,94	512	2545	1066	3,83
473	2359	1274	3,24	514	2572	1067	4,04
474	2361	1015	4,85	725		1070	4,88
686	2370	1016	5,04	515	2588	1071	3,92
476	2374	1017	4,64	692		1072	4,52
475	2373	1020	5,16	516	2598	1073	4,76
477	2378	1021	4,79	517	2603	1074	3,40
478	2388	1022	5,02	518	2606	1075	3,82
479	2389	1023	2,97	519	2607	1076	4,14
480	2390	1024	2,80	520	2609	1077	4,28
481	2392	1025	3,78	521	2612	1100	4,42
483	2398	1026	3,99	522	2615	1101	2,60
687		1027	5,55	523	2623	1102	4,27
482	2397	1030	0,89	524	2624	1103	5,87
484	2406	1031	3,7—4,4	525		1104	3,86
485	2418	1032	3,90	726		1105	5,34
486	2424	1033	4,03	526	2641	1106	3,33
487	2425	1034	5,13	527	2642	1107	3,07
488	2428	1035	3,71	528	2645	1110	4,22
688		1036	4,39	529	2648	1111	4,98
489	2436	1037	4,74	529a	2652	1112	5,09
490	2438	1040	5,28	530	2657	1113	4,87
491	2457	1041	4,82	693		1114	3,80
492	2459	1042	3,37	531	2668	1115	4,85
493	2461	1043	4,40	532	2670	1116	2,54

Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
534	2680	1117	4,46	703		1172	3,80
694		1120	2,98	570	2867	1173	4,62
535	2683	1121	4,26	571	2877	1174	3,85
536	2685	1122	5,00	704		1175	4,51
695		1123	3,16	572	2885	1176	5,65
537		1124	4,66	573	2888	1177	5,37
538	2711	1125	5,52	574	2893	1200	4,57
539	2718	1126	3,19	574a	2897	1201	4,45
540	2723	1127	3,96	575	2899	1202	4,67
542	2730	1130	4,38	576	2902	1203	4,9 5,0
541	2729	1131	3,70	705		1204	4,46
543	2732	1132	4,99	578	2916	1205	4,00 пер.
544	2733	1133	3,62	579	2918	1206	4,28
545	2741	1134	4,64	581	2921	1207	3,42
546	2746	1135	4,23	580	2922	1210	4,28
547	2748	1136	4,32	582	2923	1211	4,33
549	2760	1137	4,93	706		1212	4,62
548	2761	1140	3,97	583	2928	1213	5,09
550	2764	1141	4,58	584	2942	1214	4,4 5,1
551	2773	1142	4,42	585	2947	1215	4,75
552	2776	1143	3,7 4,4	586	2951	1216	4,03
553	2782	1144	3,85				
554	2786	1145	4,13				
555	2797	1146	4,91	№ 1	67	1217	6,40
698		1147	4,22	№ 2	102	1220	5,55
556	2798	1150	4,64	№ 3	127	1221	4,52
557	2800	1151	3,61	№ 5	261	1222	6,86
558	2805	1152	3,10	№ 6	322	1223	5,92
727		1153	5,24	№ 7	374	1224	5,95
559	2809	1154	4,14	№ 8	413	1225	5,78
700		1155	4,21	№ 9	490	1226	5,84
560	2812	1156	3,67	№ 10	516	1227	5,25
561	2815	1157	3,68	№ 11	550	1230	5,39
562	2820	1160	3,84	№ 12	561	1231	5,58
701		1161	3,51	№ 13	563	1232	5,70
563	2833	1162	5,20	№ 14	566	1233	6,70
702		1163	1,29	№ 15	648	1234	5,32
564	2842	1164	3,5 4,0	№ 17	804	1235	6,41
565	2846	1165	2,1—3,0	№ 18	912	1236	6,57
566	2849	1166	2,57	№ 20	1016	1237	5,11
568	2852	1167	4,93	№ 19	1011	1240	5,26
567	2851	1170	4,69	№ 21	1105	1241	6,39
569	2860	1171	4,56	№ 22	1122	1242	6,17



Номер звезды			Величина	Номер звезды			Величина
по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК		по АЕ	по КГЗ-2	по МЗК	
N 23	1217	1243	6,26	N 36	2206	1256	6,55
N 24	1264	1244	4,58	N 37	2220	1257	6,15
N 25	1347	1245	5,64	N 38	2456	1260	6,61
N 26	1352	1246	5,34	N 39	2508	1261	5,62
N 28	1500	1247	6,38	N 40		1262	6,16
N 29	1581	1250	5,28	N 41	2551	1263	5,69
N 30	1674	1251	6,16	N 42	2560	1264	5,58
N 31	1781	1275	5,73	N 43	2754	1265	5,38
N 33	2018	1253	4,40	N 44	2814	1266	4,97
N 34	2131	1254	4,44	N 45	2834	1267	4,96
N 35		1255	5,86	N 46	2901	1270	5,62

**ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ НОРМАЛЬНОЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ  
ПО ФОРМУЛЕ ГЕЛЬМЕРТА 1901—1909 гг.**

φ	γ <sub>n</sub>	φ	γ <sub>n</sub>	φ	γ <sub>n</sub>
0° 0'	978,0300	10° 0'	978,1856	20° 0'	978,6338
10	0300	10	1907	10	6435
20	0302	20	1960	20	6532
30	0304	30	2013	30	6630
40	0307	40	2067	40	6729
50	0311	50	2122	50	6829
1 0	978,0316	11 0	978,2178	21 0	978,6929
10	0321	10	2235	10	7030
20	0328	20	2292	20	7131
30	0335	30	2351	30	7233
40	0344	40	2410	40	7336
50	0353	50	2470	50	7440
2 0	978,0363	12 0	978,2530	22 0	978,7544
10	0374	10	2592	10	7648
20	0385	20	2654	20	7754
30	0398	30	2717	30	7860
40	0412	40	2781	40	7966
50	0426	50	2845	50	8074
3 0	978,0441	13 0	978,2911	23 0	978,8181
10	0457	10	2977	10	8290
20	0474	20	3044	20	8399
30	0492	30	3112	30	8508
40	0511	40	3180	40	8619
50	0531	50	3250	50	8729
4 0	978,0551	14 0	978,3320	24 0	978,8841
10	0572	10	3391	10	8953
20	0594	20	3462	20	9065
30	0618	30	3535	30	9179
40	0641	40	3608	40	9292
50	0666	50	3682	50	9407
5 0	978,0692	15 0	978,3757	25 0	978,9521
10	0718	10	3832	10	9637
20	0746	20	3908	20	9753
30	0774	30	3985	30	9869
40	0803	40	4063	40	978,9987
50	0833	50	4141	50	979,0104
6 0	978,0864	16 0	978,4221	26 0	979,0222
10	0895	10	4300	10	0341
20	0928	20	4381	20	0460
30	0961	30	4463	30	0580
40	0995	40	4545	40	0701
50	1030	50	4628	50	0822
7 0	978,1066	17 0	978,4711	27 0	979,0943
10	1103	10	4796	10	1065
20	1140	20	4881	20	1187
30	1179	30	4966	30	1310
40	1218	40	5053	40	1434
50	1258	50	5140	50	1558
8 0	978,1299	18 0	978,5228	28 0	979,1682
10	1341	10	5317	10	1807
20	1384	20	5406	20	1932
30	1427	30	5496	30	2058
40	1471	40	5587	40	2185
50	1516	50	5678	50	2311
9 0	978,1562	19 0	978,5770	29 0	979,2439
10	1609	10	5863	10	2567
20	1657	20	6957	20	2695
30	1705	30	6051	30	2824
40	1755	40	6146	40	2953
50	1805	50	6241	50	3082
10 0	978,1856	20 0	978,6338	30 0	979,3212

Для широт от 35 до 77° см. более подробную таблицу на следующих страницах.

φ	T <sub>0</sub>	φ	T <sub>0</sub>	φ	T <sub>0</sub>
30° 0'	979,3212	70° 0'	982,6061	80° 0'	983,0584
10	3343	10	6158	10	0635
20	3474	20	6254	20	0686
30	3605	30	6350	30	0735
40	3737	40	6445	40	0784
50	3869	50	6539	50	0832
31 0	979,4002	71 0	982,6633	81 0	983,0880
10	4135	10	6726	10	0926
20	4268	20	6818	20	0972
30	4402	30	6909	30	1016
40	4537	40	7000	40	1060
50	4671	50	7090	50	1103
32 0	979,4806	72 0	982,7180	82 0	983,1146
10	4942	10	7268	10	1187
20	5078	20	7356	20	1227
30	5214	30	7444	30	1267
40	5350	40	7530	40	1306
50	5487	50	7616	50	1344
33 0	979,5625	73 0	982,7701	83 0	983,1381
10	5762	10	7785	10	1417
20	5900	20	7869	20	1453
30	6039	30	7952	30	1487
40	6178	40	8034	40	1521
50	6317	50	8116	50	1554
34 0	979,6456	74 0	982,8196	84 0	983,1586
10	6596	10	8276	10	1617
20	6736	20	8355	20	1647
30	6876	30	8434	30	1676
40	7017	40	8511	40	1705
50	7158	50	8588	50	1732
35 0	979,7299	75 0	982,8664	85 0	983,1759
10	7441	10	8740	10	1785
20	7583	20	8814	20	1810
30	7725	30	8888	30	1834
40	7868	40	8961	40	1858
50	8010	50	9034	50	1880
36 0	979,8154	76 0	982,9105	86 0	983,1901
10	8297	10	9176	10	1922
20	8441	20	9246	20	1942
30	8584	30	9315	30	1961
40	8729	40	9384	40	1979
50	8873	50	9451	50	1996
37 0	979,9018	77 0	982,9518	87 0	983,2012
10	9163	10	9584	10	2028
20	9308	20	9649	20	2042
30	9453	30	9714	30	2056
40	9599	40	9777	40	2069
50	9745	50	9840	50	2081
38 0	979,9891	78 0	982,9902	88 0	983,2092
10	980,0037	10	9964	10	2102
20	0183	20	983,0024	20	2111
30	0330	30	0084	30	2119
40	0477	40	0142	40	2127
50	0624	50	0200	50	2134
39 0	980,0771	79 0	983,0258	89 0	983,2139
10	0919	10	0314	10	2144
20	1067	20	0370	20	2148
30	1214	30	0424	30	2151
40	1362	40	0478	40	2153
50	1511	50	0531	50	2155
40 0	980,1659	80 0	983,0584	90 0	983,2155

$\varphi$	35°	36°	37°	38°	39°	40°
	979,	979,	979,	979,	980,	980,
0'	7299	8154	9018	9891	0771	1659
1	7314	8168	9032	9905	0786	1674
2	7328	8182	9047	9920	0801	1689
3	7342	8197	9061	9935	0816	1703
4	7356	8211	9076	9949	0830	1718
5	7370	8225	9090	9964	0845	1733
6	7384	8240	9105	9978	0860	1748
7	7398	8254	9119	9993	0875	1763
8	7413	8268	9136	*0008	0889	1778
9	7427	8283	9148	0022	0904	1793
10	7441	8297	9163	*0037	0919	1807
11	7455	8311	9177	0052	0934	1822
12	7469	8326	9192	0066	0948	1837
13	7484	8340	9206	0081	0963	1852
14	7498	8354	9221	0096	0978	1867
15	7512	8369	9235	*0110	0993	1882
16	7526	8383	9250	0125	1007	1897
17	7540	8397	9264	0139	1022	1911
18	7555	8412	9279	0154	1037	1926
19	7569	8426	9293	0169	1052	1941
20	7583	8441	9308	*0183	1067	1956
21	7597	8455	9322	0198	1081	1971
22	7611	8469	9337	0213	1096	1986
23	7626	8484	9351	0227	1111	2001
24	7640	8498	9366	0242	1126	2016
25	7654	8512	9380	*0257	1140	2030
26	7668	8527	9395	0271	1155	2045
27	7682	8541	9410	0286	1170	2060
28	7697	8556	9424	0301	1185	2075
29	7711	8570	9439	0315	1200	2090
30	7725	8584	9453	*0330	1214	2105
31	7739	8599	9468	0345	1229	2120
32	7754	8613	9482	0360	1244	2135
33	7768	8628	9497	0374	1259	2149
34	7782	8642	9511	0389	1274	2164
35	7796	8657	9526	*0404	1288	2179
36	7811	8671	9540	0418	1303	2194
37	7825	8685	9555	0433	1318	2209
38	7839	8700	9570	0448	1333	2224
39	7853	8714	9584	0462	1348	2239
40	7868	8729	9599	*0477	1362	2254
41	7882	8743	9613	0492	1377	2269
42	7896	8757	9628	0506	1392	2284
43	7910	8772	9642	0521	1407	2298
44	7925	8786	9657	0536	1422	2313
45	7939	8801	9672	*0551	1436	2328
46	7953	8815	9686	0565	1451	2343
47	7968	8830	9701	0580	1466	2358
48	7982	8844	9715	0595	1481	2373
49	7996	8859	9730	0609	1496	2388
50	8010	8873	9745	*0624	1511	2403
51	8025	8887	9759	0639	1525	2418
52	8039	8902	9774	0654	1540	2433
53	8053	8916	9788	0668	1555	2448
54	8068	8931	9803	0683	1570	2462
55	8082	8945	9818	*0698	1585	2477
56	8096	8960	9832	0712	1600	2492
57	8111	8974	9847	0727	1614	2507
58	8125	8989	9861	0742	1629	2522
59	8139	9003	9876	0757	1644	2537
60	8154	9018	9891	*0771	1659	2552

$$\gamma_0 = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi)$$

41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°
980,	980,	980,	980,	980,	980,	980,	980,
2552	3450	4351	5254	6159	7064	7968	8870
2567	3465	4366	5269	6174	7079	7983	8885
2582	3480	4381	5284	6189	7094	7998	8900
2597	3495	4396	5300	6204	7109	8013	8915
2612	3510	4411	5315	6219	7124	8028	8930
2627	3525	4426	5330	6235	7139	8043	8945
2642	3540	4441	5345	6250	7155	8058	8960
2657	3555	4456	5360	6265	7170	8073	8975
2671	3570	4471	5375	6280	7185	8088	8990
2686	3585	4486	5390	6295	7200	8104	9005
2701	3600	4501	5405	6310	7215	8119	9020
2716	3615	4516	5420	6325	7230	8134	9035
2731	3630	4531	5435	6340	7245	8149	9050
2746	3645	4546	5450	6355	7260	8164	9065
2761	3660	4561	5465	6370	7275	8179	9080
2776	3675	4577	5480	6385	7290	8194	9095
2791	3690	4592	5496	6400	7305	8209	9110
2806	3705	4607	5511	6416	7320	8224	9125
2821	3720	4622	5526	6431	7335	8239	9140
2836	3735	4637	5541	6446	7350	8254	9155
2851	3750	4652	5556	6461	7366	8269	9170
2866	3765	4667	5571	6476	7381	8284	9185
2881	3780	4682	5586	6491	7396	8299	9200
2896	3795	4697	5601	6506	7411	8314	9215
2911	3810	4712	5616	6521	7426	8329	9230
2926	3825	4727	5631	6536	7441	8344	9245
2941	3840	4742	5646	6551	7456	8359	9260
2955	3855	4757	5661	6566	7471	8374	9275
2970	3870	4772	5676	6581	7486	8389	9290
2985	3885	4787	5692	6597	7501	8404	9305
3000	3900	4802	5707	6612	7516	8419	9320
3015	3915	4817	5722	6627	7531	8434	9335
3030	3930	4832	5737	6642	7546	8449	9350
3045	3945	4848	5752	6657	7561	8464	9365
3060	3960	4863	5767	6672	7577	8480	9380
3075	3975	4878	5782	6687	7592	8495	9395
3090	3990	4893	5797	6702	7607	8510	9410
3105	4005	4908	5812	6717	7622	8525	9425
3120	4020	4923	5827	6732	7637	8540	9440
3135	4035	4938	5842	6747	7652	8555	9455
3150	4050	4953	5857	6762	7667	8570	9470
3165	4065	4968	5873	6778	7682	8585	9485
3180	4080	4983	5888	6793	7697	8600	9500
3195	4095	4998	5903	6808	7712	8615	9515
3210	4110	5013	5918	6823	7727	8630	9530
3225	4125	5028	5933	6838	7742	8645	9545
3240	4140	5043	5948	6853	7757	8660	9559
3255	4155	5058	5963	6868	7772	8675	9574
3270	4170	5073	5978	6883	7787	8690	9589
3285	4185	5089	5993	6898	7802	8705	9604
3300	4200	5104	6008	6913	7818	8720	9619
3315	4215	5119	6023	6928	7833	8735	9634
3330	4231	5134	6038	6943	7848	8750	9649
3345	4246	5149	6054	6959	7863	8765	9664
3360	4261	5164	6069	6974	7878	8780	9679
3375	4276	5179	6084	6989	7893	8795	9694
3390	4291	5194	6099	7004	7908	8810	9709
3405	4306	5209	6114	7019	7923	8825	9724
3420	4321	5224	6129	7034	7938	8840	9739
3435	4336	5239	6144	7049	7953	8855	9754
3450	4351	5254	6159	7064	7968	8870	9769

$\varphi$	49°	50°	51°	52°	53°	54°
	980.	981.	981.	981.	981	981
0	9769	0663	1553	2436	3311	4178
1	9784	0678	1567	2450	3325	4192
2	9799	0693	1582	2465	3340	4206
3	9814	0708	1597	2480	3354	4221
4	9829	0723	1612	2494	3369	4235
5	9844	0738	1627	2509	3383	4250
6	9859	0753	1641	2523	3398	4264
7	9873	0767	1656	2538	3412	4278
8	9888	0782	1671	2553	3427	4293
9	9903	0797	1686	2567	3442	4307
10	9918	0812	1700	2582	3456	4321
11	9933	0827	1715	2597	3471	4336
12	9948	0842	1730	2611	3485	4350
13	9963	0857	1745	2626	3499	4364
14	9978	0871	1759	2641	3514	4379
15	9993	0886	1774	2655	3528	4393
16	*0008	0901	1789	2670	3543	4407
17	0023	0916	1804	2684	3557	4422
18	0038	0931	1818	2699	3572	4436
19	0053	0946	1833	2714	3586	4450
20	*0068	0961	1848	2728	3601	4465
21	0083	0975	1863	2743	3615	4479
22	0097	0990	1877	2757	3630	4493
23	0112	1005	1892	2772	3644	4507
24	0127	1020	1907	2787	3659	4522
25	*0142	1035	1921	2801	3673	4536
26	0157	1050	1936	2816	3688	4550
27	0172	1064	1951	2830	3702	4565
28	0187	1079	1966	2845	3717	4579
29	0202	1094	1980	2860	3731	4593
30	*0217	1109	1995	2874	3745	4608
31	0232	1124	2010	2889	3760	4622
32	0247	1138	2024	2903	3774	4636
33	0261	1153	2039	2918	3789	4650
34	0276	1168	2054	2933	3803	*4665
35	*0291	1183	2069	2947	3818	4679
36	0306	1198	2083	2962	3832	4693
37	0321	1213	2098	2976	3847	4707
38	0336	1227	2113	2991	3861	4722
39	0351	1242	2127	3005	3875	4736
40	*0366	1257	2142	3020	3890	4750
41	0381	1272	2157	3035	3904	4765
42	0396	1287	2171	3049	3919	4779
43	0410	1301	2186	3064	3933	4793
44	0425	1316	2201	3078	3947	4807
45	*0440	1331	2216	3093	3962	4822
46	0455	1346	2230	3107	3976	4836
47	0470	1361	2245	3122	3991	4850
48	0485	1375	2260	3136	4005	4864
49	0500	1390	2274	3151	4019	4878
50	*0515	1405	2289	3166	4034	4893
51	0530	1420	2304	3180	4048	4907
52	0544	1435	2318	3195	4063	4921
53	0559	1449	2333	3209	4077	4935
54	0574	1464	2348	3224	4091	4950
55	*0589	1479	2362	3238	4106	4964
56	0604	1494	2377	3253	4120	4978
57	0619	1508	2392	3267	4135	4992
58	0634	1523	2406	3282	4149	5006
59	0649	1538	2421	3296	4163	5021
60	*0663	1553	2436	3311	4178	5035

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

55°	56°	57°	58°	59°	60°	61°	62°
981.	981.	981.	981.	981.	981.	981.	982.
5035	5881	6716	7538	8346	9140	9918	0679
5049	5895	6730	7552	8360	9153	9931	0692
5063	5909	6744	7565	8373	9166	9943	0704
5077	5923	6758	7579	8387	9179	9956	0717
5092	5937	6771	7593	8400	9192	9969	0729
5106	5951	6785	7606	8413	9205	9982	0742
5120	5965	6799	7620	8426	9219	9995	0754
5134	5979	6813	7633	8440	9232	*0008	0767
5148	5993	6827	7647	8453	9245	0020	0779
5163	6007	6840	7660	8466	9258	0033	0792
5177	6021	6854	7674	8480	9271	*0046	0804
5191	6035	6868	7687	8493	9284	0059	0817
5205	6049	6882	7701	8506	9297	0071	0829
5219	6063	6895	7715	8520	9310	0084	0842
5233	6077	6909	7728	8533	9323	0097	0854
5248	6091	6923	7742	8546	9336	*0110	0867
5262	6105	6937	7755	8560	9349	0123	0879
5276	6119	6950	7769	8573	9362	0135	0892
5290	6133	6964	7782	8586	9375	0148	0904
5304	6147	6978	7796	8599	9388	0161	0916
5318	6161	6992	7809	8613	9401	*0173	0929
5332	6175	7005	7823	8626	9414	0186	0941
5347	6189	7019	7836	8639	9427	0199	0954
5361	6203	7033	7850	8652	9440	0212	0966
5375	6217	7047	7863	8666	9453	0224	0979
5389	6231	7060	7877	8679	9466	*0237	0991
5403	6245	7074	7890	8692	9479	0250	1003
5417	6259	7088	7904	8705	9492	0263	1016
5431	6272	7101	7917	8719	9505	0275	1028
5445	6286	7115	7931	8732	9518	0288	1041
5460	6300	7129	7944	8745	9531	*0301	1053
5474	6314	7143	7958	8758	9544	0313	1065
5488	6328	7156	7971	8772	9557	0326	1078
5502	6342	7170	7984	8785	9570	0339	1090
5516	6356	7184	7998	8798	9583	0351	1103
5530	6370	7197	8011	8811	9596	*0364	1115
5544	6384	7211	8025	8824	9609	0377	1127
5558	6398	7225	8038	8838	9622	0389	1140
5572	6411	7238	8052	8851	9635	0402	1152
5586	6425	7252	8065	8864	9647	0415	1164
5600	6439	7266	8079	8877	9660	*0427	1177
5615	6453	7279	8092	8890	9673	0440	1189
5629	6467	7293	8106	8904	9686	0452	1201
5643	6481	7307	8119	8917	9699	0465	1214
5657	6495	7320	8132	8930	9712	0478	1226
5671	6509	7334	8146	8943	9725	*0490	1238
5685	6522	7348	8159	8956	9738	0503	1251
5699	6536	7361	8173	8969	9751	0516	1263
5713	6550	7375	8186	8983	9764	0528	1275
5727	6564	7389	8199	8996	9776	0541	1288
5741	6578	7402	8213	9009	9789	*0553	1300
5755	6592	7416	8226	9022	9802	0566	1312
5769	6606	7429	8240	9035	9815	0579	1325
5783	6619	7443	8253	9048	9828	0591	1337
5797	6633	7457	8266	9061	9841	0604	1349
5811	6647	7470	8280	9074	9854	*0616	1361
5825	6661	7484	8293	9088	9867	0629	1374
5839	6675	7497	8306	9101	9879	0641	1386
5853	6689	7511	8320	9114	9892	0654	1398
5867	6702	7525	8333	9127	9905	0667	1410
5881	6716	7538	8346	9140	9918	*0679	1423

$\varphi$	63°	64°	65°	66°	67°	68°
	982,	982	982	982	982,	982,
0'	1423	2148	2853	3539	4203	4845
1	1435	2160	2865	3550	4214	4856
2	1447	2171	2877	3561	4225	4866
3	1459	2183	2888	3572	4236	4877
4	1472	2195	2900	3584	4246	4887
5	1484	2207	2911	3595	4257	4898
6	1496	2219	2923	3606	4268	4908
7	1508	2231	2934	3617	4279	4919
8	1520	2243	2946	3629	4290	4929
9	1533	2255	2957	3640	4301	4940
10	1545	2267	2969	3651	4312	4950
11	1557	2279	2981	3662	4322	4961
12	1569	2290	2992	3673	4333	4971
13	1581	2302	3004	3684	4344	4981
14	1593	2314	3015	3696	4355	4992
15	1606	2326	3027	3707	4366	5002
16	1618	2338	3038	3718	4376	5013
17	1630	2350	3050	3729	4387	5023
18	1642	2361	3061	3740	4398	5034
19	1654	2373	3073	3751	4409	5044
20	1666	2385	3084	3762	4420	5054
21	1679	2397	3096	3774	4430	5065
22	1691	2409	3107	3785	4441	5075
23	1703	2421	3118	3796	4452	5086
24	1715	2432	3130	3807	4463	5096
25	1727	2444	3141	3818	4473	5106
26	1739	2456	3153	3829	4484	5117
27	1751	2468	3164	3840	4495	5127
28	1763	2479	3176	3851	4505	5137
29	1775	2491	3187	3862	4516	5148
30	1788	2503	3199	3874	4527	5158
31	1800	2515	3210	3885	4538	5168
32	1812	2526	3221	3896	4548	5179
33	1824	2538	3233	3907	4559	5189
34	1836	2550	3244	3918	4570	5199
35	1848	2562	3256	3929	4580	5210
36	1860	2573	3267	3940	4591	5220
37	1872	2585	3278	3951	4602	5230
38	1884	2597	3290	3962	4612	5240
39	1896	2609	3301	3973	4623	5251
40	1908	2620	3313	3984	4634	5261
41	1920	2632	3324	3995	4644	5271
42	1932	2644	3335	4006	4655	5281
43	1944	2655	3347	4017	4666	5292
44	1956	2667	3358	4028	4676	5302
45	1968	2679	3369	4039	4687	5312
46	1980	2690	3381	4050	4697	5322
47	1992	2702	3392	4061	4708	5333
48	2004	2714	3403	4072	4719	5343
49	2016	2725	3415	4083	4729	5353
50	2028	2737	3426	4094	4740	5363
51	2040	2749	3437	4105	4750	5373
52	2052	2760	3449	4116	4761	5384
53	2064	2772	3460	4127	4771	5394
54	2076	2784	3471	4138	4782	5404
55	2088	2795	3482	4148	4793	5414
56	2100	2807	3494	4159	4803	5424
57	2112	2819	3505	4170	4814	5434
58	2124	2830	3516	4181	4824	5445
59	2136	2842	3527	4192	4835	5455
60	2148	2853	3539	4203	4845	5465

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



69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°
982,	982,	982,	982	932,	982,	982,	982,
5465	6061	6633	7180	7701	8196	8664	9105
5475	6071	6642	7187	7710	8204	8672	9112
5485	6080	6651	7198	7718	8212	8680	9119
5495	6090	6661	7206	7726	8220	8687	9126
5505	6100	6670	7215	7735	8228	8695	9134
5515	6110	6679	7224	7743	8236	8702	9141
5526	6119	6689	7233	7752	8244	8710	9148
5536	6129	6698	7242	7760	8252	8717	9155
5546	6139	6707	7251	7769	8260	8725	9162
5556	6148	6715	7260	7777	8268	8732	9169
5566	6158	6726	7269	7785	8276	8740	9176
5576	6168	6735	7277	7794	8284	8747	9183
5586	6177	6744	7286	7802	8292	8755	9190
5596	6187	6753	7295	7811	8300	8762	9197
5606	6197	6763	7304	7819	8308	8770	9204
5616	6206	6772	7313	7827	8316	8777	9211
5626	6216	6781	7321	7836	8324	8785	9218
5636	6225	6790	7330	7844	8332	8792	9225
5646	6235	6800	7339	7852	8339	8800	9232
5656	6245	6809	7348	7861	8347	8807	9239
5666	6254	6818	7356	7869	8355	8814	9246
5676	6264	6827	7365	7877	8363	8822	9253
5686	6274	6836	7374	7886	8371	8829	9260
5696	6283	6845	7383	7894	8379	8837	9267
5706	6293	6855	7391	7902	8387	8844	9274
5716	6302	6864	7400	7911	8395	8851	9281
5726	6312	6873	7409	7919	8402	8859	9288
5736	6321	6882	7418	7927	8410	8866	9294
5746	6331	6891	7426	7935	8418	8874	9301
5756	6340	6900	7435	7944	8426	8881	9308
5766	6350	6909	7444	7952	8434	8888	9315
5776	6360	6919	7452	7960	8441	8896	9322
5786	6369	6928	7461	7968	8449	8903	9329
5796	6379	6937	7470	7977	8457	8910	9336
5806	6388	6946	7478	7985	8465	8918	9343
5816	6398	6955	7487	7993	8473	8925	9349
5825	6407	6964	7496	8001	8480	8932	9356
5835	6417	6973	7504	8010	8488	8939	9363
5845	6426	6982	7513	8018	8496	8947	9370
5855	6435	6991	7522	8026	8504	8954	9377
5865	6445	7000	7530	8034	8511	8961	9384
5875	6454	7009	7539	8042	8519	8969	9390
5885	6464	7018	7547	8050	8527	8976	9397
5895	6473	7027	7556	8059	8534	8983	9404
5904	6483	7036	7565	8067	8542	8990	9411
5914	6492	7045	7573	8075	8550	8998	9417
5924	6502	7054	7582	8083	8558	9005	9424
5934	6511	7063	7590	8091	8565	9012	9431
5944	6520	7072	7599	8099	8573	9019	9438
5953	6530	7081	7607	8107	8581	9026	9444
5963	6539	7090	7616	8116	8588	9034	9451
5973	6549	7099	7625	8124	8596	9041	9458
5983	6558	7108	7633	8132	8604	9048	9465
5993	6567	7117	7642	8140	8611	9055	9471
6002	6577	7126	7650	8148	8619	9062	9478
6012	6586	7135	7659	8156	8626	9070	9485
6022	6595	7144	7667	8164	8634	9077	9491
6032	6605	7153	7676	8172	8642	9084	9498
6041	6614	7162	7684	8180	8649	9091	9505
6051	6623	7171	7693	8188	8657	9098	9511
6061	6633	7180	7701	8196	8664	9105	9518

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ЖУРНАЛОВ

## Журнал приема радиосигналов времени

1. На обложке должны быть написаны следующие данные: год наблюдений; номер журнала; для чего принимались сигналы (для вывода долгот или вычисления азимута); наименования пунктов; фамилия астронома; в журнале наблюдения личной разности сверх того записывают долготу основного пункта.

2. На титульном листе должны быть написаны следующие данные: наименование учреждения; год наблюдений; номер журнала; для чего принимались сигналы (для вывода долгот или для вычисления азимута); наименования пунктов; фамилия астронома; сокращенное название завода, изготовившего хронометр, и номер хронометра; тип и номер радиоприемника.

3. Должна быть произведена постраничная нумерация журнала.

4. Во всех приемах сигналов, которые должны быть использованы при дальнейшей обработке, выводят средние величины  $T$ .

## Журнал определения широт и долгот по способу равных высот

1. На обложке журнала должны быть написаны следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименования пунктов, на которых производились записанные наблюдения.

2. На титульном листе должны быть написаны следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименование пункта; широта пункта до  $1'$ ; долгота пункта до  $1''$ ; фамилия астронома; тип теодолита и астрономических приборов и их номера; цена деления талькоттовского уровня (например,  $\tau=2,14''$ ); на заготовленном схематическом чертеже отмечают расположение надписей талькоттовского уровня относительно объектива или записывают формулу уровня.

3. На обороте титульного листа помещают чертеж расположения центра пункта и центра теодолита и числовые данные для вычисления приведения широты и долготы, например,  $\varphi=57^{\circ}21,6'$ ,  $l=28,55$  м,  $a=74^{\circ}16'$ ; указывают номер журнала приема радиосигналов времени.

Если в журнале ведут запись наблюдений на нескольких пунктах, то перед записями наблюдений каждого пункта оставляют лист для титула, который оформляют в соответствии с правилами оформления титульных листов.

4. Должна быть произведена постраничная нумерация журнала.

## Журнал определения широт по способу Талькотта

1. На обложке журнала должны быть написаны следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименования пунктов, на которых производились записанные наблюдения.

2. На титульном листе должны быть написаны следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименования пунктов; долготы пунктов до  $1''$ ; фамилия астронома; тип теодолита и его номер; цена деления талькоттовского уровня (например,  $\tau=2,14''$ ); цена оборота окулярного микрометра (например,  $R=115,4''$ ).

3. В журнале помещают чертеж расположения центра пункта, центра универсала и числовые данные для вычисления приведения широты (например,  $\varphi=57^{\circ}21,6'$ ,  $l=28,55$  м,  $a=74^{\circ}16'$ ); подводят общее число наблюдений пар на каждом пункте; для формулы вычисления широты указывают знаки: „+“ при круге „лево“, „—“ при круге „право“, записывают формулу уровня (например,  $i_S - i_N = (Л + П)_S - (Л + П)_N$ ); на схематическом чертеже отмечают расположение надписей уровня относительно объектива с отметкой, к какому положению вертикального круга это относится.

#### 4. Должна быть произведена постраничная нумерация журнала.

Если в журнале ведут запись наблюдений на нескольких пунктах, то перед записями наблюдений каждого пункта оставляют лист для титула, который оформляют в соответствии с правилами оформления титульных листов.

### Журнал определения долготы по способу Цингера

1. Обложку, титульный лист и оборот титульного листа оформляют так же, как у журнала определения широт и долгот по способу равных высот. Приводят формулы уровня (например,  $l_W - l_E = (I + \Pi)_E - (I + \Pi)_W$ ).

### Журнал наблюдения азимута

1. На обложке журнала должны быть следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименование пункта, на котором производилось записанное наблюдение.

2. На титульном листе должны быть следующие данные: год наблюдений; номер журнала; наименование пункта, на котором производились наблюдения, и пункта, на который наблюдался азимут (например, «С пункта Степное на пункт Зарница», для последнего также его абсолютная высота:  $H=430$  м); фамилия астронома; тип теодолита и его номер; сокращенное название завода, изготовившего хронометр, и номер хронометра; цена деления накладного уровня (например,  $\tau=3,85''$ ).

3. На обороте титульного листа помещают чертеж расположения центра пункта и места установки теодолита и числовые данные для вычисления центрировки и редукции (например,  $\varphi=55^\circ 43,5'$ ;  $l=8,525$  м;  $\theta=180^\circ 25'$ ;  $l_1=0,08$  м;  $\Theta_1=46^\circ 30'$ ;  $S=5280$  м).

Указывают, откуда велись наблюдения: со столба, штатива или сигнала, отмечают высоту сигнала.

4. Должна быть произведена полистная нумерация журнала. Приемы, которые не подлежат обработке, вычеркивают.

### Журнал гравиметрических наблюдений

1. На обложке журнала должны быть следующие данные: год наблюдений, номер журнала, фамилия наблюдателя.

2. На титульном листе: год наблюдений; номер журнала; район; тип гравиметров и их номера; фамилия наблюдателя; адрес организации, производящей полевые работы.

3. На обороте титульного листа помещают: номера и названия всех полевых гравиметрических, исходных и опорных пунктов; постоянные гравиметра (согласно гл. VI).

4. После титульного листа на вклейке помещают схему рейсов с примерным плановым расположением гравиметрических пунктов.

5. Должна быть произведена полистная нумерация журнала (лист со схемой в общую нумерацию журнала не включается). До производства полевых работ пронумерованный журнал должен быть подписан начальником подразделения, производящего полевые работы в районе.

6. По окончании полевых работ журнал проверяется и принимается; на последней странице журнала должны быть поставлены дата и подписи проверявшего и принявшего журнал.

ТАБЛИЦА ВЕЛИЧИН  $K_T$ 

для вычисления зенитных расстояний близмеридианных звезд

Зенитное расстояние звезды при небольшом ее удалении от меридиана вычисляется по формулам:

$$z_{\text{выч.}} = z_m \pm \Delta z'';$$

$$\Delta z'' = \frac{K_T}{100} \left( \frac{t^s}{10} \right)^2 \cdot \frac{1}{\sin \left( z_m + \frac{\Delta z}{2} \right)},$$

где  $z_m$  — зенитное расстояние звезды в момент ее кульминации;  
 $t$  — часовой угол звезды в момент наблюдения (для нижней кульминации  $t = T + u \pm 12^h$   $\alpha$ ).

Значение  $K_T$  выбирается из таблиц интерполированием по широте  $\varphi_0$  и склонению звезды  $\delta$ . Знак „плюс“ у  $\Delta z$  берется для звезд в верхней кульминации, „минус“ — в нижней кульминации.

В отдельных случаях при малых зенитных расстояниях и больших часовых углах для точного (до  $0,01''$ ) вычисления величины  $\Delta z$  могут потребоваться 2-3 приближения (в первом приближении аргументом синуса берется  $z_m$ ).

Вычисления производятся как показано в таблице.

Обозначения	2249 S	2273 N	469 AE	381 sp
$T$	$18^h 43^m 39,80^s$	$18^h 54^m 20,20^s$	$19^h 18^m 39,0^s$	$3^h 43^m 08,0^s$
$u$	+ 5,4	+ 5,4	+ 10,0	50,5
$\alpha$	18 43 59,9	18 54 09,2	19 16 36,2	15 44 51,5
$t^h$	-- 14,7	+ 16,4	+ 2 12,8	2 34,0
$\varphi_0$	$39^\circ 38' 42,00''$		$48^\circ 23' 25,00''$	$64^\circ 28' 00,00''$
$\delta$	37 35 05,69	$41^\circ 34' 37,45''$	53 19 47,08	77 52 24,60
$z_m$	2 03 36,31	1 55 55,45	4 56 22,08	37 39 35,40
$\frac{1}{100} K_T$	0,0333	0,0314	0,02165	0,00495
$\frac{1}{100} K_T \left( \frac{t^s}{10} \right)^2$	0,0720	0,0845	3,8182	1,1739
$\Delta z_1$	+ 2,00"	+ 2,51"	+ 44,3"	-- 1,92"
$\Delta z_2$			+ 44,23	
$\Delta z_3$				
$z_{\text{выч.}}$	$2^\circ 03' 38,31''$	$1^\circ 55' 57,96''$	$4^\circ 57' 06,31''$	$37^\circ 39' 33,48''$

$\delta \backslash \varphi$	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
0°	4,72	4,62	4,52	4,41	4,30	4,18	4,05	3,92	3,79	3,65	3,51
2	4,72	4,62	4,52	4,41	4,30	4,18	4,05	3,92	3,79	3,65	3,50
4	4,71	4,61	4,51	4,40	4,29	4,17	4,04	3,91	3,78	3,64	3,50
6	4,70	4,60	4,50	4,39	4,27	4,15	4,03	3,90	3,77	3,63	3,49
8	4,68	4,58	4,48	4,37	4,26	4,14	4,01	3,88	3,75	3,61	3,47
10	4,65	4,55	4,45	4,34	4,23	4,11	3,99	3,86	3,73	3,59	3,45
12	4,62	4,52	4,42	4,32	4,20	4,09	3,96	3,84	3,71	3,57	3,43
14	4,58	4,49	4,39	4,28	4,17	4,05	3,93	3,81	3,68	3,54	3,40
16	4,54	4,45	4,35	4,24	4,13	4,02	3,90	3,77	3,64	3,51	3,37
18	4,49	4,40	4,30	4,20	4,09	3,97	3,85	3,73	3,60	3,47	3,33
20	4,44	4,35	4,25	4,15	4,04	3,93	3,81	3,69	3,56	3,43	3,29
22	4,38	4,29	4,19	4,09	3,98	3,87	3,76	3,64	3,51	3,38	3,25
24	4,32	4,23	4,13	4,03	3,93	3,82	3,70	3,58	3,46	3,33	3,20
26	4,25	4,16	4,06	3,97	3,86	3,76	3,64	3,53	3,40	3,28	3,15
28	4,17	4,08	3,99	3,90	3,79	3,69	3,58	3,46	3,34	3,22	3,10
30	4,09	4,01	3,92	3,82	3,72	3,62	3,51	3,40	3,28	3,16	3,04
32	4,01	3,92	3,83	3,74	3,64	3,54	3,44	3,33	3,21	3,09	2,97
34	3,92	3,83	3,75	3,66	3,56	3,46	3,36	3,25	3,14	3,03	2,91
36	3,82	3,74	3,66	3,57	3,48	3,38	3,28	3,17	3,07	2,95	2,84
38	3,72	3,64	3,56	3,48	3,39	3,29	3,19	3,09	2,99	2,88	2,76
40	3,62	3,54	3,46	3,38	3,29	3,20	3,10	3,01	2,90	2,80	2,69
42	3,51	3,44	3,36	3,28	3,19	3,10	3,01	2,92	2,82	2,71	2,61
44	3,40	3,33	3,25	3,17	3,09	3,01	2,92	2,82	2,73	2,63	2,52
46	3,28	3,21	3,14	3,07	2,99	2,90	2,82	2,73	2,63	2,54	2,44
48	3,16	3,09	3,03	2,95	2,88	2,80	2,71	2,63	2,54	2,44	2,35
50	3,04	2,97	2,91	2,84	2,76	2,69	2,61	2,52	2,44	2,35	2,25
52	2,91	2,85	2,78	2,72	2,65	2,57	2,50	2,42	2,33	2,25	2,16
54	2,78	2,72	2,66	2,59	2,53	2,46	2,38	2,31	2,23	2,15	2,06
56	2,64	2,59	2,53	2,47	2,40	2,34	2,27	2,19	2,12	2,04	1,96
58	2,50	2,45	2,40	2,34	2,28	2,21	2,15	2,08	2,01	1,93	1,86
60	2,36	2,31	2,26	2,21	2,15	2,09	2,03	1,96	1,89	1,82	1,75
62	2,22	2,17	2,12	2,07	2,02	1,96	1,90	1,84	1,78	1,71	1,65
64	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88	1,83	1,78	1,72	1,66	1,60	1,54
66	1,92	1,88	1,84	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60	1,54	1,48	1,43
68	1,77	1,73	1,69	1,65	1,61	1,57	1,52	1,47	1,42	1,37	1,31
70	1,62	1,58	1,55	1,51	1,47	1,43	1,39	1,34	1,30	1,25	1,20
72	1,46	1,43	1,40	1,36	1,33	1,29	1,25	1,21	1,17	1,13	1,08
74	1,30	1,28	1,25	1,22	1,18	1,15	1,12	1,08	1,04	1,01	0,97
76	1,14	1,12	1,09	1,07	1,04	1,01	0,98	0,95	0,92	0,88	0,85
78	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,87	0,84	0,82	0,79	0,76	0,73
80	0,82	0,80	0,79	0,77	0,75	0,73	0,70	0,68	0,66	0,63	0,61

$\delta \backslash \varphi$	50°	52°	54°	56°	58°	60°	62°	64°	66°	68°	70°
0°	3,51	3,36	3,21	3,05	2,89	2,73					
2	3,50	3,36	3,20	3,05	2,89	2,73	2,56				
4	3,50	3,35	3,20	3,04	2,88	2,72	2,55	2,39			
6	3,49	3,34	3,19	3,03	2,87	2,71	2,55	2,38	2,21		
8	3,47	3,32	3,17	3,02	2,86	2,70	2,54	2,37	2,20	2,02	
10	3,45	3,31	3,16	3,00	2,85	2,69	2,52	2,35	2,18	2,01	1,84
12	3,43	3,28	3,14	2,98	2,83	2,67	2,50	2,34	2,17	2,00	1,82
14	3,40	3,26	3,11	2,96	2,80	2,65	2,48	2,32	2,15	1,98	1,81
16	3,37	3,23	3,08	2,93	2,78	2,62	2,46	2,30	2,13	1,96	1,79
18	3,33	3,19	3,05	2,90	2,75	2,59	2,44	2,27	2,11	1,94	1,77
20	3,29	3,16	3,01	2,87	2,72	2,56	2,41	2,25	2,08	1,92	1,75
22	3,25	3,11	2,97	2,83	2,68	2,53	2,37	2,22	2,06	1,89	1,73
24	3,20	3,07	2,93	2,79	2,64	2,49	2,34	2,18	2,03	1,87	1,70
26	3,15	3,02	2,88	2,74	2,60	2,45	2,30	2,15	1,99	1,84	1,68
28	3,10	2,96	2,83	2,69	2,55	2,41	2,26	2,11	1,96	1,80	1,65
30	3,04	2,91	2,78	2,64	2,50	2,36	2,22	2,07	1,92	1,77	1,62
32	2,97	2,85	2,72	2,59	2,45	2,31	2,17	2,03	1,88	1,73	1,58
34	2,91	2,78	2,66	2,53	2,40	2,26	2,12	1,98	1,84	1,69	1,55
36	2,84	2,72	2,59	2,47	2,34	2,21	2,07	1,93	1,80	1,65	1,51
38	2,76	2,65	2,53	2,40	2,28	2,15	2,02	1,88	1,75	1,61	1,47
40	2,69	2,57	2,46	2,34	2,21	2,09	1,96	1,83	1,70	1,57	1,43
42	2,61	2,50	2,38	2,27	2,15	2,03	1,90	1,78	1,65	1,52	1,39
44	2,52	2,42	2,31	2,19	2,08	1,96	1,84	1,72	1,60	1,47	1,34
46	2,44	2,33	2,23	2,12	2,01	1,89	1,78	1,66	1,54	1,42	1,30
48	2,35	2,25	2,15	2,04	1,93	1,82	1,71	1,60	1,48	1,37	1,25
50	2,25	2,16	2,06	1,96	1,86	1,75	1,65	1,54	1,43	1,31	1,20
52	2,16	2,07	1,97	1,88	1,78	1,68	1,58	1,47	1,37	1,26	1,15
54	2,06	1,97	1,88	1,79	1,70	1,60	1,50	1,41	1,30	1,20	1,10
56	1,96	1,88	1,79	1,71	1,62	1,52	1,43	1,34	1,24	1,14	1,04
58	1,86	1,78	1,70	1,62	1,53	1,45	1,36	1,27	1,18	1,08	0,99
60	1,75	1,68	1,60	1,52	1,45	1,36	1,28	1,20	1,11	1,02	0,93
62	1,65	1,58	1,50	1,43	1,36	1,28	1,20	1,12	1,04	0,96	0,88
64	1,54	1,47	1,41	1,34	1,27	1,20	1,12	1,05	0,97	0,90	0,82
66	1,43	1,37	1,30	1,24	1,18	1,11	1,04	0,97	0,90	0,83	0,76
68	1,32	1,26	1,20	1,14	1,08	1,02	0,96	0,90	0,83	0,77	0,70
70	1,20	1,15	1,10	1,04	0,99	0,93	0,88	0,82	0,76	0,70	0,64
72	1,08	1,04	0,99	0,94	0,89	0,84	0,79	0,74	0,69	0,63	0,58
74	0,97	0,93	0,88	0,84	0,80	0,75	0,71	0,66	0,61	0,56	0,51
76	0,85	0,81	0,78	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,49	0,45
78	0,73	0,70	0,67	0,63	0,60	0,57	0,53	0,50	0,46	0,42	0,39
80	0,61	0,58	0,56	0,53	0,50	0,47	0,44	0,42	0,39	0,36	0,32

# ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Общие положения . . . . .	3
<b>РАЗДЕЛ 1. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ РАБОТЫ</b>	
<b>Глава I. Астрономические приборы . . . . .</b>	<b>7</b>
Астрономический теодолит АУ-2"/10" . . . . .	7
Астрономический теодолит ДКМЗ-А . . . . .	12
Радиоприемник Р-311 . . . . .	16
Импульсная приставка ИТП-2 . . . . .	19
Полевой транзисторный радиоприемник «Астра» . . . . .	21
Морской хронометр 6МХ . . . . .	23
Двухстрелочный секундомер 51СД . . . . .	26
Экспедиционный кварцевый хронометр «Альтаир» . . . . .	29
Полевой маркопечатающий хронограф ХПМ-3 . . . . .	32
Малогабаритное печатающее устройство МПУ8-3 . . . . .	37
<b>Глава II. Поверки и исследования астрономических теодолитов . . . . .</b>	<b>39</b>
Осмотр теодолитов . . . . .	39
Поверки и юстировки теодолита АУ-2"/10" . . . . .	41
Поверки и юстировки теодолита ДКМЗ-А . . . . .	45
Программы исследований астрономических теодолитов . . . . .	48
Исследование правильности работы микроскопов-микрометров теодолита АУ-2"/10" . . . . .	50
Исследование правильности вращения и эксцентриситета алидады горизонтального круга теодолита АУ-2"/10" . . . . .	52
Исследование эксцентриситета алидады горизонтального круга теодолита ДКМЗ-А . . . . .	56
Исследование эксцентриситета горизонтального круга теодолита АУ-2"/10" . . . . .	59
Исследование эксцентриситета горизонтального круга теодолита ДКМЗ-А . . . . .	62
Определение реиа микроскопов-микрометров теодолита АУ-2"/10" . . . . .	62
Определение цены оборота барабана контактного (окулярного) микрометра по наблюдениям звезд в элонгации . . . . .	66
Определение цены оборота барабана контактного микрометра по наблюдениям звезд в меридиане . . . . .	70
Определение цены оборота барабана контактного микрометра с помощью коллиматора . . . . .	72
Определение мертвого хода микрометричного винта контактного микрометра . . . . .	74
Определение ширины контакта контактного микрометра . . . . .	75
Определение постоянной $r$ барабана поворотного микрометричного винта контактного микрометра теодолита АУ-2"/10" . . . . .	77
Определение цены деления уровня по способу Комстока . . . . .	79
Определение расстояний нитей сетки от средней фиктивной нити . . . . .	82
Пробные измерения горизонтального угла между двумя коллиматорами, расположенными на разных высотах . . . . .	83
Определение наклона подвижной нити контактного микрометра по неподвижной визирной цели . . . . .	85
Определение наклона подвижной нити контактного микрометра по Полярной звезде . . . . .	87
Исследование ошибок оптического микрометра теодолита ДКМЗ-А . . . . .	89
Подготовка к астрономическим наблюдениям . . . . .	93

<b>Глава III. Определение астрономических координат</b>	97
Определение широты по способу Талькотта из наблюдений звезд в произвольных малых часовых углах с точностью 0,3 и 1"	98
Определение долготы по способу Цингера с точностью 0,03 и 0,06 <sup>s</sup>	111
Совместное определение широты и долготы по способу Мазаева с точностью 1" и 0,06 <sup>s</sup>	119
Вычисление окончательных значений широт и долгот	129
<b>Глава IV. Определение астрономического азимута</b>	136
Определение астрономического азимута по часовому углу Полярной с точностью 1, 2 и 3"	137
Определение астрономического азимута по часовому углу Полярной с точностью 5 и 10"	148
Определение астрономического азимута по часовому углу Полярной с точностью 15, 30 и 60"	152
Совместное определение астрономического азимута и долготы из наблюдений звезд в меридиане с точностью 1 и 2"	155
Определение астрономического азимута по высотам ярких звезд с точностью 10"	167
Определение астрономического азимута по часовому углу Солнца с точностью 10, 15, 30 и 60"	170
Определение астрономического азимута по высоте Солнца с точностью 30 и 60"	174
Вычисление окончательных значений астрономических азимутов	177
<b>Глава V. Определение геодезического азимута</b>	182
Определение азимутальной лично-инструментальной разности	184
Методики наблюдений при определении геодезических азимутов	192
Обработка результатов наблюдений	194
Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в меридиане	197
Определение геодезического азимута из наблюдений звезд в первом вертикале	204
Определение геодезического азимута из многократных наблюдений звезд вблизи меридиана	211
Вычисление окончательных значений геодезических азимутов	219
Переход от астрономического азимута к геодезическому азимуту	223
Вычисление дирекционного угла	224
<b>РАЗДЕЛ 2. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ РАБОТЫ</b>	
<b>Глава VI. Гравиметрические приборы</b>	228
Гравиметр ГНК-К2 (ГАЗ-7Ш)	228
Гравиметр ГНШ-МТ2 (ГМТ-1)	235
Регулировки и исследования гравиметров ГНК-К2 и ГНШ-МТ2	240
Проверка и регулировка уровней гравиметров на минимум чувствительности к наклонам	241
Перестройка диапазона гравиметров	242
Определение цены оборота счетчика и коэффициента нелинейности шкалы методом наблюдения на пунктах с известной разностью силы тяжести	243
Определение цены оборота счетчика методом наклона	246
Определение цены оборота счетчика измерительного устройства узкого диапазона	249
Определение цены оборота счетчика измерительного устройства широкого диапазона	252
Определение средней квадратической ошибки единичного измерения разности силы тяжести	253
Основные правила эксплуатации и бережения гравиметров	255
<b>Глава VII. Определение ускорения силы тяжести</b>	258
Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 0,5 и 1,0 мГал	260
Методика определения ускорения силы тяжести с точностью 2 и 5 мГал	270



Глава VIII. Определение уклонений отвесных линий . . . . .	273
Определение уклонений отвесной линии астрономо-геодезическим методом . . . . .	273
Определение уклонений отвесных линий астрономо-гравиметрическим методом . . . . .	274
Вычисление гравиметрического уклонения отвесной линии . . . . .	274

## ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Эфемериды звезд в элонгации для определения цены оборота барабана окулярного микрометра . . . . .	290
2. Величины $C$ (вторые члены разложения в ряд $\sin \Delta T$ ) для вычисления цены оборота барабана окулярного микрометра по наблюдению звезд в элонгации или в меридиане . . . . .	295
3. Изменение астрономической рефракции при изменении зенитного расстояния на одну минуту дуги . . . . .	296
4. Поправка $\Delta r$ за рефракцию в широту, определенную по способу Талькотта . . . . .	297
5. Основные астрономические пункты . . . . .	298
6. Таблицы поправок к «Эфемеридам звезд для совместного определения времени и широты по способу равных высот в альмукантарате $45^\circ$ » Мазаева . . . . .	299
7. Величины $W$ для вычисления поправок за ускорение движения звезд по зенитному расстоянию в альмукантарате $z=45^\circ$ при применении способа Мазаева . . . . .	334
8. Таблица условных световых сигналов, подаваемых при определении астрономического азимута . . . . .	335
9. Таблица коэффициентов $K$ для вычисления поправок за ускорение движения звезды по азимуту . . . . .	336
10. Величины $E$ для вычисления наклона подвижной нити микрометра . . . . .	356
11. Скорости движения звезд по азимуту . . . . .	357
12. Угол упреждения $\Delta A$ . . . . .	358
13. Список ярких звезд (эпоха 1980.0) . . . . .	359
14. Скорости движения звезд по азимуту $\frac{v_S}{v_N}$ . . . . .	362
15. Скорости движения звезд по высоте $v_Z$ . . . . .	363
16. Поправки за время распространения радиоволн . . . . .	364
17. Основные технические характеристики астрономических приборов и гравиметров . . . . .	366
18. Вычисление на ЭДВМ-2П и ЭДВМ-3П широты из наблюдений пары звезд по способу Талькотта в произвольных малых часовых углах . . . . .	369
19. Вычисление на ЭДВМ-2П и ЭДВМ-3П долготы из наблюдений пары звезд по способу Цингера . . . . .	373
20. Вычисление на ЭДВМ-2П и ЭДВМ-3П свободных членов уравнений поправок в способе Мазаева . . . . .	376
21. Подготовка результатов астрономических наблюдений для вычисления на ЭВМ ТЭМ-1 . . . . .	378
22. Машинный звездный каталог (МЗК) . . . . .	402
23. Таблица значений нормальной силы тяжести по формуле Гельмерта 1901—1909 гг. . . . .	411
24. Правила оформления полевых журналов . . . . .	419
25. Таблица величин $K_T$ для вычисления зенитных расстояний близмеридианных звезд . . . . .	421

Редактор И. Э. СЛУЦКИЙ

Корректор А. М. ВАСИНА

Подп. в печ. 25.VI.1982 г.

Объем 26<sup>3</sup>/<sub>4</sub> печ. л.

Зак. П-294

Г-51547

Ф-ка им. Дунаева