

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДENA "ЗНАК ПОЧЕТА"  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОДЕЗИИ,  
АЭРОСЪЕМКИ И КАРТОГРАФИИ им.Ф.Н.КРАСОВСКОГО  
(ЦНИИГАиК)

УДК  
№ гос. регистрации  
Инв. №



Н.Л.Макаренко

МЕТОДИКА ИНСТИТУТА.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОГО АСТРОНОМИЧЕСКОГО  
ПУНКТА  
МИ БГЕМ 24-92

Зам. директора  
по научной работе, к.т.н.

А.А.Синдеев

Зав. отделом

Н.А.Гусев

Зав. лабораторией

П.Е.Лазанов

Руководитель договора, к.т.н.

Л.В.Неверов

Ответственный исполнитель, к.т.н.

Л.В.Неверов

Москва 1993

## Методика института

---

Методика института

МИ БГЕИ 24-92

Определение основного  
астрономического пункта

---

Утверждена приказом по ЦНИИГАИК – головной организа-  
ции метрологической службы Роскартографии №

Срок введения установлен с

## В В Е Д Е Н И Е

В настоящем нормативно-техническом документе изложена методика определения основного астрономического пункта с помощью комплексов астрономического универсала АУ-ОI. В качестве базового способа рекомендовано определение долготы из многократного фотоэлектрического наблюдения пары звезд на соответственных высотах. Применение этого способа в сочетании с предусмотренным порядком выполнения работ на определяемом и исходном основных астрономических пунктах направлено на получение результата требуемой предельно высокой точности. В числе принятых мер ослабления и исключения источников систематических погрешностей следующие: выполнение наблюдений на определяемом и исходном пунктах одними и теми же наблюдателями и приборами; применение безличного – фотоэлектрического способа регистрации моментов прохождения звезд; выполнение наблюдений на определяемом и исходном пунктах одновременно (первая на более разности долгот) одних и тех же звезд; варьирование внешних условий наблюдений.

Технологический процесс определения долготы основного астрономического пункта описан с глубиной необходимой и достаточной для получения результата путем штатной эксплуатации двух комплексов АУ-ОI.

В разделе "Основные положения" изложены требования к астрономическому пункту, к составу производителей работ и их подготовке, к выбору исходного астрономического пункта. Описан порядок выпол-

нения наблюдений на определяемом и исходном пунктах, указан общий объем работ. Приведены формулы вычисления долготы основного астрономического пункта и оценки точности по результатам определений долгот пунктов.

В остальных, втором, третьем и четвертом разделах последовательно изложены этапы работы по определению долготы из много-кратного фотоэлектрического наблюдения пары звезд на соответственных высотах.

## I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основной астрономический пункт размещается на открытой территории вдали (не ближе 500 м) от локальных источников рефракционных аномалий (холмов, водоемов, леса, зданий и промышленных сооружений). Подстилающая поверхность вокруг пункта должна быть ровно-горизонтальной, имеющей травянистую растительность. Допустимо расположение пункта на возвышенном месте, имеющем склоны равной крутизны во все стороны.

На пункте необходим астрономический столб высотой не менее 2.5 м, находящийся в павильоне, обеспечивающем защиту от ветра, осадков прямого нагрева солнечными лучами. Конструкция столба должна быть жесткой и устойчивой. Допускается плавное изменение наклона верхней площадки столба от температурной линии со скоростью не более 2" в час. Пункт должен иметь центр над которым центрируется астрономический универсал при подготовке к выполнению наблюдений.

Для определения долготы основного астрономического пункта используются два комплекса астрономического универсала АУ-01, далее упоминаемые как приборы I и II, эксплуатацию каждого из которых осуществляет астрономическая бригада в составе двух человек:

- наблюдателя-инженера астрономо-геодезиста со стажем работы на астрономических определениях не менее 3-х лет;
- помощника наблюдателя - инженера геодезиста или опытного техника.

Лица, направляемые на определение долготы основного астрономического пункта, прежде чем приступить к этой работе должны пройти обучение под руководством представителя головной организации метрологической службы Роскартографии, выполнить пробные определения долготы, убедиться, что достигается требуемая точность ( $m_y \leq 0.1''$ ) и получить свидетельство на право ведения работ.

Долгота основного астрономического пункта определяется в системе официальной долготы одного из исходных основных астрономических пунктов, список которых приведен в нормативно-техническом документе [ I ]. Подбор исходного пункта из этого списка должен быть осуществлен с таким расчетом, чтобы абсолютные величины разностей астрономических координат исходного и определяемого пунктов были минимальны.

Методика основана на представлении искомого значения долготы  $\lambda_{оп}$  в виде суммы

$$\lambda_{оп} = \lambda_{ис} + \Delta \lambda \quad (1)$$

в которой  $\lambda_{ис}$  официальная долгота исходного основного астрономического пункта, сообщаемая организацией, в ведении которой находится этот пункт, а  $\Delta \lambda$  - приращение долготы определяемого пункта относительно исходного, получаемое из программы астрономических наблюдений.

Программа наблюдений для определения  $\Delta \lambda$  включает  $n = 36$  приемов, так что

$$\Delta \lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta \lambda_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Прием содержит определение четырех долгот, каждое из которых осуществляется из многократного наблюдения одной пары звезд на соответственных высотах. Этот способ определения долготы описан в [2], [3].

Каждая долгота должна быть получена с точностью, характеризуемой величиной  $m_y \leqslant 0.1''$  (см. п. 4.1.3).

для случая, когда определяемый пункт находится восточнее исходного, каждый  $i$ -й прием составляют из следующих четырех определений долгот:

1. Определение  $\lambda_{опi}$ , выполненное прибором I, установленным на определяемом пункте.

2. Определение  $\lambda_{исi}$ , выполненное прибором II, установленным на исходном пункте, по наблюдению той же пары звезд, которая наблюдалась на определяемом пункте прибором I для получения значения  $\lambda_{опi}$ .

3. Определение  $\lambda'_{опi}$ , выполненное прибором II, установленным на определяемом пункте.

4. Определение  $\lambda'_{ис\bar{i}}$ , выполненное прибором I, установленным на исходном пункте, по наблюдению той же пары звезд, которая наблюдалась на определяемом пункте прибором II для получения  $\lambda'_{оп\bar{i}}$ .

Интервал времени между первым и вторым определениями, а также между третьим и четвертым определениями численно приблизительно равен разности долгот пунктов.

Интервал времени, отделяющий первое и второе определения от третьего и четвертого должен быть в пределах от двух до десяти месяцев.

Для случая, когда исходный пункт, находится восточнее определяемого, первой определяют долготу  $\lambda'_{ис\bar{i}}$ , второй -  $\lambda'_{оп\bar{i}}$ , третьей -  $\lambda'_{ис\bar{i}}$ , четвертой -  $\lambda'_{оп\bar{i}}$ .

Для обеспечения варьирования внешних условий наблюдений, с целью уменьшения систематической части рефракционной составляющей погрешности конечного результата, в сутки на каждом пункте допускается определять не более двух долгот.

Каждая из полученных долгот должна быть исправлена поправками: за приведение к среднему полюсу в системе Международного условного начала (МУН)  $\Delta\lambda_{мун}$  и за разность шкал всемирного и координированного времени  $\Delta\lambda_{ут1}$ .

$$\begin{aligned} \lambda'_{...} &= (\lambda' + \Delta\lambda_{мун} + \Delta\lambda_{ут1})_{оп\bar{i}}, \quad \lambda'_{ис\bar{i}} = (\lambda + \Delta\lambda_{мун} + \Delta\lambda_{ут1})_{ис\bar{i}}, \\ \lambda'_{оп\bar{i}} &= (\lambda + \Delta\lambda_{мун} + \Delta\lambda_{ут1})_{оп\bar{i}}, \quad \lambda'_{ис\bar{i}} = (\lambda' + \Delta\lambda_{мун} + \Delta\lambda_{ут1})_{ис\bar{i}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Эти поправки вычисляют по формулам:

$$\Delta\lambda_{мун} = -\frac{1}{45}(x \sin \lambda' + y \cos \lambda') \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (4)$$

$$\Delta\lambda_{ут1} = (DUT1 + dUT1) - (UT1 - UTC), \quad (5)$$

в которых

$\varphi_0$  – приближенное значение широты пункта,

$x, y$  – координаты мгновенного полюса, интерполированные из [7] или [8] по аргументу  $UT1_{\varphi}$  (см. подпункт I пункта 4.3.2),

$UT1 - UTC$  – разность шкал всемирного и координированного времени, интерполированная из [7] или [8] по аргументу  $UT1_{\varphi}^h$ ,

$DUT1 + dUT1$  – см. п.2.3

Приращение долготы  $\Delta\lambda_i$  по каждому  $i$ -ому приему определяется по формуле

$$\Delta\lambda_i = \frac{1}{2} [(\lambda_{onIi} - \lambda_{incIIi}) + (\lambda_{onIIi} - \lambda_{incIi})] \quad (6)$$

Средняя квадратическая погрешность определения приращения долготы из программы астрономических наблюдений:

$$M_{\Delta\lambda} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta\lambda - \Delta\lambda_i)^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

Средняя квадратическая погрешность определения долготы основного астрономического пункта:

$$M_{\lambda_{on}} = \sqrt{M_{\lambda_{inc}}^2 + M_{\Delta\lambda}^2}, \quad (8)$$

где  $M_{\lambda_{inc}}$  – средняя квадратическая погрешность официальной долготы исходного астрономического пункта.

Методика определения долготы из многократного наблюдения пары звезд на соответственных высотах, служащая для определения каждого из значений  $\lambda_{onIi}$ ,  $\lambda_{incIIi}$ ,  $\lambda_{onIIi}$ ,  $\lambda_{incIi}$ , изложена ниже впп. 2, 3, 4.

В тексте приняты следующие сокращения:

АЭ – Астрономический ежегодник

БФР – блок фотоэлектрической регистрации

МФ – микрометр фотоэлектрический

ОРБ – оптический разделительный блок МФ

ПУ – плата усиления и формирования сигналов БФР

ФЭУ – фотоэлектронный умножитель

ЭКХ – экспедиционный кварцевый хронометр "Альтаир-М"

## 2. ПОДГОТОВКА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДОЛГОТЫ КОМПЛЕКСОМ АСТРОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСАЛА АУ-О1

### 2.1. Лабораторная подготовка приборов.

Для выполнения работ по определению долготы из многократного наблюдения пары звезд на соответственных высотах каждый используемый комплекс АУ-О1 должен быть укомплектован в составе, указанном с п.4.2.5 [6]. Кроме того для работы необходимы термометр и барометр.

Входящие в этот состав приборы ПТР "Астра", ЭКУ "Альтаир-М", МПУ 8-2-О1, микроЭВМ "Электроника ДЗ-28" должны быть подготовлены и поверены согласно требований, изложенных в прилагаемых к ним эксплуатационных документах.

Остальные приборы должны быть поверены в соответствии с п.7 [5]. По перечню, приведенному в таблице п.7.1.1, должны быть выполнены все поверки, проводимые в эксплуатации ~~заключение~~<sup>и</sup> следующих пунктов таблицы: 3.I - 3.6, 3.II - 3.I5, 3.I8, 3.26 - 3.28. При этом радиус оптического микрометра должен быть определен для вертикального круга, величины  $\tau_{\text{сп}}$  и  $\Delta$  не должны по модулю превышать 0.5". Погрешность компенсации отсчетной системы вертикального круга должна быть не более 0,3".

Результаты лабораторных поверок и исследований должны быть оформлены в виде ведомостей и предъявлены к сдаче в составе результатов астрономических определений.

### 2.2. Подготовка эфемерид

Осуществляют вычисление эфемерид для многократного наблюдения пар звезд на соответственных высотах, основываясь на использовании эфемерид способа Цингера [4].

Пользуясь этими эфемеридами сначала для требуемого интервала местного звездного времени подбирают пары звезд, затем для каждой из них вычисляют эфемериду вида, приведенного в таблице I. В этом примере эфемерида вычислена для пункта, расположенного на широте  $\psi = 43^{\circ}45'$ . В первой ~~строке~~ таблицы указывают номер пары, номера и блеск восточной и западной звезд. Во второй ~~строке~~ — местное звездное время (эфемеридные моменты) прохождения восточной звезды через первый и последний рабочие альмукантараты. В третьей ~~строке~~ — зенитные расстояния рабочих альмукантаратов.

Таблица I

Пара	N	554/46 , E-149-1,8 , W-558-3,1											
s		$1^h$											
	43,5	m											
Z		46°	46°	45°	45°	45°	44°	44°	44°	43°	43°	43°	42°
		20'	00'	40'	20'	00'	40'	20'	00'	40'	20'	00'	40'
A		269°											273°
		42'											31'
A													89°
													06'

В четвертой строке - азимуты восточной звезды в моменты прохождения ее через первый и последний рабочие альмукантараты. В пятой строке - азимут западной звезды в момент прохождения ее через первый рабочий альмукантарат.

Для вычисления данных используют формулы:

$$Z = \arccos [\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (\vartheta - \alpha)] \quad (9)$$

$$A = \arccotg [\sin \varphi \operatorname{ctg}(\vartheta - \alpha) - \cos \varphi \operatorname{tg} \delta \operatorname{cosec}(\vartheta - \alpha)] \quad (10)$$

Вычисления осуществляют на микро ЭВМ "Электроника ДЗ-26", используя ту же программу с контрольной суммой кодов 41598, которая служит для вычисления долготы пункта (см. п.4). К подпрограмме вычисления Z обращаются набором кода 0203, а для вычисления азимута - 0204. Исходные данные вводят прямой адресацией десятичных ячеек:

- $\varphi \rightarrow$  СД 5 - широта пункта,
- $\delta \rightarrow$  СД 6 - склонение звезды,
- $\vartheta - \alpha \rightarrow$  СД 7 - часовой угол звезды.

### 2.3. Подготовка на пункте наблюдений

При подготовке осуществляют оформление рабочего журнала. Проставляют: номер журнала, название объекта, год и число листов в журнале, название пункта установки астрономического универсала, типы и номера используемых приборов, фамилию наблюдателя.

и помощника с их подписями. На лист журнала (форма 44) выписывают приближенные координаты пункта установки астрономического универсала  $\varphi_0$ ,  $\lambda_0$ , коэффициент  $g$ , принимаемый равным нулю.

Далее подготовку выполняют так, как это описано в п.5.6 [5], исключая п.5.6.6. При этом для определения поправок хронометра

$U_1$  и  $U_2$  используют как сличающее устройство хронометра "Альтаир-М", так и непосредственную регистрацию показаний хронометра "Альтаир-М" на ленте МПУ8-2-О1 в момент приема секундных радиосигналов времени. Такой двойной прием сигналов должен применяться обязательно для обеспечения необходимой надежности. При использовании второго способа следует регистрировать секундные сигналы, приходящиеся на конец I4 начало I5 минут и на конец 44 начало 45 минут. Ленты с зафиксированными показаниями хронометра и с указанием даты необходимоклеивать на лист журнала (форма 58). Этот же лист необходимо использовать для вклейки лент МПУ8-2-О1, полученных при определении задержки  $\Delta T$ , для вычисления этой величины и для вычислений величин  $\Sigma$  и  $\omega$  (см. п.4.1.2).

Задержку необходимо определять обязательно по каналам ЭСУ-1, ЭСУ-2. Результаты приема радиосигналов и информацию о величинах  $dUT1$  и  $dUT1$  на дату наблюдений записывают в таблицу на лист журнала (форма 58), в верхней строке которой указывают:

- всемирную дату,
- название станции, передающей радиосигналы,
- номера окрашенных сигналов.

В таблице обозначено:

$UTC_{1,2}$  - всемирное время в момент подачи радиосигналов первой и второй радиостанций,

$X'_{1,2}$  - показания ЭКХ в момент приема радиосигналов первой и второй радиостанций,

$\tau_p$  - поправка за время распространения радиоволн,

$\tau_n$  - задержка сигнала в целях приемного устройства,

$X_{1,2} = X'_{1,2} - \tau_p - \tau_n$  - показания ЭКХ в моменты подачи радиосигналов первой и второй радиостанций,

$U_{1,2} = UTC_{1,2} - X_{1,2}$  - поправки ЭКХ относительно шкалы координированного времени  $UTC$  в моменты подачи радиосигналов,

$\Delta UT1 + dUT1 (\partial + d)$  - приближенное значение разности шкал всемирного и координированного времени, определенное по номерам окрашенных сигналов,

$\Delta T$  - поправка за задержку сигнала в цепях БФР.

Полученные значения  $X_1, \Sigma, \omega$  и дату наблюдений выписывают на лист рабочего журнала (форма 44).

### 3. ПОРЯДОК РАБОТЫ НА ШУНКТЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДОЛГОТЫ ИЗ МНОГОКРАТНОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПАРЫ ЗВЕЗД НА СООТВЕТСТВЕННЫХ ВЫСОТАХ

Выполнив подготовку по п.2, к астрономическим наблюдениям приступают в темное время суток.

Астрономический универсал приводят в положение - "круг лево" в соответствии с правилом по п.4.2 [5]. Отсчитывают по термометру и барометру и эти данные  $t$  и  $p$  фиксируют в журнале.

Используя данные рабочих эфемерид, выбирают подходящую по времени пару звезд. За три минуты до эфемеридного момента наблюдения ее первой (Е) звезды устанавливают трубу главную (ТГ) астрономического универсала на зенитное расстояние первого альмукантарата и в требуемом направлении, действуя в соответствии с п.4.3.6 [5]. Включив МПУ 8-2-01, с помощью кнопок дистанционного пульта помощник фиксирует на ленте номер пары, номер первой (Е) звезды ее блеск и  $\zeta_{\text{н}}$  - наклонение эфемеридного зенитного расстояния первого альмукантарата. Вращением рукоятки резистора  $R6$  блока питания высоковольтного (БПВ) устанавливают стрелку шкалы индикатора величины высокого напряжения в положение, соответствующее блеску наблюданной звезды.

При втуплении изображения звезды в биссектор - гид трубы - искателя дважды отсчитывают по вертикальному кругу, фиксируют в журнале отсчеты  $L'_n, L''_n$  и среднее  $L_{\text{нн}} = \frac{1}{2}(L'_n + L''_n)$ . Вращением микрометренного винта алидады приводят изображение звезды в середину биссектора-гига. При приближении изображения звезды к опознавательному штриху рабочей зоны, при необходимости подправляют регулировку высокого напряжения, пользуясь двумя первыми отклонениями стрелки микроамперметра  $P1/ПУФ$ , и включают МПУ 8-2-01 в режим  $P3$ . Продолжая вращение микрометренного винта алидады, удерживают изображение звезды в биссекторе - гиде до совмещения его с вторым опознавательным штрихом рабочей зоны. При этом в момент нахождения изображения звезды в центре

перекрестия биссектора - гида и юстировочного биссектора на дистанционном пульте нажимают кнопку "КВИ".

Закончив наблюдение прохождения звезды на первом зенитном расстоянии и получив на бумажной ленте МПУ 8-2-ОI отпечатки показаний ЭКХ в моменты прохождения изображения звезды через края прямоугольных элементов зеркальной решетки ОРБ, включают режим РЗ МПУ 8-2-ОI, вновь дважды отсчитывают по вертикальному кругу, фиксируют в журнале отсчеты  $L_{1H}^{''}$ ,  $L_{1K}^{''}$  и средние  $L_{1H\bar{K}} = \frac{1}{2}(L_{1H}^{''} + L_{1K}^{''})$ ,  $L_{1M} = \frac{1}{2}(L_{1H}^{''} + L_{1K}^{''})$ .

Действуя микрометрными винтами, изменяют положение трубы по азимуту и высоте и устанавливают ее на зенитное расстояние второго эквемидного альмукантарата. Эту операцию выполняют достаточно быстро, с таким расчетом, чтобы "обогнать" звезду в ее видимом движении.

Значение зенитного расстояния этого альмукантарата фиксируют на ленте МПУ 8-2-ОI.

Как только изображения звезды вступает в биссектор - гид трубы - искателя выполняют ее второе наблюдение, проделывая те же операции, что и при первом наблюдении. При этом получают и фиксируют в журнале отсчеты по вертикальному кругу до прохождения звезды  $L_{2H}^{''}$ ,  $L_{2K}^{''}$  и после ее прохождения  $L_{2H}^{'''}$ ,  $L_{2K}^{'''}$ , а также получают на бумажной ленте МПУ 8-2-ОI отпечатки показаний ЭКХ, зафиксированных при наблюдении прохождения. По, отсчетам круга вычисляют средние:  $L_{2H\bar{K}} = \frac{1}{2}(L_{2H}^{''} + L_{2K}^{''})$ ,  $L_{2M} = \frac{1}{2}(L_{2H}^{''} + L_{2K}^{''})$ ,  $L_{2H\bar{K}} = \frac{1}{2}(L_{2H}^{''} + L_{2K}^{''})$ .

Описанные операции повторяют  $n$  раз.

Значение  $n$  выбирают в пределах от 8 до 12 с таким расчетом, чтобы обеспечить  $m_y \leq 0,1''$  (см. П.4.2.3). Получают средние отсчеты по вертикальному кругу  $L_{iH}^{''}$ ,  $L_{iK}^{''}$ ,  $L_{iM}$  ( $i=3,4,\dots,n$ ) и отпечатки показаний ЭКХ.

Контролем неизменности положения ТГ по высоте в процессе наблюдения прохождения звезды на каждом альмукантарате является близость к нулю каждой разности  $L_{iH}^{''} - L_{iK}^{''}$ . Модуль этих разностей должен быть не больше  $1''$ . Соблюдение этого допуска целесообразно для обеспечения требуемой точности определения долготы по одной паре звезд  $m_y \leq 0,1''$ .

Закончив наблюдение первой звезды, устанавливают алидаду на отсчет горизонтального круга, соответствующий эфемеридному азимуту второй ( $\nu$ ) звезды пары, действуя по п.4.5 [5].

Эту звезду наблюдают действуя также, как при наблюдении первой звезды, на тех же альмукантаратах, но переходя от одного зенитного расстояния к другому в обратной последовательности. В результате получают средние отсчеты по вертикальному кругу  $L_{i2n}$ ,  $L_{i2k}$ ,  $L_{i2}$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) и отпечатки показаний ЭКХ.

Завершив наблюдения пары, выполняют предварительные вычисления. Размечают отпечатки показаний ЭКХ, полученных при наблюдении на каждом альмукантарате звезд пары. Для этого в каждой соответствующей группе показаний находят строку нулей и от нее в сторону уменьшения нумеруют показания от 5 до 1, а в сторону увеличения – от 6 до 10. Размеченные отрезки ленты вклеивают в соответствующие места журнала и фиксируют таким образом в журнале для наблюдений на каждом альмукантарате моменты прохождений звезд пары  $T_{i1}$ ,  $T_{i2}$  ( $i=1,2,3,\dots,m=10$ ).

Делают необходимые выписки в журнал из астрономического ежегодника:  $S_{0(2)}$ ,  $S_{0(2+1)}$ ,  $A_2$ ,  $B_2'$ ,  $A_{2+1}'$ ,  $B_{2+1}'$ ,  $D_{\text{пр}1}$ ,  $D_{\text{пр}2}$ ,  $\Pi_1$ ,  $\alpha_{\text{дпр}1}$ ,  $\Delta\alpha_1$ ,  $\delta_{\text{дпр}1}$ ,  $\Delta\delta_1$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta'$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi_r$ ,  $\gamma_{\text{кр}2}$ ,  $\Pi_2$ ,  $\alpha_{\text{дпр}2}$ ,  $\Delta\alpha_2$ ,  $\delta_{\text{дпр}2}$ ,  $\Delta\delta_2$ ,  $\alpha'_2$ ,  $\beta'_2$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$  (см.п.4.1.2, 4.3.2).

#### 4. ВЫЧИСЛЕНИЕ ДОЛГОТЫ

Все вычисления должны быть выполнены независимо в две руки. В журнале должны быть указаны фамилии вычислителей и иметься их подписи. Правильность оформления журнала должна быть проконтролирована приемщиком, а достоверность результата (т.е. получение его в строгом соответствии с методикой) гарантирована руководителем работ. Фамилии и подписи этих лиц также должны иметься в журнале.

Вычисление долготы осуществляется на микроЭМ "Электроника ДЭ-2С" по программе, имеющей контрольную сумму кодов 41598. Методика изложена ниже. Первый раздел содержит списки исходных данных и результатов вычислений. Приведены обозначения и описание параметров, адресация размещения их в памяти микроЭМ и их размерности. Во втором разделе приведен алгоритм. В третьем - руководство оператора. Тест-пример с числовыми значениями исходных данных и результатами вычислений содержится в четвертом разделе.

**4.1. Список исходных данных и получаемых результатов, их размещение в ОЗУ микроЭМ**

**4.1.1. Вычисление  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $T_i$ ,  $T$**

##### Исходные данные

Номер параметра	Обозначение параметра	Размерность	Под десятичной ячейкой	Списание параметра
1	2	3	4	5
1		число	0109	Число регистраций показаний ЭКМ при наблюдении первой и второй звезд пары
2	$\frac{h}{m}$	$h, m$	0000	Часы и минуты первого показания ЭКМ при наблюдении первой звезды
3	$\frac{s}{s}$	$s$	0000	
4	$\frac{s}{s}$	"	0000	
5	$\frac{s}{s}$	"	0203	
6	$\frac{s}{s}$	"	0204	Секунды $i$ показания ЭКМ при наблюдении первой звезды
7	$\frac{s}{s}$	"	0205	( $i = 1, 2 \dots 10$ )

I	!	2	!	3	!	4	!	5
8.	T <sub>6I</sub>		-"-		0206			
9.	T <sub>7I</sub>		-"-		0207			
10.	T <sub>8I</sub>		-"-		0208			
II.	T <sub>9I</sub>		-"-		0209			
I2.	T <sub>10I</sub>		-"-		0300			
I3.	T <sub>02</sub>		<i>h, m</i>		030I	Часы и минуты первого показания ЭКХ при наблюдении второй звезды		
I4.	T <sub>12</sub>		<i>S</i>		0302			
I5.	T <sub>22</sub>		-"-		0303			
I6.	T <sub>32</sub>		-"-		0304			
I7.	T <sub>4I</sub>		-"-		0305			
I8.	T <sub>52</sub>		-"-		0306			
I9.	T <sub>62</sub>		-"-		0307			
20.	T <sub>72</sub>		-"-		0308	Секунды <i>i</i> показания ЭКХ при наблюдении второй звезды, ( <i>i</i> = I, 2 ... 10)		
21.	T <sub>82</sub>		-"-		0309			
22.	T <sub>92</sub>		-"-		0400			
23.	T <sub>102</sub>		-"-		040I			

## Результаты вычисления

№	!Обозначе- ние пары- метра	! Размер- ность	! Код десятич- ной ячейки или регистр	! Описание параметра				
I	!	2	!	3	!	4	!	5

I	T <sub>I</sub>	<i>h, m, S</i>	P <sub>TI</sub>	После первого останова Показание ЭКХ в средний момент наблюдения первой звезды
2	M <sub>I</sub>	<i>S<sup>e</sup></i>	P <sub>MI</sub>	Коэффициент для вычисления поправки за ускорение дви- жения первой звезды пары по высоте

1	2	3	4	5
3	$\pi_2$	$h, m, S$	РГУ	После второго останова Показания ЭКУ в средний момент наблюдений второй звезды
4	$M_2$	$S^2$	РгХ	Коэффициент для вычисления поправки за ускорение движения второй звезды по высоте
5	$\pi_1$	$S$	0500	Секунды $i$ показания ЭКУ в средний момент прохождения изображения звезд пары через одноименную прорезь зеркальной решетки ОРБ
6	$\pi_2$	"	0501	
7	$\pi_3$	"	0502	
8	$\pi_4$	"	0503	
9	$\pi_5$	"	0504	
10	$\pi_6$	"	0505	
11	$\pi_7$	"	0506	
12	$\pi_8$	"	0507	
13	$\pi_9$	"	0508	
14	$\pi_{10}$	"	0509	
15	$\pi$	"	0510	Секунды показания ЭКУ в средний момент наблюдения двух звезд пары

4.2.2. Вычисления  $c_i, e_i$  ( $i = 1, 2 \dots, n \leq 12$ )

Исходные данные - общая часть

на серию многократных наблюдений звезд пары

1	2	3	4	5
1	10бозначе- ние пара- метра	Размер- ность	од деся- тичной ячейки	Описание параметра
2	$\varphi$	$0, \pm \pi$	0200	Приближенное значение широты пункта
3	$\lambda_0$	$h, m, S$	0201	Приближенное значение долготы пункта
3	$S'$	"	0202	Гринвичское звездное время в С всемирного времени на Всемир- ную дату наблюдения с учетом изменения нутации в течение суток

	I	!	S	!	S	!	4	!	5
4	$\Sigma_{\text{I}}$		$h, m, s$		0300				Показание УТЧ в момент передачи радиосигнала, координированного времени первой радиостанцией
5	$\Sigma = \Delta U T_1 + \dots + d U T_1 + U_1 - \Delta T$				0304				Суммарная поправка, приводящая показание ЭКХ, зафиксированное в момент регистрации прохождения звезды, в систему времени, отличающуюся от системы $U T_1$ на величину, обусловленную ходом хронометра за период от момента приема радиосигналов времена до момента регистрации прохождения звезды
6	$\omega$		$h/h$		0305				Часовой ход ЭКХ
7	$g$		"		0306				Массовый коэффициент вертикального гнущия трубой астрономического универсала
8	$A'_D$		"		0307				Табличные значения редукционных величин на $h^b$ земного динамического времени на всемирную дату наблюдений
9	$B'_D$		"		0308				Табличные значения редукционных величин на $h^b$ земного динамического времени на последующую дату
10	$A'_{D+1}$		"		0309				Табличные значения редукционных величин на $h^b$ земного динамического времени на последующую дату
11	$B'_{D+1}$		"		0310				Табличные значения редукционных величин на $h^b$ земного динамического времени на последующую дату
12	$n$		число		0311				Число алмукантаротов наблюдений пары
13	$\gamma$		"		0312				Соль
14	$\tau = \tau^*$		"		0313				Табличный интервал при интерполяции видимых мест звезд из $\tau^*$
15	$\tau$		"		0314				Всемирная дата наблюдений
16	$\tau_{\text{пр1}}$		"		0315				Табличная дата, предшествующая всемирной дате наблюдений первой звезды
17	$\Delta \tau_{\text{кр1}}$		"		0316				Критическая дата для первой звезды
18	$\Pi_{\text{I}}$		"		0317				Признак: $\Pi = 0$ , если критическая дата содержится в интервале интерполяции; $\Gamma = 1$ , если критическая дата не содержится в интервале интерполяции
19	$\Delta_{\tau_{\text{пр1}}}$		$h, m, s$		0308				Табличное значение видимого прямого восходления первой звезды на дату, предшествующую дате наблюдений

I	!	2	!	3	!	4	!	5
20	$\Delta\alpha_1$	<i>S</i>		0309				Табличная разность видимого прямого восхождения первой звезды
21	$\delta_{\alpha_{np1}}$	$^{\circ}, ', ''$		0400				Табличное значение видимого склонения первой звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
22	$\Delta\delta_1$	"		0401				Табличная разность видимого склонения первой звезды
23	$a'_1$	число		0402				
24	$b'_1$	"-		0403				Редукционные постоянные для первой звезды
25	$a_1$	"-		0404				
26	$b_1$	"-		0405				
27	$D_{np2}$	"-		0406				Табличная дата, предшествующая всемирной дате наблюдений второй звезды
28	$\Delta_{kp2}$	"-		0407				Критическая дата для второй звезды
29	$\Pi_2$	"-		0408				Признак. Имеет значения, определяемые по тому же правилу, что и для первой звезды (см. п.18)
30	$\alpha_{np2}$	<i>h,m,s</i>		0409				Табличное значение видимого прямого восхождения второй звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
31	$\Delta\alpha_2$	<i>S</i>		0500				Табличная разность видимого прямого восхождения второй звезды
32	$\delta_{\alpha_{np2}}$	$^{\circ}, ', ''$		0501				Табличное значение видимого склонения второй звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
33	$\Delta\delta_2$			0502				Табличная разность видимого склонения второй звезды
34	$a'_2$	число		0503				
35	$b'_2$	"-		0504				
36	$a_2$	"-		0505				
37	$b_2$	"-		0506				
38	$P$	мм.рт.ст.		0507				Давление воздуха
39	$t$	$^{\circ}\text{C}$		0508				Температура воздуха

Исходные данные - результаты многократных наблюдений  
звезд пары

Нр	Обозначение параметра	Размерность	Код десятичной ячейки	Описание параметра	
				1	2
40	T <sub>11</sub>	h,m,S	0600		
41	T <sub>12</sub>	"	0601		
42	T <sub>21</sub>	"	0606		
43	T <sub>22</sub>	"	0607		
44	T <sub>31</sub>	"	0702		
45	T <sub>32</sub>	"	0703		
46	T <sub>41</sub>	"	0708		
47	T <sub>42</sub>	"	0709		
48	T <sub>51</sub>	"	0804	Показания РЧУ в средние моменты наблюдений первой или второй звезд пары на соответственных высотах	
49	T <sub>52</sub>	"	0805		
50	T <sub>61</sub>	"	0900		
51	T <sub>62</sub>	"	0901		
52	T <sub>71</sub>	"	0906		
53	T <sub>72</sub>	"	0908		
54	T <sub>81</sub>	"	1002		
55	T <sub>82</sub>	"	1003		
56	T <sub>91</sub>	"	1008		
57	T <sub>92</sub>	"	1009		
58	T <sub>101</sub>	"	1104		
59	T <sub>102</sub>	"	1106		
60	T <sub>111</sub>	"	1200		
61	T <sub>112</sub>	"	1204		
62	T <sub>121</sub>	"	1206		
63	T <sub>122</sub>	"	1207		
64	T <sub>131</sub>	"	1302		
65	T <sub>132</sub>	"	1303		

	I	!	2	!	3	!	4	!	5
66	$M_{11}$			$S^2$		0602			
67	$M_{12}$			"-		0603			
68	$M_{21}$			"-		0608			
69	$M_{22}$			"-		0609			
70	$M_{31}$			"-		0704			
71	$M_{32}$			"-		0705			
72	$M_{41}$			"-		0800			
73	$M_{42}$			"-		0801			
74	$M_{51}$			"-		0806			
75	$M_{52}$			"-		0807			
76	$M_{61}$			"-		0902			
77	$M_{62}$			"-		0903			
78	$M_{71}$			"-		0908			
79	$M_{72}$			"-		0909			
80	$M_{81}$			"-		I004			
81	$M_{82}$			"-		I005			
82	$M_{91}$			"-		II00			
83	$M_{92}$			"-		II01			
84	$M_{101}$			"-		II06			
85	$M_{102}$			"-		II07			
86	$M_{111}$			"-		I202			
87	$M_{112}$			"-		I203			
88	$M_{121}$			"-		I208			
89	$M_{122}$			"-		I209			
90	$M_{131}$			"-		I304			
91	$M_{132}$			"-		I305			

Коэффициенты для вычисления поправок за ускорение движения первой или второй звезды пары по высоте

I	!	2	!	3	!	4	!	5
92	∠ II		0,1,"		0604			
93	∠ I2		"-		0605			
94	∠ 2I		"-		0700			
95	∠ 22		"-		0701			
96	∠ 3I		"-		0706			
97	∠ 32		"-		0707			
98	∠ 4I		"-		0802			
99	∠ 42		"-		0803			
100	∠ 5I		"-		0808			
101	∠ 52		"-		0809			
102	∠ 6I		"-		0904			
103	∠ 62		"-		0905			
104	∠ 7I		"-		1000			
105	∠ 72		"-		1001			
106	∠ 8I		"-		1006			
107	∠ 82		"-		1007			
108	∠ 9I		"-		II02I			
109	∠ 92		"-		II03			
II0	∠ 10I		"-		II08			
III	∠ 102		"-		II09			
II2	∠ III		"-		I204			
II3	∠ II2		"-		I205			
II4	∠ I2I		"-		I300			
II5	∠ I22		"-		I36I			
II7	∠ I3I		"-		I306			
II8	∠ I32		"-		I307			

Отсчеты по вертикальному кругу при наблюдении первой и второй звезд пары на соответственных высотах

Результаты вычисления

Нр. пп	Сообще- ние па- метра	Размер- ность	Код деся- тичной ячейки	Описание параметра
1	2	3	4	5
I	$c_1$	число	0501'	
I	$c_2$	"	0504'	
3	$c_3$	"	0507'	
4	$c_4$	"	0600'	
5	$c_5$	"	0603'	
6	$c_6$	"	0606'	Коэффициенты уравнений поправок
7	$c_7$	"	0609'	
8	$c_8$	"	0702'	
9	$c_9$	"	0705'	
10	$c_{10}$	"	0708'	
11	$c_{11}$	"	0801'	
12		"	0804'	
13	$c_{13}$	"	0807'	
14	$c_{14}$	"	0800'	
15	$c_{15}$	"	0903'	
16	$e_1$	"	0502'	
17	$e_2$	"	0505'	
18	$e_3$	"	0508'	
19	$e_4$	"	0601'	
20	$e_5$	"	0604'	
21	$e_6$	"	0607'	Свободные члены уравнений поправок
22	$e_7$	"	0700'	
23	$e_8$	"	0703'	
24	$e_9$	"	0706'	

I	1	2	3	4	5
25	$e_{10}$			0800'	
26	$e_{11}$	-"		0802'	
27	$e_{12}$	-"		0805'	
28	$e_{13}$	-"		0808'	
29	$e_{14}$	-"		0901'	
30	$e_{15}$	-"		0904'	

{ свободные члены уравнений поправок

#### 4.1.3. Вычисление $Y, P_y, m_y, \mu, \lambda'$

Исходные данные

I	1	2	3	4	5
1	Обозначение параметра	Размер- ность	Код деся- тичной ячейки	Списание параметра	
2	$n$	число	0407	Число альмукантаротов наблюдений пары	
3	$\lambda_0$	$h, m, s$	0403	Приближенное значение долготы пункта	
4	$\varphi_0$	°, ', ''	0403	Приближенное значение широты пункта	
5	$c_1$	-"-	0501		
6	$c_2$	-"-	0504		
7	$c_3$	число	0507		
8	$c_4$	-"-	0600		
9	$c_5$	-"-	0603		
10	$c_6$	-"-	0606		
11	$c_7$	-"-	0610		
12	$c_8$	-"-	0702		
13	$c_9$	-"-	0705		
14	$c_{10}$	-"-	0708		
				Коэффициенты уравнений поправок	

$\bar{z}$	$\bar{v}$	$\bar{w}$	$\bar{e}$	$\bar{\theta}$	$\bar{q}$	$\bar{r}$	$\bar{s}$
14	$C_{11}$		ЧИСЛО	0001			
15	$C_{12}$		"	0004			
16	$C_{13}$		"	0007			
17	$C_{14}$		"	0009			
18	$C_{15}$		"	0003			
19	$e_1$		"	0500			
20	$e_2$		"	0505			
21	$e_3$		"	0500			
22	$e_4$		"	0607			
23	$e_5$		"	0604			
24	$e_6$		"	0607			
25	$e_7$		"	0700			
26	$e_8$		"	0700			
27	$e_9$		"	0700			
28	$e_{10}$		"	0700			
29	$e_{11}$		"	0700			
30	$e_{12}$		"	0700			
31	$e_{13}$		"	0700			
32	$e_{14}$		"	0907			
33	$e_{15}$		"	0901			

Свободные члены уравнений  
погрэвск

**Результаты вычисления**

№ пп	Обозна- чение парамет- ра	Единица	Регистр	Описание параметра
<u>После первого останова</u>				
1	$y$	"	РГУ	Составляющая условного укло- нения отвесной линии в первом вертикале - из многократной наблюдения одной пары звезд на соответственных высотах
2	$\bar{y}$	число	РГУ	Дес. значения $y$
<u>После второго останова</u>				
3	$m_y$	"	РГУ	Средняя квадратическая пог- решность значения $y$
4	$\bar{s}$	"	РГУ	Средняя квадратическая пог- решность единицы веса
<u>После третьего останова</u>				
5	$\lambda'$	$h, m, s$	РГУ	Значение долготы пункта - из многократного наблюдения одн пары звезд на соответственны высотах

**4.2. Алгоритм**

**4.2.1. Вычисление  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $\bar{T}_i$ ,  $\bar{s}$**

1. Показания РГУ в средние моменты наблюдений первой и вто-  
рой звезд

$$T_1 = \frac{\sum_i^m T_{1i}}{m}, \quad T_2 = \frac{\sum_i^m T_{2i}}{m} \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

2. Коэффициенты для вычисления поправок за ускорение движе-  
ния звезд пары

$$M_1 = \frac{1}{m} \sum_i^m (T_{1i} - T_1)^2, \quad M_2 = \frac{1}{m} \sum_i^m (T_{2i} - T_2)^2 \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

3. Секунды  $i$  показания РГУ в средний момент прохождения  
изображения звёзд пары через одиночечную прорезь зеркальной  
решетки ОРБ

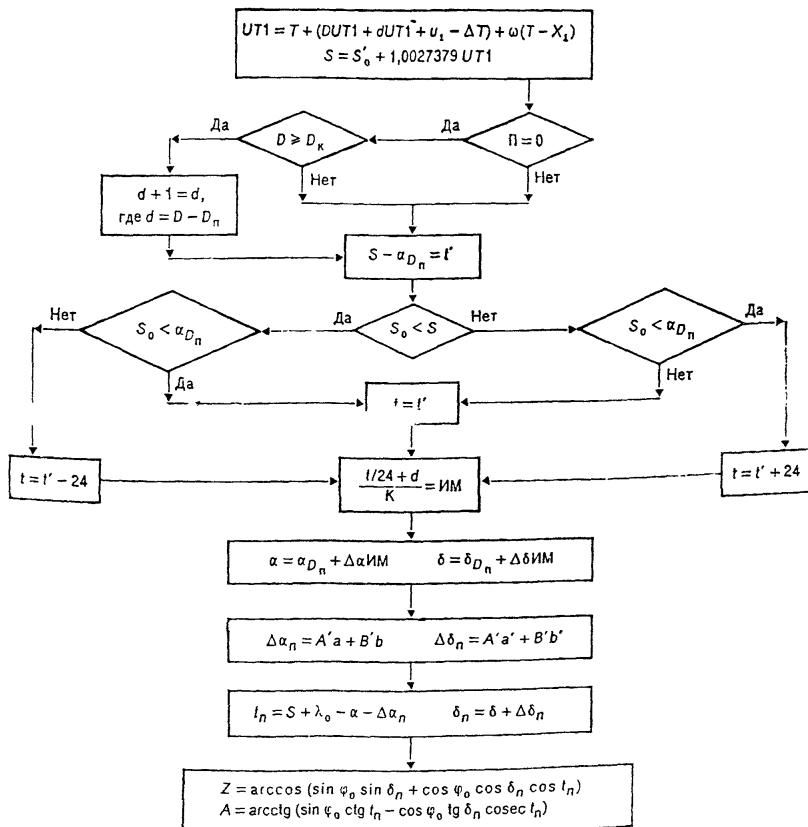
$$\bar{T}_i = \bar{\varphi}(T_1 + T_2)_i.$$

4. Секунды показания ЭКХ в средний момент наблюдения двух  
звезд пары

$$T = \frac{1}{2} (T_1 + T_2).$$

#### 4.2.2. Вычисление $C_i$ , $\ell_i$ - ( $i = 1, 2, \dots, m \leq 13$ )

I. Каждое зенитное расстояние  $Z_{i1}, Z_{i2}$  и каждый азимут  $A_{i1}, A_{i2}$  звезд пары в средние моменты их наблюдений на  $n \leq 13$  альмаках тиратах вычисляются в соответствии со следующей блок-схемой



2. Разности вычисленных зенитных расстояний  $\Delta Z'_i$  звезд

пары

$$\Delta Z'_i = Z_{i2} - Z_{i1}$$

3. Составляющие  $\Delta Z_{oi}$ , получаемые по отсчетам вертикально круга астрономического универсала

$$\Delta Z_{oi} = L_{i2} - L_{i1}$$

4. Поправки  $\Delta g_i$  за вертикальное гнущие трубы инструмента

$$\Delta g_i = g (\sin Z_{i2} - \sin Z_{i1}),$$

где  $g$  — определяют в процессе лабораторных исследований.

5. Поправки  $\Delta W_i$  за ускорение движения звезд по высоте:

$$\Delta W_i = \frac{15^2}{2P''} (W_{i2} \cdot M_{i2} - W_{i1} \cdot M_{i1}),$$

где  $W_{i1,2} = \cos^2 \varphi \cos A_{i2} (\tan \varphi + \cos A_{i1,2} \operatorname{ctg} Z_{i1,2})$ .

6. Поправки  $\Delta \rho_i$  за рефракцию

$$\Delta \rho_i = \frac{(1 + 0,0367) P}{(1 + 0,00367 t) 760} (\rho_{oi2} - \rho_{oi1}),$$

где  $\rho_{oi1,2} = 58,2 \tan Z_{i1,2} - 1,0674 \tan^3 Z_{i1,2} + 1,00234 \tan^5 Z_{i1,2}$

7. Поправки  $\Delta A_i$  за суточную aberrацию

$$\Delta A_i = 0,32'' \cos \varphi (\sin A_{i2} \cos Z_{i2} - \sin A_{i1} \cos Z_{i1}).$$

8. Свободные члены  $e_i$  уравнений поправок

$$e_i = \Delta Z'_i - \Delta Z_{oi} - \Delta g_i + \Delta W_i - \Delta \rho_i - \Delta A_i.$$

9. Коэффициенты  $C_i$  уравнений поправок

$$C_i = \sin A_{i2} - \sin A_{i1}$$

4.2.3. Вычисление  $Y, P_y, m_y, \mu, \lambda'$

I. Коэффициенты  $[CC], [Ce], [ee]$

$$[CC] = C_1^2 + C_2^2 + C_3^2 + \dots + C_n^2$$

$$[Ce] = C_1 e_1 + C_2 e_2 + C_3 e_3 + \dots + C_n e_n,$$

$$[ee] = e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2$$

2. Решение нормального уравнения

$$[CC] Y + [Ce] = 0$$

$$Y = -\frac{[Ce]}{[CC]},$$

3. Дес  $\bar{v}_y$  значения  $y$

$$\bar{v}_y = [v]$$

4. Средняя квадратическая погрешность  $\mu$  единицы веса

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}, \text{ где } [v^2] = [ee] + [ce] y$$

5. Средняя квадратическая погрешность значения  $y$

$$m_y = \frac{\mu}{\sqrt{P_y}}$$

С. Значение долготы  $\lambda'$  из многократного наблюдения двух звезд на соответственных высотах

$$\lambda' = \lambda_0 + \Delta \lambda, \text{ где } \Delta \lambda = \frac{y}{15 \cos \varphi}$$

#### 4.3. Руководство оператора

Программа вычисления долготы (М41580) предусмотрена возможность ввода исходных данных как прямой адресацией десятичных ячеек памяти, так и их косвенной адресацией. Более производительным является второй вариант, где ему отдано оч изложен в качестве основного. Косвенная адресация осуществляется программно. Для этого при вводе каждой группы данных (см. т.1.1) оператор должен сначала обратиться к подпрограмме ввода, набрав на клавиатуре прямого адресования код, указанный ниже в тексте. При этом на индикаторе в РГУ выводится номер десятичной ячейки, в которую необходимо занести первое число данной группы. Для ввода этого числа в память микроЭПУ оператор пользуется клавиатурой, должен набрать в РГУ число, которое в колонном журнале значится под номером, установленным в РГУ, и нажать клавишу  $S$ . При этом число фиксируется в памяти, а в РГУ выводится номер следующей десятичной ячейки. Операцию по вводу следующего числа выполняют также, как это делалось при вводе предыдущего, и далее описание действий повторяют до завершения ввода всех чисел данной группы. После ввода последнего числа автоматически включается подпрограмма просмотра введенных данных. При этом в автоматическом режиме с периодом 0,5с выводятся на экран: в РГУ - номера десятичных ячеек, в РГУ - хранящиеся в этих ячейках числа. Задокументировать просматриваемое число в индицируемом регистре

на более длительный срок можно нажатием клавиши "I". Для продолжения просмотра следует нажать клавишу **S**. Если в процессе просмотра обнаружена одна или несколько ошибок, то их исправляют после завершения просмотра, прекратив работу подпрограммы просмотра нажатием клавиши **C**. Для исправления ошибок, в соответствующие десятичные ячейки исходные данные вводят повторно путем прямой адресации с помощью клавиши **EP** и набора адреса на клавиатуре прямого кодирования. Повторное обращение к подпрограмме просмотра исходных данных может быть осуществлено набором кода на клавиатуре прямого кодирования, указанного ниже в тексте руководства оператора.

#### 4.3.1. Выведение $T_1, T_2, M_1, M_2, T_i$ ( $i=1,2,3\dots m$ ), $T$

1. В полевом журнале на листах (Форма 43) должны быть зафиксированы результаты наблюдений: показания ЭМ в моменты наблюдений первой и второй звезд пары и число регистраций этих показаний.

2. Установите кассету с записью программы на ПП1.

3. Установите режим Р. Нажмите клавишу **C**.

4. Перемотайте "И" на метраж записи программы, имеющей контрольную сумму 41593.

5. Считайте программу с "И" в ОСУ, нажав клавишу **ОИ**. Если после отключения "И" включен индикатор "**"**" или "**С**", нажмите клавишу **S**, считайте программу снова. Если чтение закончилось без включения индикаторов "**"**" или "**С**", нажмите клавишу **И**.

6. Если считанная в "И" контрольная сумма совпадает с контрольной суммой программы, перейдите к выполнению п.7, в противном случае повторите снова действия по подпункту 5.

7. Нажмите клавиши:  $\Delta$ ,  $\diamond$ , в Рт И и Рт" должно индицироваться число 4000.

8. Нажмите клавишу **C** и снимите кассету с ПП1.

9. Наберите код 0011 на клавиатуре прямого кодирования. В Рт должно индицироваться число 10.

10. Введите из журнала (Форма 43) исходные данные по п.4.1.1. После ввода последнего числа включается программа просмотра исходных данных. Со существенным просмотром, нажмите клавишу **~**. В случае необходимости выполните корректировку введенных данных путем прямой адресации десятичных ячеек.

11. Просмотр исходных данных по п.4.1.1 можно осуществить в автоматическом режиме набором кода 0012. Кончив просмотр нажмите клавишу **C**.

12. Запустите вычисление по программе набором кода 0001.

13. После первого останова выпишете в журнал (формы 43, 45) из РГУ -  $T_1$ , из РГХ- $M_1$ . Затем нажмите клавишу  $S$  и после второго останова выпишете в журнал из РГУ -  $T_2$ , из РГХ -  $M_2$ .

14. Наберите код 0013. При этом в автоматическом режиме с периодом 3,5 сек выводятся на индикацию:

в РГУ - номера десятичных ячеек,

в РГХ - значения  $T_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) и значение  $T$ .

Выпишете в журнал (форма 43) выводимые значения результатов вычисления. Нажмите клавишу  $C$ .

15. Выполните действия по п. 9-14  $n$  - I раз, вводя из журнала (форма 43) исходные данные по п. I.I.I, относящиеся к наблюдениям звезд пары на других альманахатах, и выписывая результаты счета в журнал (форма 43, 45)

4.3.2. Вычисление  $C_i$ ,  $\ell_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n \leq 13$ )

I. В полевом журнале на листах (формы 44, 45) должны быть зафиксированы следующие исходные данные по п. 4.1.2. На листе (форма 44):  $\varphi_0, \lambda_0, X_1, \omega, g, n, D, P, t, \Sigma$ , полученные в процессе подготовки и производства наблюдений.

На листе (форма 45):  $T_{11} \dots T_{n1}; T_{12} \dots T_{n2}; M_{11} \dots M_n$

$V_{12} \dots V_{n2}; L_{11} \dots L_{n1}; L_{12} \dots L_{n2}$ , полученные в результате предварительной обработки наблюдений.

На листе (форма 44):  $A'_D, B'_D, A'_{D+1}, B'_{D+1}, D_{\text{пр}1}, D_{\text{кр}1}, \Pi_1, \Delta D_{\text{пр}1}, \Delta D_1, \delta_{\text{пр}1}, \Delta \delta_1, a'_1, b'_1, a_1, b_1, D_{\text{пр}2}, D_{\text{кр}2}, \Pi_2, \Delta D_{\text{пр}2}, \Delta D_2, \delta_{\text{пр}2}, \Delta \delta_2, a'_2, b'_2, a_2, b_2$ .  
На листе (форма 44)  $S'_o$ , вычисленное по формулам:

$$S'_o = S_{o(D)} + \Delta \mu; \quad \Delta \mu = [(S_{o(D+1)} - S_{o(D)}) - 3'' 56,55536^s] \frac{UT1_{\text{ср}}^h}{24h},$$

в которых  $S_{o(D)}$ ,  $S_{o(D+1)}$  - гринвичское звездное время в  $\text{с}^h$  вспомогательного времени на дату наблюдений и на последующую дату, выражение из  $\Sigma$ ,  $UT1_{\text{ср}}^h = T_{\text{ср}}^h + \sum^h$  где  $T_{\text{ср}}^h$  - средний момент многократных наблюдений звезд данной пары с точностью до  $\text{с}^h$ ,

$$T_{\text{ср}}^h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_1 + T_2)_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n),$$

$\sum$  - см. п. 4.1.2.

2. Выполните действия по подпунктам 2-8 п.4.3.1

3. Наберите код 2003 на клавиатуре прямого кодирования.

В Р<sub>ГУ</sub> должно индицироваться число 20.

4. Введите из журнала (Форма 44) исходные данные общей части по п.4.1.2. После ввода последнего числа включается программа просмотра исходных данных. Осуществив просмотр нажмите клавишу С. В случае необходимости выполните корректировку введенных данных путем прямой адресации десятичных ячеек.

5. Просмотр исходных данных по п. 4.1.2 можно осуществить в автоматическом режиме набором кода 2003. Окончив просмотр нажмите клавишу С.

6. Наберите код 0004. В Р<sub>ГУ</sub> должно индицироваться число 60.

7. Введите из журнала (Форма 45) результаты многократных наблюдений звезд пары по п. 4.1.2.

8. Просмотр этой части данных п. 4.1.2 можно осуществить набором кода 0005, после чего следует нажать клавишу С. Корректировка данных осуществляется прямой адресацией десятичных ячеек.

9. Запустите вычисление по программе нажатием клавиши Δ и набором кода 1000. При этом в автоматическом режиме выводятся на индикацию: в Р<sub>ГУ</sub> – номера десятичных ячеек,

в Р<sub>ДИ</sub> – результаты вычисления по п.4.1.~, хранящиеся в этих десятичных ячейках.

10. Запишите результаты вычисления в журнал (Форма 46). После окончания счета в Р<sub>ГУ</sub> должно индицироваться значение Л<sub>о</sub>, в Р<sub>ДХ</sub> – число n. При необходимости повторного счета вновь нажмите клавишу Δ и наберите код 1000.

#### 4.3.3. Вычисление y, Р<sub>y</sub>, m<sub>y</sub>, μ, λ'

1. В полевом журнале на листе (Форма 46) должны быть зафиксированы исходные данные по п. 4.1.3: n, λ<sub>о</sub>, φ<sub>о</sub>, с<sub>1</sub>...с<sub>n</sub>, ε<sub>1</sub>...ε<sub>n</sub>.

2. Если микроЭВМ после выполнения п. 4.3.2 не выключали, то перейдите к выполнению п.4. В противном случае введите из журнала (Форма 46) исходные данные по п. 4.1.3. Для этого нажмите клавишу Δ и наберите код 1003. В Р<sub>ГУ</sub> должно индицироваться число 47. После завершения ввода нажмите клавишу С.

3. Просмотр данных можно осуществить нажатием клавити Δ и набором кода 1005, после чего следует нажать клавишу С.

Корректировка данных осуществляется прямой адресацией десятичных ячеек.

4. Запустите вычисление по программе нажатием клавиши  $\Delta$  и набором кода 1007.

5. После первого останова выпишете в журнал (форма 46) из  $P_{\Gamma^Y} - Y$ , из  $P_{\Gamma^Y} - P_y$  и нажмите клавишу  $S$ . После второго останова выпишете в журнал (форма 46) из  $P_{\Gamma^Y} - m_y$ , из  $P_{\Gamma^Y} - \mu$  и нажмите клавишу  $S$ . После третьего останова выпишете в журнал (форма 46) из  $P_{\Gamma^Y} - \lambda'$ .

#### 4.4. Тест - пример

(ФОРМА 54)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОТЫ КОМПЛЕКСОМ АУ-ОИ ИЗ МНОГОКРАТНОГО  
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПАРЫ ЗВЕЗД НА СООТВЕТСТВЕННЫХ ВЫСОТАХ

ЖУРНАЛ № 5 ГОД 1988

ВСЕГО В ЖУРНАЛЕ ЛИСТОВ \_\_\_\_\_ В ТОМ ЧИСЛЕ ЗАПОЛНЕННЫХ \_\_\_\_\_

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ИСПОЛНИТЕЛЬ \_\_\_\_\_ (ФИО) \_\_\_\_\_ (подпись)

ОБЪЕКТ \_\_\_\_\_

ПУНКТ \_\_\_\_\_

АУ-ОИ № 003

ПТР "АСТРА" № 02099

ЭКХ "АЛТАЙР-М" № 032

НАБЛЮДАЛ \_\_\_\_\_ (ФИО)

МПУ8-2-ОИ № С005

\_\_\_\_\_ (подпись)

МИКРОЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28" № 6919

ЗАПИСЫВАЛ \_\_\_\_\_ (ФИО)

ТЕРМОМЕТР прав

\_\_\_\_\_ (подпись)

ГАРМОМЕТР аккорд

ВЫЧИСЛИЛ В ДЕРВУЮ РУКУ \_\_\_\_\_ (ФИО)

\_\_\_\_\_ (подпись)

ДАТА	Ч	М	Г	//			ВЫЧИСЛИЛ ВО ВТОРУЮ РУКУ _____ (ФИО)
	1	2	1	1	8	8	
UT1 <sub>ср</sub>	1	9	,7	8	X	-	0,0 4 6
				Y	+	0,1	8 3
БЮЛЛЕТЕНЬ	№			h	m	s	_____ (подпись)
UT1 - UTC				X	X	X	= 0,0 4 6
λ'				Y	+	0,1	1 1
Δλ <sub>мун</sub>							= 0,0 0 4
Δλ <sub>ут1</sub>							+ 0,0 0 6
λ				2	5	0	2 0,1 1 3

ЖУРНАЛ ПРИНТ

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТ \_\_\_\_\_ (ФИО)

\_\_\_\_\_ (дата) \_\_\_\_\_ (подпись)

(ФОРМА 58)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМА РАДИОСИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ

ЛЕНТА МПУ8-2-01

дата, станица	12.11.88 РВМ	окраска	9, 21, 22, 25
I прием	h m s	II прием	h m s
UTC <sub>1</sub>	17 19 55,000	UTC <sub>2</sub>	21 14 54,000
X <sub>1</sub> '	17 19 55,102	X <sub>2</sub> '	21 14 54,102
τ <sub>P</sub>	XX X X X X 0,006	τ <sub>P</sub>	XX X X X X 0,006
τ <sub>п</sub>	XX X X X X 0,000	τ <sub>п</sub>	XX X X X X 0,000
X <sub>1</sub>	17 19 55,096	X <sub>2</sub>	21 14 54,096
U <sub>1</sub>	-000 000 00,096	U <sub>2</sub>	-000 000 000,096
dUT1	XX X X X -0,100	ω <sub>1,2</sub>	XX 0,000 000 000
dUT1	XX X X X +0,060		
Δ+d	XX X X X -0,040		
ΔT	XX X X X 0,262		
Σ	-000 000 00,398		

$X_{1,2} = X'_{1,2} - \tau_P - \tau_{\pi}$   
 $U_{1,2} = UTC_{1,2} - X_{1,2}$   
 $\Sigma = (\Delta+d) + U_{1,2} - \Delta T$

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ ЗА ЗАДЕРЖКУ СИГНАЛА В ЦЕПЯХ МФ И БФР

ЛЕНТА МПУ8-2-01 ФЭУ-1	ΔT <sub>i</sub>
	1 8 8
	1 7 5
	1 8 8
	1 7 4
	1 8 7
	1 7 5
	1 8 8
	1 7 4
	1 8 8
	1 7 4
ΔT	0,1811
ΔT <sub>ФЭУ</sub>	0,1820

ЛЕНТА МПУ8-2-01 ФЭУ-2	ΔT <sub>i</sub>
	2 1 4
	1 5 2
	2 1 4
	1 5 2
	2 1 4
	1 5 1
	2 1 5
	1 5 1
	2 1 4
	1 5 1
ΔT	0,1828
ΔT <sub>ФЭУ</sub>	0,262

$$\Delta T = 1,443 \cdot \Delta T_{ФЭУ}$$

( ФОРМА 44 )

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ОБЩЕЙ ЧАСТИ

ВВОД ДАННЫХ 0002

### КОНТРОЛЬ ВВЕДЕННЫХ ДАННЫХ ООЗ

# ВЫЧИСЛЕНИЕ $S'_0$

(ФОРМА 43)

$L_1$			
0	1	"	"
16,20	10,3	10,4	
	10,3	10,6	
ср 10,30	10,50		
$\frac{1}{2} \Sigma \text{ср}$	10,40		

$L_2$			
0	1	"	"
16,20	09,9	10,0	
	09,9	09,6	
ср 09,90	09,80		
$\frac{1}{2} \Sigma \text{ср}$	09,85		

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

ВВОД ДАННЫХ ООП

КОНТРОЛЬ ВВЕДЕНИХ ДАННЫХ ООП2

m	КОД
10	0109

S			КОД
(1) $T_{e1}$	10	92500310	0300
$T_{e1}$	9	92457119	0209
$T_{e1}$	8	92452458	0208
$T_{e1}$	7	92449482	0207
$T_{e1}$	6	92444935	0206
	→	00000000	←
$T_{e1}$	5	92437228	5
$T_{e1}$	4	92433200	6
$T_{e1}$	3	92429404	0203
$T_{e1}$	2	92425158	0202
$T_{e1}$	I	192421550	0201
C200	$T_{e2}$	h, m	↑

S			КОД
(2) $T_{e2}$	10	01042841	0401
$T_{e2}$	9	01038861	0400
$T_{e2}$	8	01035033	0309
$T_{e2}$	7	01030861	0308
$T_{e2}$	6	01027146	0307
	→	00000000	←
$T_{e2}$	5	01018940	0306
$T_{e2}$	4	01015196	0305
$T_{e2}$	3	01011339	0304
$T_{e2}$	2	01007500	0303
$T_{e2}$	I	201003492	0302
0301	$T_{e2}$	h, m	↑

ЗАПУСК ПРОГРАММЫ СЧЕТА ООП1

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ

ПОСЛЕ ПЕРВОГО ОСТАНОВА

ВЫВОД ЗНАЧЕНИЙ ООП3

ПОСЛЕ ВТОРОГО ОСТАНОВА

$T_1 \rightarrow P_r Y$		
h	m	s
19,24	41,084	

$\frac{1}{m} \sum_i (T_{e1} - T_1)^2 \rightarrow P_r X$
$S^2$

16,9,0,15

#	$\frac{1}{2} (T_1 + T_2)$	S		КОД
		h	m	
1	32,196	0500		
2	30,10	0501		
3	21,18	0502		
4	03,0	0503		
5	18,7	0504		
6	31,938	0505		
7	32,339	0506		
8	31,898	0507		
9	32,310	0508		
10	31,901	0509		
CP	,			0600

$T_2 \rightarrow P_r Y$		
h	m	s
20,10	23,121	

 $\frac{1}{m} \sum_i (T_{e2} - T_2)^2 \rightarrow P_r X$  $S^2$ 

17,0,30,5

( ФОРМА 45 )

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРОГРАММЕ НАБЛЮДЕНИЙ

ВВОД ДАННЫХ 0004

КОНТРОЛЬ ВВЕДЕНИЯ ДАННЫХ 0005

№	T			M= $\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (T_{\frac{i-1}{2}} - T_{\frac{i}{2}})^2$	КОД	L			КОД
	h	m	s			S <sup>2</sup>	0	1	
I	I	19,244	1084	0600	169015	0602	46,2	01040	0604
	2	201023	121	0601	170305	0603	,	09'85	0605
2	I	19,263	1745	0606	168764	0608	46,0	01038	0700
	2	200832	651	0607	170102	0609	,	11,72	0701
3	I	19,2822	364	0702	169260	0704	45,4	00955	0706
	2	200641	772	0703	170007	0705	,	09,20	0707
4	I	19,3012	985	0708	168897	0800	45,2	00948	0802
	2	200451	284	0709	170091	0801	,	10,25	0803
5	I	19,3203	404	0804	170074	0806	45,0	00995	0808
	2	200300	703	0805	170114	0807	,	10,78	0809
6	I	19,3354	047	0900	170114	0902	44,4	00980	0904
	2	200109	952	0901	169452	0903	,	09,38	0905
7	I	19,3544	687	0906	170672	0908	44,2	00978	1000
	2	19,5919	408	0907	168594	0909	,	09,95	1001
8	I	19,3735	242	I002	17-156	I004	44,0	00990	I006
	2	19,5728	925	I003	16953	I005	,	10,30	I007
9	I	19,3925	947	I008	170763	I100	43,4	00970	I102
	2	19,5538	453	I009	169015	I101	,	10,80	I103
10	I	19,4116	516	I104	170421	I106	43,2	01048	I108
	2	19,5347	722	I105	169856	I107	,	09,48	I109
II	I	19,4307	259	I200	171043	I202	43,0	01060	I204
	2	19,5157	252	I201	169506	I203	,	09,85	I205
I2	I	19,4458	036	I206	169393	I208	42,4	01072	I300
	2	19,5006	837	I207	169606	I209	,	11,20	I301
I3	1	,	,	I302	,	I304	,	?	I306
	2	,	,	I303	,	I305	,	?	I307
	T <sub>cp</sub> <sup>h</sup>	19,78							
	$\Sigma^h$	00,00							
	UT1 <sub>cp</sub> <sup>h</sup>	19,78							

(ФОРМА 46)

ЗАПУСК ПРОГРАММЫ СЧЕТА ▷ I000  
РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАПИШИТЕ НИЖЕ

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

	Число			КОД
n	1 2			0407'
	h	m	s	
λ₀	0 2,5	0 2 0,1	0 0 0	0408'
	0	1	"	
φ₀	4 3,4	6 4 8,3	0 X	0409'

ВВОД ДАННЫХ ▷ I006

КОНТРОЛЬ ВВЕДЕНИХ ДАННЫХ ▷ I005

№	C			ℓ		
	ЗН	ЧИСЛО	КОД	ЗН	"	КОД
I	+	1 9 9 9	0501'	-	1,4 2 7	0502'
2	+	1 9 9 9	0504'	-	0,0 2 2	0505'
3	+	1 9 9 9	0507'	-	0,2 2 3	0508'
4	+	1 9 9 9	0600'	+	0,7 2 9	0601'
5	+	1 9 9 9	0603'	-	0,7 6 5	0604'
6	+	1 9 9 9	0606'	-	0,7 7 3	0607'
7	+	1 9 9 9	0609'	-	0,5 2 3	0700'
8	+	1 9 9 9	0702'	-	0,5 9 5	0703'
9	+	1 9 9 9	0705'	+	0,2 8 3	0706'
10	+	1 9 9 9	0708'	-	0,6 5 9	0709'
II	+	1 9 9 8	0801'	+	0,4 2 9	0802'
I2	+	1 9 9 8	0804'	+	0,5 5 4	0805'
I3			0807'			0808'
I4			0900'			0901'
I5			0903'			0904'

ЗАПУСК ПРОГРАММЫ СЧЕТА ▷ I007

## РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ

ПОСЛЕ ПЕРВОГО ОСТАНОВА			
	ЗН	"	
У	+	0,1 2 1	→ РтУ
		ЧИСЛО	
P <sub>у</sub>	4 7,9 5	X	→ РтХ
ПОСЛЕ ВТОРОГО ОСТАНОВА			
	ЗН	"	
m <sub>у</sub>	0,0 9 3		→ РтУ
μ	0,6 4 6		→ РтХ
ПОСЛЕ ТРЕТЬЕГО ОСТАНОВА			
	h	m	s
λ'	0 2,5	0 2 0,1	1 1 1
			→ РтJ

КОДЫ ('') относятся к ВД-5024

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ЖУРНАЛА

ПОСЛЕ УСТРАНЕНИЯ ЗАМЕЧАНИЙ ЖУРНАЛ ПРИНЯТ

ПРИЕМЩИК \_\_\_\_\_ ( подпись, дата )

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Руководство по астрономическим определениям. ГГИИП-01-153-81  
М., "Недра", 1984, с.382.
2. Неверов Л.В. Развитие способа равных высот. Геодезия и картография, № 8, 1989, с.10-13.
3. Неверов Л.В., Беляков В.М., Семина Е.И. Оперативное высокоточное определение астрономических координат. Геодезия и картография, № 5, 1992, с.8-II.
4. Рабочие эллипсы пар Чинтера. Труды ЦНИИГАИК, вып.90, 104, 106, 108.
5. Комплекс астрономического универсала АУ-01. Инструкция по эксплуатации АУ-01.00.000 Изд. ЦНИИГАИК, 1987, с.181.
6. Комплекс астрономического универсала АУ-01. Техническое описание АУ-01.00.00.000 Тс. ЦНИИГАИК, 1997, с.200.
7. Всемирное время и координаты полюса (окончательные данные). Бюллетень А ГНТВЭИ Госстандарта РС.
8. Всемирное время и координаты полюса. Бюллетень Е ГНТВЭИ Госстандарта РС.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	2
I. Основные положения .....	3
2. Подготовка к определению долготы комплексом астрономического универсала АУ-01 .....	7
2.1. Лабораторная подготовка приборов .....	7
2.2. Подготовка элемерид .....	7
2.3. Подготовка на пункте наблюдений .....	8
3. Порядок работы на пункте при определении долготы из многократного фотоэлектрического наблюдения пары звезд на соответственных высотах .....	10
4. Вычисление долготы .....	13
4.1. Список исходных данных и получаемых результатов, их размещение в ОЗУ микроЭВМ .....	13
4.2. Алгоритм .....	24
4.3. Руководство оператора .....	27
4.4. Тест - пример .....	32
Используемые источники .....	40