

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ РОССИИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА "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 74-92

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

Зав. отделом

Зав. лабораторией

Руководитель договора, к.т.н.

Ответственный исполнитель, к.т.н.

А.А.Синдеев

Н.А.Гусев

П.Е.Лазанов

Л.В.Неверов

Л.В.Неверов

Москва 1993

## Методика института

---

Методика института  
Определение основного  
астрономического пункта

---

МИ БГЕИ 24-92

Утверждена приказом по ЦНИИГАиК – головной организации 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-ОІ. В качестве базового способа рекомендовано определение долготы из многократного фотоэлектрического наблюдения пары звезд на соответственных высотах. Применение этого способа в сочетании 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 (интервал не 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-ОІ.

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 многократного фотоэлектрического наблюдения пары звезд на соответствующих высотах.

## І. 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 ровной, 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 деформации 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-ОІ, далее упоминаемые как приборы І и ІІ, 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 [1]. 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  $m_y \leq 0.1''$  (см. п. 4.1.3).

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

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

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  $\lambda'_{ис\bar{I}i}$ , второй —  $\lambda'_{оп\bar{II}i}$ , третьей —  $\lambda'_{ис\bar{II}i}$ , четвертой —  $\lambda'_{оп\bar{I}i}$ .

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  $\Delta\lambda_{ут1}$ .

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

Эти поправки вычисляются по формулам:

$$\Delta\lambda_{мун} = -\frac{1}{15} (x \sin \lambda' + y \cos \lambda') \operatorname{tg} \varphi_0, \quad (4)$$

$$\Delta\lambda_{ут1} = (2UT1 + dUT1) - (UT1 - UTC), \quad (5)$$

в которых

$\varphi_0$  — приближенное значение широты пункта,

$x, y$  — координаты мгновенного полюса, интерполированные из [7] или [8] по аргументу  $UT1_{\text{ср}}^h$  (см. подпункт I пункт 4.3.2),

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

$2UT1 + dUT1$  — см. п.2.3

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

$$\Delta\lambda_i = \frac{1}{2} \left[ (\lambda_{оп\bar{1}i} - \lambda_{ис\bar{2}i}) + (\lambda_{оп\bar{2}i} - \lambda_{ис\bar{1}i}) \right] \quad (6)$$

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:

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

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

Методика определения долготы из многократного наблюдения пары ст. на соответственных высотах, служащая для определения каждого из значений  $\lambda_{оп\bar{1}i}$ ,  $\lambda_{ис\bar{2}i}$ ,  $\lambda_{оп\bar{2}i}$ ,  $\lambda_{ис\bar{1}i}$ , изложена ниже в пп. 2, 3, 4.

В тексте приняты следующие сокращения:

АЭ — Астрономический ежегодник

БЭР — блок фотоэлектрической регистрации

МЭ — микрометр фотоэлектрический

ОРБ — оптический разделительный блок МЭ

ПУГ — плата усиления и формирования сигналов БЭР

ЭЭУ — фотоэлектронный умножитель

ЭКХ — экспедиционный кварцевый хронометр "Альтаир-1"

## 2. ПОДГОТОВКА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДОЛГОТЫ КОМПЛЕКСОМ АСТРОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСАЛА АУ-01

### 2.1. Лабораторная подготовка приборов.

Для выполнения работ по определению долготы из многократного наблюдения пары звезд на соответственных высотах каждый используемый комплекс АУ-01 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 8-2-01, 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 <sup>и</sup>зключение следующих пунктов таблицы: 3.I - 3.6, 3.II - 3.I5, 3.I8, 3.26 - 3.28. При этом рен оптического микрометра должен быть определен для вертикального круга, величины  $\mu_{\text{кр}}$  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  $\varphi = 43^{\circ}45'$ . 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 <sup>h</sup> 43,5 <sup>m</sup>												2 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>
Z	46° 20'	46° 00'	45° 40'	45° 20'	45° 00'	44° 40'	44° 20'	44° 00'	43° 40'	43° 20'	43° 00'	42° 40'	
A	269° 42'												273° 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 ДЭ-28", 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 02СЗ, а для вычисления азимута – 0204. Исходные данные вводят прямой адресацией десятичных ячеек:

$$\begin{aligned} \varphi &\rightarrow \text{СД } 5 - \text{широта пункта,} \\ \delta &\rightarrow \text{СД } 6 - \text{склонение звезды,} \\ \vartheta - \alpha &\rightarrow \text{ЗД } 7 - \text{часовой угол звезды.} \end{aligned}$$

### 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 университета, типы и номера используемых приборов, фамилию наблюдателя.



и помощника с их подписями. На лист журнала (форма 44) выписывают приближенные координаты пункта установки астрономического университета  $\varphi$ ,  $\lambda$ , 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-ОІ 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 14 начало 15 минут и на конец 44 начало 45 минут. Ленты с зафиксированными показаниями хронометра и с указанием даты необходимо вклеивать на лист журнала (форма 58). Этот же лист необходимо использовать для вклейки лент МПУ8-2-ОІ, 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 ЭВУ-1, ЭВУ-2. Результаты приема радиосигналов и информацию о величинах  $\Delta UT1$  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 цепях 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,

$\Delta UT1 + dUT1 (\Delta + d)$  - 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 ПУНКТЕ 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  $\omega$ . После эфемеридного зенитного расстояния первого альмукантарата. Вращением рукоятки резистора  $R6$  блока питания высоковольтного (БПВ) устанавливают стрелку шкалы индикатора величины высокого напряжения в положение, соответствующее блеску наблюдаемой звезды.

При вступлении изображения звезды в биссектор - гид трубы - искателя дважды отсчитывают по вертикальному кругу, фиксируют в журнале отсчеты  $L'_H$ ,  $L''_H$  и среднее  $L_{HH} = \frac{1}{2}(L'_H + L''_H)$ . Вращением микрометричного винта алидады приводят изображение звезды в середину биссектора-гида. 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 микрометричного 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 8-2-01 отпечатки показаний ЭКХ в моменты прохождения изображения звезды через края прямоугольных элементов зеркальной решетки ОРБ, включают режим РЗ МПУ 8-2-01, вновь дважды отсчитывают по вертикальному кругу, фиксируют в журнале отсчеты  $L''_{11}$ ,  $L'''_{11}$  и средние  $L_{11K} = \frac{1}{2}(L''_{11} + L'''_{11})$ ,  $L_{11} = \frac{1}{2}(L_{111} + L_{11K})$ .

Действуя микрометрическими винтами, изменяют положение трубы по азимуту и высоте и устанавливают ее на зенитное расстояние второго экваториального 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 8-2-01.

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  $L'_{21}$ ,  $L''_{21}$  и после ее прохождения  $L'''_{21}$ ,  $L'''_{21}$ , а также получают на бумажной ленте МПУ 8-2-01 отпечатки показаний ЭКХ, зафиксированных при наблюдении прохождения. По отсчетам круга вычисляют средние:  $L_{21H} = \frac{1}{2}(L'_{21} + L''_{21})$ ,  $L_{21K} = \frac{1}{2}(L'''_{21} + L'''_{21})$ ,  $L_{21} = \frac{1}{2}(L_{21H} + L_{21K})$ .

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  $L_{iH}$ ,  $L_{iK}$ ,  $L_i$  ( $i=3,4,\dots,n$ ) 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 ( $w$ ) 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 прохождения звезд пары  $T_{i1}$ ,  $T_{i2}$  ( $i=1,2,3,\dots,m=10$ )

Делают необходимые выписки в журнал из астрономического ежегодника:  $S_0(\alpha)$ ,  $S_0(\alpha+1)$ ,  $A'_2$ ,  $B'_2$ ,  $A'_{2+1}$ ,  $B'_{2+1}$ ,  $D_{np1}$ ,  $D_{np1}$ ,  $P_1$ ,  $\alpha_{2np1}$ ,  $\Delta\alpha_1$ ,  $\delta_{2np1}$ ,  $\Delta\delta_1$ ,  $\alpha'_1$ ,  $\beta'_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ,  $\lambda_1$ ,  $\gamma_{kp2}$ ,  $P_2$ ,  $\alpha_{2np2}$ ,  $\Delta\alpha_2$ ,  $\delta_{2np2}$ ,  $\Delta\delta_2$ ,  $\alpha'_2$ ,  $\beta'_2$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_2$  (см. пп.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 микроЭВМ "Электроника ДЭ-3С" по программе, имеющей контрольную сумму кодов 41598. Методика изложена ниже. Первый раздел содержит списки исходных данных и результатов вычислений. Приведены обозначения и описания параметров, адресация размещения их в памяти микроЭВМ 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 СЭМ микроЭВМ

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

## Исходные данные

№ пп	Обозначение параметра	Размерность	Под десятичной ячейку	Описание параметра
1	2	3	4	5
1		число	0109	Число регистраций показаний ЭВМ при наблюдении первой и второй звезд пары
2	$T_{01}$	$h, m$	0202	Часы и минуты первого показания ЭВМ при наблюдении первой звезды
3	$T_{11}$	$s$	0301	
4	$T_{02}$	"	0302	
5	$T_{03}$	"	0203	
6	$T_{4i}$	"	0304	Секунды $i$ показания ЭВМ при наблюдении первой звезды
7	$T_{5i}$	"	0305	( $i = 1, 2 \dots 10$ )

1	2	3	4	5
8. $T_{6I}$	—"	0206		
9. $T_{7I}$	—"	0207		
10. $T_{8I}$	—"	0208		
11. $T_{9I}$	—"	0209		
12. $T_{10I}$	—"	0300		
13. $T_{02}$	$h, m$	0301	Часы и минуты первого показания ЭКХ при наблюдении второй звезды	
14. $T_{12}$	$S$	0302		
15. $T_{22}$	—"	0303		
16. $T_{32}$	—"	0304		
17. $T_{4I}$	—"	0305		
18. $T_{52}$	—"	0306		
19. $T_{62}$	—"	0307		
20. $T_{72}$	—"	0308	Секунды $i$ показания ЭКХ при наблюдении второй звезды, ( $i = 1, 2 \dots 10$ )	
21. $T_{82}$	—"	0309		
22. $T_{92}$	—"	0400		
23. $T_{102}$	—"	0401		

## Результаты вычисления

№ пп	Обозначение параметра	Размерность	Код десятичной ячейки или регистр	Описание параметра
1	2	3	4	5
1	$T_I$	$h, m, s$	РгV	После первого останова Показание ЭКХ в средний момент наблюдения первой звезды
2	$M_I$	$S^2$	РгX	Коэффициент для вычисления поправки за ускорение движения первой звезды пары по высоте

1	2	3	4	5
3	$T_2$	$h, m, S$	PtX	После второго останова Показания ЭХУ в средний момент наблюдений второй звезды
4	$M_2$	$S^2$	PtX	Коэффициент для вычисления поправки за ускорение движения второй звезды по высоте
5	$T_1$	$S$	0500	Секунды $i$ показания ЭХУ в средний момент прохождения
6	$T_2$	"	0501	изображения звезд пары
7	$T_3$	"	0502	через одноименную прорезь зеркальной решетки ОРЕ
8	$T_4$	"	0503	
9	$T_5$	"	0504	
10	$T_6$	"	0505	
11	$T_7$	"	0506	
12	$T_8$	"	0507	
13	$T_9$	"	0508	
14	$T_{10}$	"	0509	
15	$T$	"	0500	Секунды показания ЭХУ в сред- ний момент наблюдения двух звезд пары

#### 4.1.2. 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
Обозначение параметра	Размерность	Код десятичной ячейки	Описание параметра	
1	%	0,1,2	0200	Приближенное значение широты пункта
2	$\lambda_0$	$h, m, S$	0201	Приближенное значение долготы пункта
3	$S_0'$	"	0202	Гринвичское звездное время в С всемирного времени на всемир- ную дату наблюдений с учетом изменения нутации в течение суток

I		2	3	4	5
4	$\pi_I$	$h, m, s$	0303	Показание ЗЧТ в момент передачи радиосигнала, координированного времени первой радиостанцией	
5	$\Sigma = \Delta UT +$ $+ dUT + \Delta t, - \Delta T$	" -	0304	Суммарная поправка, приводящая показание ЗЧТ, зафиксированное в момент регистрации прохождения звезды, в систему времени, отличающуюся от системы $UT$ на величину, обусловленную ходом хронометра за период от момента приема радиосигналов времени до момента регистрации прохождения звезды	
6	$\omega$	$h/h$	0305	Часовой ход ЗЧТ	
7	$g$	" "	0306	Коэффициент вертикального гнутия труб астрономического универсала	
8	$\Delta'_D$	" -	0307	Табличные значения редуционных величин на $0^h$ земного динамического времени на всемирную дату наблюдений	
9	$\Delta'_D$	" -	0308		
10	$\Delta'_{D+1}$	" -	0309	Табличные значения редуционных величин на $0^h$ земного динамического времени на последующую дату	
11	$\Delta'_{D+1}$	" -	0310		
12	$n$	число	0311	Число алымукантаратов наблюдений	
13	$\rho$	" -	0312	Число	
14	$\tau = \Delta t$	" -	0313	Табличный интервал при интерполировании видимых мест звезд из $\Delta'_D$	
15	$\Delta$	" -	0314	Всемирная дата наблюдений	
16	$\Delta_{пр1}$	" -	0315	Табличная дата, предшествующая всемирной дате наблюдений первой звезды	
17	$\Delta_{кр1}$	" -	0316	Критическая дата для первой звезды	
18	$\Pi_I$	" -	0317	Признак: $\Pi = 0$ , если критическая дата содержится в интервале интерполирования; $\Pi = 1$ , если критическая дата не содержится в интервале интерполирования	
19	$\Delta_{пр1}$	$h, m, s$	0318	Табличное значение видимого прямого восхождения первой звезды на дату, предшествующую дате наблюдений	



I	!	2	!	3	!	4	!	5
20	$\Delta \alpha_1$	$S$		0309				Табличная разность видимого прямого восхождения первой звезды
21	$\delta_{\text{пр}1}$	$^{\circ}, ', ''$		0400				Табличное значение видимого склонения первой звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
22	$\Delta \delta_1$	$''$		0401				Табличная разность видимого склонения первой звезды
23	$\alpha'_1$	число		0402				
24	$\beta'_1$	"		0403				Редукционные постоянные для первой звезды
25	$\alpha_1$	"		0404				
26	$\beta_1$	"		0405				
27	$D_{\text{пр}2}$	"		0406				Табличная дата, предшествующая всемирной дате наблюдений второй звезды
28	$D_{\text{кр}2}$	"		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	$\alpha_{\text{пр}2}$	$h, m, s$		0409				Табличное значение видимого прямого восхождения второй звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
31	$\Delta \alpha_2$	$S$		0500				Табличная разность видимого прямого восхождения второй звезды
32	$\delta_{\text{пр}2}$	$^{\circ}, ', ''$		0501				Табличное значение видимого склонения второй звезды на дату, предшествующую дате наблюдений
33	$\Delta \delta_2$			0502				Табличная разность видимого склонения второй звезды
34	$\alpha'_2$	число		0503				Редукционные постоянные для второй звезды
35	$\beta'_2$	"		0504				
36	$\alpha_2$	"		0505				
37	$\beta_2$	"		0506				
38	$P$	мм.рт.ст.		0507				Давление воздуха
39	$t$	$^{\circ}\text{C}$		0508				Температура воздуха

Исходные данные - результаты многократных наблюдений  
звезд пары

№	Обозначение параметра	Размерность	Код десятичной ячейки	Описание параметра
1	2	3	4	5
40	T <sub>II</sub>	<i>h, m, S</i>	0600	Показания ГТУ в средние моменты наблюдений первой или второй звезд пары на соответственных высотах
41	T <sub>I2</sub>	"	0601	
42	T <sub>2I</sub>	"	0606	
43	T <sub>22</sub>	"	0607	
44	T <sub>3I</sub>	"	0702	
45	T <sub>32</sub>	"	0703	
46	T <sub>4I</sub>	"	0708	
47	T <sub>42</sub>	"	0709	
48	T <sub>5I</sub>	"	0804	
49	T <sub>52</sub>	"	0805	
50	T <sub>6I</sub>	"	0900	
51	T <sub>62</sub>	"	0901	
52	T <sub>7I</sub>	"	0906	
53	T <sub>72</sub>	"	0907	
54	T <sub>8I</sub>	"	1002	
55	T <sub>82</sub>	"	1003	
56	T <sub>9I</sub>	"	1008	
57	T <sub>92</sub>	"	1009	
58	T <sub>10I</sub>	"	1104	
59	T <sub>102</sub>	"	1105	
60	T <sub>11I</sub>	"	1200	
61	T <sub>112</sub>	"	1201	
62	T <sub>12I</sub>	"	1206	
63	T <sub>122</sub>	"	1207	
64	T <sub>13I</sub>	"	1302	
65	T <sub>132</sub>	"	1303	

I !		2 !	3 !	4 !	5
66	$M_{11}$		$S^2$	0602	Коэффициенты для вычисления поправок за ускорение движения первой или второй звезды парн по высоте
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	$M_{81}$		"	1004	
81	$M_{82}$		"	1005	
82	$M_{91}$		"	1100	
83	$M_{92}$		"	1101	
84	$M_{101}$		"	1106	
85	$M_{102}$		"	1107	
86	$M_{111}$		"	1202	
87	$M_{112}$		"	1203	
88	$M_{121}$		"	1208	
89	$M_{122}$		"	1209	
90	$M_{131}$		"	1304	
91	$M_{132}$		"	1305	

I	!	2	!	3	!	4	!	5
92	∠ II			0, ', "		0604		
93	∠ I2			"-		0605		
94	∠ 2I			"-		0700		
95	∠ 22			"-		070I		
96	∠ 3I			"-		0706		
97	∠ 32			"-		0707		
98	∠ 4I			"-		0802		
99	∠ 42			"-		0803		
I00	∠ 5I			"-		0808		Отсчеты по вертикальному кругу при наблюдении первой и второй звезд пары на соответственных высотах
I0I	∠ 52			"-		0809		
I02	∠ 6I			"-		0904		
I03	∠ 62			"-		0905		
I04	∠ 7I			"-		I000		
I05	∠ 72			"-		I00I		
I06	∠ 8I			"-		I006		
I07	∠ 82			"-		I007		
I08	∠ 9I			"-		II02I		
I09	∠ 92			"-		II03		
II0	∠ I0I			"-		II08		
II1	∠ I02			"-		II09		
II2	∠ III			"-		I204		
II3	∠ II2			"-		I205		
II4	∠ I2I			"-		I300		
II5	∠ I22			"-		I30I		
II7	∠ I3I			"-		I306		
II8	∠ I32			"-		I307		

Результаты вычисления

№ п/п	Обозначение параметра	Размерность	Под десятичной ячейки	Описание параметра
1	2	3	4	5
I	$C_1$	число	0501'	Коэффициенты уравнений поправок
I	$C_2$	"	0504'	
3	$C_3$	"	0507'	
4	$C_4$	"	0600'	
5	$C_5$	"	0603'	
6	$C_6$	"	0606'	
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	$C_{14}$	"	0900'	
15	$C_{15}$	"	0903'	
16	$e_1$	"	0502'	Свободные члены уравнений поправок
17	$e_2$	"	0505'	
18	$e_3$	"	0508'	
19	$e_4$	"	0601'	
20	$e_5$	"	0604'	
21	$e_6$	"	0607'	
22	$e_7$	"	0700'	
23	$e_8$	"	0703'	
24	$e_9$	"	0706'	

1	2	3	4	5
25	$e_{10}$		0700'	Свободные члены уравнений поправок
26	$e_{11}$	—"	0802'	
27	$e_{12}$	—"	0805'	
28	$e_{13}$	—"	0808'	
29	$e_{14}$	—"	0901'	
30	$e_{15}$	—"	0904'	

#### 4.1.3. Вычисление $U, P_u, m_u, \mu, \lambda'$

Исходные данные

№	Обозначение или параметра	Размер- ность	Код деся- тичной ячейки	Описание параметра
1	2	3	4	5
1	$n$	число	0407	Число альмукантаратов наблюдений пары
2	$\lambda_0$	$h, m, s$	0408	Приближенное значение долготы пункта
3	$\varphi_0$	$0, ', ''$	0409	Приближенное значение широты пункта
4	$c_1$	—"	0501	Коэффициенты уравнений поправок
5	$c_2$	—"	0504	
6	$c_3$	число	0507	
7	$c_4$	—"	0600	
8	$c_5$	—"	0603	
9	$c_6$	—"	0606	
10	$c_7$	—"	0609	
11	$c_8$	—"	0702	
12	$c_9$	—"	0705	
13	$c_{10}$	—"	0708	

1	2	3	4	5
14	$\sigma_{11}$	число	0801	
15	$\sigma_{12}$	"	0804	
16	$\sigma_{13}$	"	0807	
17	$\sigma_{14}$	"	0800	
18	$\sigma_{15}$	"	0803	
19	$e_1$	"	0500	
20	$e_2$	"	0505	
21	$e_3$	"	0500	
22	$e_4$	"	0607	
23	$e_5$	"	0604	
24	$e_6$	"	0607	Свободные члены уравнений погрешк
25	$e_7$	"	0700	
26	$e_8$	"	0700	
27	$e_9$	"		
28	$e_{10}$	"	0700	
29	$e_{11}$	"	0802	
30	$e_{12}$	"	0805	
31	$e_{13}$	"	0802	
32	$e_{14}$	"	0901	
33	$e_{15}$	"	0904	

# РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ

№ пп	Обозначение параметра	Единица	Регистр	Описание параметра
<u>После первого останова</u>				
1	$\gamma$	"	РГV	Составляющая условного уклонения отвесной линии в перевертикале - из многократного наблюдения одной пары звезд на соответственных высотах
2	$\text{Py}$	число	РГV	Дес значения $\gamma$
<u>После второго останова</u>				
3	$m_\gamma$	"	РГV	Средняя квадратическая погрешность значения $\gamma$
4	$\mu$	"	РГV	Средняя квадратическая погрешность единицы веса
<u>После третьего останова</u>				
5	$\lambda'$	$h, m, s$	РГV	Значение долготы пункта - из многократного наблюдения одной пары звезд на соответственных высотах

## 4.2. АЛГОРИТМ

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

1. Показания РГV в средние моменты наблюдений первой и второй звезд

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

2. Коэффициенты для вычисления поправок за ускорение движения звезд пары

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

3. Секунды  $\bar{T}_i$  показания РГV в средний момент прохождения изображения звезд пары через одноименную прорезь зеркальной решетки ОРБ

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

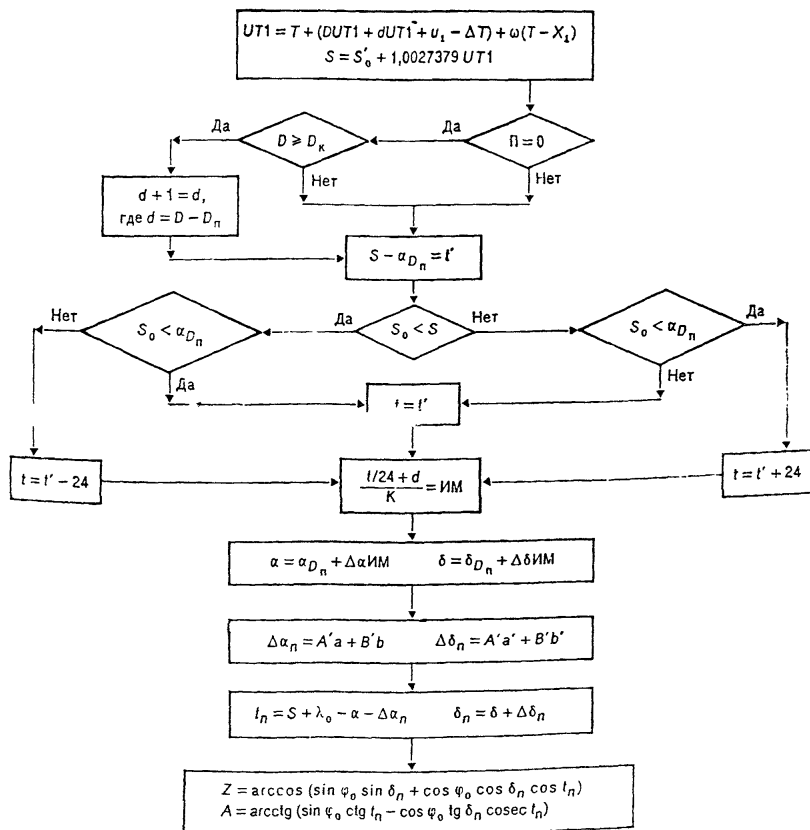
4. Секунды показания ЭКХ в средний момент наблюдения двух звезд пары

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



#### 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  $n \leq 13$  альмука-тиратах вычисляются в соответствии со следующей блок-схемой



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

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

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 гнутие 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:

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

где  $W_{i1,2} = \cos^2 \varphi_0 \cos A_{i1,2} (\operatorname{tg} \varphi_0 + \cos A_{i1,2} \operatorname{ctg} Z_{i1,2})$ .

6. Поправки  $\Delta \rho_i$  за рефракцию

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

где  $\rho_{oi1,2} = 58,2 \operatorname{tg} Z_{i1,2} - 0,0674 \operatorname{tg}^3 Z_{i1,2} + 0,000234 \operatorname{tg}^5 Z_{i1,2}$

7. Поправки  $\Delta A_i$  за суточную аберрацию

$$\Delta A_i = 0,32'' \cos \varphi_0 (\sin A_{i2} \cos Z_{i2} - \sin A_{i1} \cos Z_{i1}).$$

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  $y, p_y, m_y, \mu, n'$

1. 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. Вес  $\gamma_y$  значения  $y$

$$\gamma_y = [\gamma]$$

4. Средняя квадратическая погрешность  $\mu$  единицы веса

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

5. Средняя квадратическая погрешность значения  $\gamma$

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

6. Значение долготы  $\lambda'$  из многократного наблюдения двух звезд на соответствующих высотах

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

#### 4.3. Руководство оператора

В программе вычисления долготы (ПГ-4758С) предусмотрена возможность ввода исходных данных как прямой адресацией десятичных ячеек памяти, так и их косвенной адресацией. Более производительным является второй вариант, поэтому именно он изложен в качестве основного. Косвенная адресация осуществляется программно. Для этого при вводе каждой группы данных (по п.4.1) оператор должен сначала обратиться к подпрограмме ввода, набрав на клавиатуре прямого кодирования код, указанный ниже в тексте. При этом на индикацию в Рг<sup>II</sup> выводится номер десятичной ячейки, в которую необходимо занести первое число данной группы. Для ввода этого числа в память микроЭВМ оператор, пользуясь клавиатурой, должен набрать в Рг<sup>II</sup> число, которое в полевом журнале значится под номером, установленным в Рг<sup>IV</sup>, и нажать клавишу  $S$ . При этом число фиксируется в памяти, а в Рг<sup>II</sup> выводится номер следующей десятичной ячейки. Операцию по вводу следующего числа выполняют также, как это делалось при вводе предыдущего, и далее описанные действия 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 выводится на индикацию: в Рг<sup>II</sup> — номера десятичных ячеек, в Рг<sup>IV</sup> — хранящиеся в этих ячейках числа. Зафиксировать просматриваемое число в индицируемом регистре

на более длительный срок можно нажатием клавиши П. 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 С. Для исправления ошибок, в соответствующие десятичные ячейки исходные данные вводят повторно путем прямой адресации с помощью клавиши ЭП 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. Выходные $T_1, T_2, M_1, M_2, T_i$ ( $i=1,2,3...m$ ), T

1. В полевом журнале на листах (форма 40) должны быть зафиксированы результаты наблюдений: показания ЭП в моменты наблюдений первой и второй звезд пары и число регистрации этих показаний.

2. Установите кассету с записью программы на ЭП1.

3. Установите режим Р. Нажмите клавишу С.

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

5. Считайте программу с ЭП в СЭП, нажав клавишу СЛ. Если после отключения ЭП включен индикатор СМ или СЛ, нажмите клавишу С, считайте программу снова. Если чтение закончилось без включения индикаторов СМ или СЛ, нажмите клавишу ЭП.

6. Если годочитанная в ЭП 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 РЭП и РЭП должно индизироваться число 4000.

8. Нажмите клавишу С и снимите кассету с ЭП1.

9. Наберите код СЭП на клавиатуре прямого кодирования. В РЭП должно индизироваться число 10.

10. Введите из журнала (форма 40) исходные данные по п.4.1.1. После ввода последнего числа включается программа просмотра исходных данных. Совершив просмотр, нажмите клавишу С. 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 СЭП2. Скончив просмотр нажмите клавишу С.

12. Запустите вычисление по программе набором кода 0001.

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

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

в PгУ - номера десятичных ячеек,

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

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

15. Выполните действия по п.9-14  $n - 1$  раз, вводя из журнала (форма 43) исходные данные по п. I.I.I, относящиеся к наблюдениям звезд пары на других альмукантаратах, и выписывая результаты счета в журнал (форма 43, 45).

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

1. 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):  $T_{11} \dots T_{n1}$ ;  $T_{12} \dots T_{n2}$ ;  $M_{11} \dots M_{n1}$ ;  $M_{12} \dots M_{n2}$ ;  $L_{11} \dots L_{n1}$ ;  $L_{12} \dots L_{n2}$ , полученные в результате предварительной обработки наблюдений.

На листе (форма 44):  $A'_0, B'_0, A'_{0+1}, B'_{0+1}, D_{np1}, D_{kp1}, P_1, \Delta D_{np1}, \Delta A_1, \delta_{np1}, \Delta \delta_1, a'_1, b'_1, a_1, b_1, D_{np2}, D_{kp2}, P_2, \Delta D_{np2}, \Delta A_2, \delta_{np2}, \Delta \delta_2, a'_2, b'_2, a_2, b_2$ .  
На листе (форма 44)  $S'_0$ , вычисленное по формулам:

$$S'_0 = S_0(\omega) + \Delta\mu; \quad \Delta\mu = [(S_0(\omega+1) - S_0(\omega)) - 3^m 56,55536^s] \frac{UT1_{cp}^h}{24h},$$

в которых  $S_0(\omega)$ ,  $S_0(\omega+1)$  - гринвичское звездное время в  $\omega^h$  всемирного времени на дату наблюдений и на последующую дату, выраженные из  $UT1_{cp}^h = T_{cp}^h + \Sigma^h$ , где  $T_{cp}^h$  - средний момент многократных наблюдений звезд данной пары с точностью до  $\omega, 1^h$ .

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

$\Sigma$  - см. п. 4.1.2.

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

3. Наберите код 0003 на клавиатуре прямого кодирования. В  $P_{гУ}$  должно индцироваться 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 0003. Окончив просмотр нажмите клавишу С.

6. Наберите код 0004. В  $P_{гУ}$  должно индцироваться 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  $\Delta$  и набором кода 1000. При этом в автоматическом режиме выводится на индикацию: в  $P_{гУ}$  - номера десятичных ячеек.

в  $P_{гХ}$  - результаты вычисления по п.4.1.2, хранящиеся в этих десятичных ячейках.

10. Запишите результаты вычисления в журнал (форма 46). После окончания счета в  $P_{гУ}$  должно индцироваться значение  $\lambda_0$ , в  $P_{гХ}$  - число  $n$ . При необходимости повторного счета вновь нажмите клавишу  $\Delta$  и наберите код 1000.

#### 4.3.3. Вычисление $u, p_u, m_u, \mu, \lambda'$

1. В полевом журнале на листе (форма 46) должны быть зафиксированы исходные данные по п. 4.1.3:  $n, \lambda_0, \varphi_0, c_1 \dots c_n, e_1 \dots e_n$ .

2. Если микробЭИ 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  $\Delta$  и наберите код 1006. В  $P_{гУ}$  должно индцироваться число 47. После завершения ввода нажмите клавишу С.

3. Просмотр данных можно осуществить нажатием клавиши  $\Delta$  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 выпишите в журнал (форма 46) из  $P_T^U - U$ , из  $P_T^U - P_U$  и нажмите клавишу  $S$ . После второго останова выпишите в журнал (форма 46) из  $P_T^U - m_U$ , из  $P_T^U - \mu$  и нажмите клавишу  $S'$ . После третьего останова выпишите в журнал (форма 46) из  $P_T^U - \lambda'$ .

#### 4.4. Тест - пример



(ФОРМА 59)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОТЫ КОМПЛЕКСОМ АУ-ОІ 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-ОІ № 003ПТР "АСТРА" № 02099ЭКХ "АЛЬТАИР-М" № 032

НАБЛЮДАЛ \_\_\_\_\_ (ФИО)

МПУ8-2-ОІ № С005

\_\_\_\_\_ (ПОДПИСЬ)

МИКРОЗВМ "ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28" № 6919

ЗАПИСЫВАЛ \_\_\_\_\_ (ФИО)

ТЕРМОМЕТР права

\_\_\_\_\_ (ПОДПИСЬ)

БАРОМЕТР аккерманс

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

\_\_\_\_\_ (ПОДПИСЬ)

	Ч	М	Г	"			
ДАТА	1	2	1	1	8	8	X - 0,110
UT1 <sup>h</sup> <sub>ср</sub>	1	9	7	8	X	Y + 0,183	
БЮЛЛЕТЕНЬ		№				h m S	
	UT1 - UTC				X	X	- 0,046
	$\lambda'$				0	2	502 0,111
	$\Delta \lambda_{\text{мун}}$						- 0,004
	$\Delta \lambda_{\text{UT1}}$						+ 0,006
	$\lambda$				2	502	0,113

ВЫЧИСЛИЛ ВО ВТОРУЮ РУКУ \_\_\_\_\_ (ФИО)

\_\_\_\_\_ (ПОДПИСЬ)

ЖУРНАЛ ПРИНЯТ

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТ \_\_\_\_\_ (ФИО)

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

(ФОРМА 58)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМА РАДИОСИГНАЛОВ ВРЕМЕНИ

ЛЕНТА МПУ8-2-01

Дата, станция	12.11.88 PBM						Окраска	9, 21, 22, 25					
I прием	h	m	s				II прием	h	m	s			
UTC <sub>1</sub>	17	19	55	5	00	00	UTC <sub>2</sub>	21	14	54	00	00	00
X <sub>1</sub>	17	19	55	5	10	2	X <sub>2</sub>	21	14	54	10	2	2
τ <sub>p</sub>	×	×	×	×	×	0,006	τ <sub>p</sub>	×	×	×	×	×	0,006
τ <sub>n</sub>	×	×	×	×	×	0,000	τ <sub>n</sub>	×	×	×	×	×	0,000
X <sub>1</sub>	17	19	55	5	09	6	X <sub>2</sub>	21	14	54	09	6	6
U <sub>1</sub>	-	00	00	00	0	0,096	U <sub>2</sub>	-	00	00	00	0	0,096
dUT <sub>1</sub>	×	×	×	×	-	0,100	ω <sup>1/4</sup>	×	×	×	×	×	0,000
dUT <sub>1</sub>	×	×	×	×	+	0,060	$X_{1,2} = X'_{1,2} - \tau_p - \tau_n$ $U_{1,2} = UTC_{1,2} - X_{1,2}$ $\Sigma = (\Delta + d) + U_{1,2} -$						
Δ+d	×	×	×	×	-	0,040							
ΔT	×	×	×	×	×	0,262							
Σ	-	00	00	00	0	0,398							

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

А МПУ8-2-01 ФЭУ-1		ΔT <sub>c</sub>
		188
		175
		188
		174
		187
		175
		188
		174
		188
		174
ΔT	0,181	1
ΔT <sub>ФЭУ</sub>	0,182	0

ЛЕНТА МПУ8-2-01 ФЭУ-2		ΔT <sub>c</sub>
		214
		152
		214
		152
		214
		151
		215
		151
		214
		151
ΔT	0,182	8
ΔT = 1,443 · ΔT <sub>ФЭУ</sub>	0,262	

### И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е   О Б Щ Е Й   Ч А С Т И

КОНТРОЛЬ ВВЕДЕННЫХ ДАННЫХ 0003

ВЫЧИСЛЕНИЕ $S'_0$											
	$h$	$m$	$S$								
- $S_0(\omega+1)$	0	3	2	9	1	8	4	0	2	8	
$S_0(\omega)$	0	3	2	5	2	1	8	3	8	8	
- $S_0(\omega+1) - S_0(\omega)$					3	5	6	5	6	4	0
$M$					3	5	6	5	5	5	4
$(S_0(\omega+1) - S_0(\omega)) - M$					+	0	0	0	8	6	
UT 1 <sup>h</sup> / 24 <sup>h</sup>						0	8	2	4	2	
$\Delta M$					+	0	0	0	7	1	
$S_0(\omega)$	0	3	2	5	2	1	8	3	8	8	
$S'_0$	0	3	2	5	2	1	8	4	6		
	$h$	$m$	$S$								

ПАРА №										5 5 4		КОД	ПАРА №										5 5 8		КОД
I	№	1	4	9	m			1	8	№	5		5	8	m			3	1						
D	1	2								0304															
D <sub>np1</sub>		3								0305	D <sub>np2</sub>		3					0406							
D <sub>кр1</sub>	1	2								0306	D <sub>кр2</sub>		1					0407							
Π <sub>1</sub>	1	X								0307	Π <sub>2</sub>	1	X					0408							
		h		m		s							h		m		s								
d <sub>онр</sub>	0	5	2	5	3	6	5	9	1	0308	d <sub>онр2</sub>	2	2	4	2	2	9	2	6	5	0409				
Δd <sub>1</sub>	<del>X</del>				ЗН	+	0	2	7	9	0309	Δd <sub>2</sub>	<del>X</del>				ЗН	-	0	1	4	1	0500		
	ЗН	0		/		"						ЗН	0		/		"								
δD <sub>np1</sub>	+	2	8	3	5	6	4	0	2	0400	δD <sub>np2</sub>	+	3	0	0	9	5	8	6	2	0501				
Δδ <sub>1</sub>					ЗН	+	0	2	6	0401	Δδ <sub>2</sub>					ЗН	+	0	5	3	0502				
a <sub>1</sub>					+	0	1	5	0	0402	a <sub>1</sub> '					+	0	9	4	3	0503				
b <sub>1</sub> '					-	0	9	8	9	0403	b <sub>2</sub> '					+	0	3	3	2	0504				
a <sub>1</sub>					+	0	1	8	9	0404	a <sub>2</sub>					+	0	1	4	0	0505				
b <sub>1</sub>					+	0	0	0	5	0405	b <sub>2</sub>					+	0	0	3	7	0506				
											гг. рт. ст.														
П	Критическая дата в интерв. интер										P	6	0	0	0					0507					
O	Содержится											ЗН	°C												
I	Не содержится										t	-	0	5	0					0508					

( ФОРМА 43 )

$L_1$										
0		1		2		3		4		
	4	6	2	0	1	0	3	1	0	4
					1	0	3	1	0	6



( ФОРМА 46 )

ЗАПУСК ПРОГРАММЫ СЧЕТА ▷ I000

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАПИШИТЕ НИЖЕ

## И С Х О Д Н Ы Е   Д А Н Н Ы Е

ВВОД ДАННЫХ ▷ I006

КОНТРОЛЬ ВВЕДЕННЫХ ДАННЫХ ▷ I005

	Число					КОД	
n	1	2				0407'	
	h	m	s				
h <sub>0</sub>	0	2	5	0	2	0,100	0408'
	0	1	"				
φ <sub>0</sub>	4	3	4	6	4	8.30	0409'

		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'	-	0,5	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'
I0	+	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	"				→ PrY			
У	+	0	1	2	1				
	ЧИСЛО					→ PrX			
Р <sub>у</sub>	4	7	9	5	×				
ПОСЛЕ ВТОРОГО ОСТАНОВА									
	"				→ PrY				
m <sub>у</sub>	0	0	9	3					
М	0	6	4	6	→ PrX				
ПОСЛЕ ТРЕТЬЕГО ОСТАНОВА									
	h	m	s				→ PrY		
h'	0	2	5	0	2	0			

КОДЫ (') ОТНОСЯТСЯ К ВД-5024

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ЖУРНАЛА

[illegible]

ПОСЛЕ УСТРАНЕНИЯ ЗАМЕЧАНИЙ ЖУРНАЛ ПРИНЯТ  
ПРИЕМЩИК \_\_\_\_\_ ( ПОДПИСЬ, ДАТА )

## ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Руководство по астрономическим определениям. ГКИНП-01-153-81 Ч., "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.2-11.
4. Рабочие эфемериды пар Цингера. Труды ЦНИИГАиК, вып.90, 194, 196, 198.
5. Комплекс астрономического универсала АУ-01. Инструкция по эксплуатации АУ-01.00.000 ИЗ. ЦНИИГАиК, 1987, с.161.
6. Комплекс астрономического универсала АУ-01. Техническое описание АУ-01.00.00.000 ТО. ЦНИИГАиК, 1997, с.200.
7. Всемирное время и координаты полюса (окончательные данные). Бюллетень А ГКИВЭИ Госстандарта РФ.
8. Всемирное время и координаты полюса. Бюллетень Б ГКИВЭИ Госстандарта РФ.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	2
I. Основные положения .....	3
2. Подготовка к определению долготы комплексом астрономического универсала АУ-ОУ .....	7
2.1. Лабораторная подготовка приборов .....	7
2.2. Подготовка эфемерид .....	7
2.3. Подготовка на пункте наблюдений .....	8
3. Порядок работы на пункте при определении долготы из многократного фотозлектрического 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