

ОПИСАНИЕ АСТРОНАВИГАЦИОННОГО АЛЬМАНАХА

Астронавигационный альманах является руководством по решению задач морской астронавигации с использованием программируемых микрокалькуляторов «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-52, -54, -56, -61», совместимых по языку программирования и микро-ЭВМ.




Альманах содержит таблицы интерполяционных коэффициентов, обеспечивающие вычисление эфемерид светил на 1986—1990 гг., вспомогательные астронавигационные таблицы и программы для решения всех астронавигационных задач на ПМК. Координаты светил вычисляются с той же точностью (до $0,1'$), что и по Морскому астрономическому ежегоднику. Прямое восхождение Полярной звезды вычисляется с точностью до $2'$.

Основным аргументом для вычисления координат светил является всемирное время $T_{гр}$, правила определения которого для нескольких типовых вариантов изложены в § 1. Программы решения астронавигационных задач даны в той последовательности, в какой они применяются штурманом при определении места корабля или поправки курсоуказателя. Частные программы вычислений на отдельных этапах решения астронавигационной задачи объединяются в комплексные программы, охватывающие решение той или иной астронавигационной задачи полностью, что облегчает штурману пользование ими по мере необходимости. При составлении программ обращалось внимание на стандартизацию расположения исходных данных по регистрам памяти и адресов получаемых результатов вычислений.

В каждой программе указаны коды команд для контроля за правильностью ее ввода в ПМК и выделены этапы получения промежуточных и окончательных результатов, что при необходимости позволяет проверить корректность решаемой задачи. К каждой программе прилагается таблица ввода и прохождения информации с решением типового примера, являющаяся краткой инструкцией; типовой пример должен использоваться в качестве теста для проверки работы ПМК.

Программы ориентированы на символику ПМК «Электроника БЗ-34». Между обозначениями операций в тексте альманаха и на пультах различных ПМК существует следующее соответствие:

Альманах	БЗ-34	МК-54, -56, -61
ИП	ИП	П → x
П	П	x → П
→	→	↔
←	←	В ↑
↑	↑	→ ШГ
ШГ вправо	→ ШГ	← ШГ
ШГ влево	← ШГ	÷
:	÷	÷

Альманах	БЗ-34	МК-54, -56, -61
F 	F 	F 
F arcsin	F arcsin	F sin ⁻¹
F arccos	F arccos	F cos ⁻¹
F arctg	F arctg	F tg ⁻¹

Программы для МК-52, имеющего энергонезависимую память и значительно большую емкость программ, выделены в отдельный параграф (§ 5).

Применение ПМК позволяет заметно сократить затраты времени, главным образом, значительно повысить точность и надежность решения астронавигационных задач, что достигается при выполнении следующих условий: наличия контроля ввода программы по кодам команд, контроля работы ПМК по тестовой задаче, тщательной подготовки исходных данных и контрольного обзора правильности их ввода, соблюдения инструкции вычислений по данной программе. Никогда не следует пренебрегать выполнением контрольных операций: лучше потерять время, чем надежность результатов. Результаты решения должны быть сопоставлены с другой имеющейся навигационной информацией.

Дополнительно к стандартным условным обозначениям, применяемым в кораблевождении согласно ПШС № 27, в Астронавигационном альманахе введены следующие обозначения:

- Д — календарная гринвичская дата;
- Д_г — табличная гринвичская дата;
- T₀ — начальный момент представления данных в таблице;
- T_{пр} — заданный момент приведения навигационного параметра;
- T_м — местное среднее время (меридианное время);
- τ — интервал времени, выраженный в сутках и их десятичных долях;
- M^л — длительность календарного месяца в сутках;
- τ_{пр} — интервал времени между моментом приведения T_{пр} и моментом наблюдения T_{гп};
- τ_т — интервал времени представления величин в таблице;
- τ₀ — интервал времени между эпохой 1986,0 и заданной датой;
- τ_{от} — табличное значение интервала τ₀;
- τ_и — аргумент времени для расчета склонений и прямых восхождений звезд, выраженный в долях года;
- τ^л — всемирное время в долях суток;
- τ_г — интервал времени в долях года;
- τ^{*} — звездный угол (звездное дополнение τ^{*} = 360° - α); часовой угол кругового западного счета, отсчитанный от точки Овна;
- n₀ — количество периодов изменения часового угла, исключаемых в ходе вычислений t по полиному Чебышева. Если дробная часть частного $\frac{t}{360}$ менее 0,5, то n₀ равно целой части частного; в противном случае n₀ равно частному плюс единица. При -t величина 360·n₀ прибавляется, а при +t величина 360·n₀ вычитается.

§ 1. Определение всемирного времени

Основными аргументами для вычислений координат светил являются гринвичская календарная дата и всемирное время T_{гв} — среднее время на меридиане Гринвича, отсчитываемое от средней полуночи от 0 до 24 ч.

Гринвичская календарная дата и приближенное значение всемирного времени, служащее для контроля вычислений, рассчитываются

исходя из судового времени — принятой на корабле системы счета среднего времени для ведения навигационной прокладки и управления кораблем. Судовое время есть поясное время того часового пояса, по которому установлены часы на корабле. Счет календарных дат на корабле ведется применительно к судовому времени.

Точное значение всемирного времени измерения астронавигационного параметра получается путем исправления показания времени наблюдения по рабочим часам (или по индикатору корабельной электронной системы времени) поправкой часов (или поправкой системы времени). Поправка рабочих часов (системы времени) определяется по радиосигналам эталонного времени; в интервалах между приемами радиосигналов времени поправка рабочих часов определяется по сравнению с морским хронометром с учетом его суточного хода. Поправкой часов (хронометра) называется разность между эталонным всемирным временем и показанием времени по часам (хронометру) в один и тот же момент.

Ниже приводятся формулы приближенного (1.1) и точного (1.2) определения всемирного времени, а также формулы расчета поправки измерителя времени (1.3) и поправки измерителя времени по сравнению с хронометром (1.4):

$$T_{гр} = T_c \mp N_c \frac{E}{W}, \quad (1.1)$$

$$T_{гр} = T + u, \quad (1.2)$$

$$u = T_s - T, \quad (1.3)$$

$$u = u_0 + \omega (T - T_0) + с.л. \quad (1.4)$$

Правило расчета гринвичской календарной даты:

если в формуле (1.1) из меньшей величины надо вычесть большую, то к меньшему моменту времени надо добавить 24^ч и дату результата уменьшить на единицу;

если в формуле (1.1) при сложении результат получился более 24^ч, то надо отбросить 24^ч и дату увеличить на единицу;

в остальных случаях гринвичская дата и календарная дата на корабле одинаковы.

Пример 1.1. 5 апреля 1987 г. около $T_c = 21^{\text{ч}}40^{\text{м}}$ по летнему московскому времени ($N_c = 4 \text{ E}$) выполнены астронавигационные наблюдения. Найти всемирное время наблюдения звезды α Тельца, если показание рабочих часов было $T_{ч} = 21^{\text{ч}}42^{\text{м}}39^{\text{с}}$ и их поправка относительно всемирного времени $u = -4^{\text{м}}00^{\text{с}}03^{\text{с}}$.

Решение:

Календарная дата 5 апреля 1987 г.

Судовое время	$T_c = 21^{\text{ч}}40^{\text{м}}$
Принятый на корабле пояс	$N_c = -4 \text{ E}$
<hr/>	
Гринвичская дата 5 апреля 1987 г., $T_{гр}$ (приближенное)	$T_{гр} = 17^{\text{ч}}40^{\text{м}}$
Показание рабочих часов	$T_{ч} = 21^{\text{ч}}42^{\text{м}}39^{\text{с}}$
Поправка часов	$u_{ч} = -4 \text{ м } 00 \text{ с } 03$
<hr/>	
Всемирное время (точное)	$T_{гр} = 17^{\text{ч}}42^{\text{м}}36^{\text{с}}$

Контроль: приближенное и точное значение всемирного времени не должны отличаться на 12 ч.

Пример 1.2. 24 февраля 1988 г. в момент $T_c = 21^{\text{ч}}$ (часы установлены по $N_c = 9 \text{ E}$) были приняты радиосигналы времени и замечено показание хронометра $T_{хр} = 11^{\text{ч}}59^{\text{м}}16^{\text{с}}$. Суточный ход хронометра по предыдущим наблюдениям $\omega_{хр} = +1,5 \text{ с}$. 25 февраля около $T_c = 04^{\text{ч}}30^{\text{м}}$ наблюдали Солнце. Найти всемирное время наблюдения, если рабочие часы показали момент времени $T_{ч} = 4^{\text{ч}}33^{\text{м}}57^{\text{с}}$, а сличение показаний времени по часам и по хронометру дало величину $с.л. = T_{хр} - T_{ч} = -9^{\text{м}}02^{\text{с}}43,5^{\text{с}}$.

Решение:

Судовое время приема радиосигнала времени	$T_c = 21^h00^m00^s$
Принятый на корабле часовой пояс	$N_c = -9 E$
Эталонное всемирное время радиосигнала	$T_s = 12 00 00$
Замеченное показание хронометра	$T_{xp} = 11 59 16$
24 февраля $T_{гр} = 12^h$, поправка	$u_{xp} = +44^s$
Судовое время наблюдений 25 февраля	$T_c = 04^h30^m$
Принятый на корабле часовой пояс	$N_c = -9 E$
Гринвичская дата 24 февраля	$T_{гр} = 19^h30^m$
Интервал времени от момента приема радиосигнала до момента наблюдений:	

$$T - T_0 = 19^h30^m - 12^h = 7,5 \text{ ч или } \frac{7,5}{24} = 0,31 \text{ сут}$$

Изменение поправки хронометра $\omega_{xp} (T - T_0) = +1,5 \times 0,31 = +0,5^s$	$T_{ч} = 4^h33^m57^s$
Показание часов при наблюдениях	
Поправка часов по сравнению с хронометром	$u_{ч} = +44^s + 0,5^s - 9^h02^m43,5^s = -9^h01^m59^s$
Всемирное время наблюдений (точное)	$T_{гр} = 19^h31^m58^s$

Момент наблюдения светила может быть замечен по секундомеру, пущенному в ход при показании времени по хронометру T_{xp} . Если при наблюдении светила было зарегистрировано показание секундомера $\tau_{сек}$, то точное всемирное время наблюдения находят по формуле

$$T_{гр} = T_{xp} + \tau_{сек} + u_{xp} \tag{1.5}$$

Пример 1.3. 3 августа 1989 г. около $T_c = 19^h02^m$ ($N_c = 2 W$) пущен в ход секундомер при показании стрелок хронометра $9^h05^m00^s$. Поправка хронометра $u_{xp} = -3^s$. При наблюдении Юпитера зарегистрировано показание секундомера $\tau_{сек} = 7^m49^s$. Найти всемирное время наблюдения Юпитера.

Решение:

Календарная дата на корабле: 3 августа 1989 г.

Судовое время	$T_c = 19^h02^m$
Принятый на корабле часовой пояс	$N_c = +2 W$
Гринвичская дата 3 августа 1989 г., $T_{гр}$ (приближенное)	$T_{гр} = 21^h02^m$
Показание времени по хронометру T_{xp} в момент пуска секундомера $9^h05^m00^s + 12^h$	$T_{xp} = 21^h05^m00^s$
Поправка хронометра	$u_{xp} = -3^s$
Показание секундомера	$\tau_{сек} = 7^m49^s$
Всемирное время (точное)	$T_{гр} = 21^h12^m46^s$

Контроль: приближенное и точное значение всемирного времени не должны отличаться на 12 ч. При необходимости следует увеличить показание момента пуска секундомера по хронометру на 12 ч.

Пример 1.4. 1 сентября 1990 г. в момент $T_c = 20^h00^m$ по судовому времени ($N_c = 4 E$) приняты радиосигналы эталонного (всемирного координированного) времени. Показание корабельной электронной системы времени было $T_{св} = 16^h00^m01,7^s$; поправка всемирного координированного времени $\Delta T_{вк} = +0,34^s$.

В момент $T_{св} = 18^h34^m18,4^s$ наблюдали Луну. Найти всемирное время наблюдения.

Решение:

Календарная дата на корабле: 1 сентября 1990 г.

Судовое время	$T_c = 20^h00^m$
Принятый на корабле часовой пояс	$N_c = -4 E$
Гринвичская дата 1 сентября 1990 г., $T_{гр}$ (приближенное)	$T_{гр} = 16^h00^m$
Всемирное координированное время подачи сигнала	$T_{вк} = 16^h00^m00^s$
Поправка всемирного координированного времени	$\Delta T_{вк} = +0,34$
Всемирное время подачи радиосигнала времени	$T_{гр} = 16^h00^m00,3^s$
Показание системы времени при подаче сигнала	$T_{св} = 16 00 01,7$
Поправка системы времени	$u_{св} = -1,4^s$
Показание системы времени при наблюдениях	$T_{св} = 18^h34^m18,4^s$
Всемирное время наблюдений Луны (точное)	$T_{гр} = 18^h34^m17^s$

Примечание. Если используемый при наблюдениях индикатор системы времени был установлен по судовому времени, то его поправка будет включать номер принятого на корабле часового пояса. В данном примере имели бы $T_{св} = 22^{\circ}34'18,4''$ и $u_{св} = -4^{\circ}00'01,4''$.

§ 2. Вычисление эфемерид

Координаты светил, представляемые функцией $f(x)$ некоторого нормализованного аргумента времени x , могут быть даны в виде суммы полиномов Чебышева первого рода $T_i(x)$ и записаны

$$\left. \begin{aligned} f(x) &= \sum_{i=0}^n a_i T_i(x); \\ f(x) &= \sum_{i=0}^n d_i T_i(x). \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

Нормализованный аргумент времени x определяется по формуле

$$x = -1 + \frac{2(T - T_0)}{\tau_T}; \quad -1 < x < 1, \quad (2.2)$$

где T — заданный момент наблюдения светила;

T_0 — момент начала представления коэффициентов полинома в таблице;

τ_T — интервал времени представления величин в таблице.

Символом a_i обозначаются коэффициенты полиномов Чебышева, предназначенные для вычисления гринвичских часовых углов; символом d_i обозначаются коэффициенты полиномов Чебышева, предназначенные для вычисления склонений светил.

Полиномы Чебышева определяются по формуле

$$T_i(x) = \cos(i \arccos x). \quad (2.3)$$

Обозначив вспомогательный угол $\arccos x = \theta$, можно записать:

$$T_0(x) = \cos 0 = 1,$$

$$T_1(x) = \cos \theta = x,$$

$$T_2(x) = \cos 2\theta = 2\cos^2 \theta - 1 = 2x^2 - 1,$$

$$T_3(x) = \cos 3\theta = 4\cos^3 \theta - 3\cos \theta = 4x^3 - 3x$$

и т. д.

В силу известного соотношения между тремя полиномами Чебышева последовательных порядков $i-1$, i , $i+1$ величины $T_i(x)$ можно вычислять следующим путем:

$$T_{i+1}(x) = 2xT_i(x) - T_{i-1}(x) \quad (2.4)$$

или

$$T_0(x) = 1,$$

$$T_1(x) = x,$$

$$T_2(x) = 2xT_1(x) - T_0(x),$$

$$T_3(x) = 2xT_2(x) - T_1(x),$$

$$T_4(x) = 2xT_3(x) - T_2(x),$$

$$T_5(x) = 2xT_4(x) - T_3(x) \text{ и т. д.}$$

Перемножая соответствующие значения табличных коэффициентов и полиномов Чебышева и суммируя эти результаты, по формулам (2.1) получаем искомые гринвичские часовые углы и склонения светил.

Величины a_i и d_i даны в табл. 1 и 2.

Прямые восхождения и склонения звезд вычисляются на заданную гринвичскую дату наблюдений по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= A_0 + A_1 \tau_n + A_2 \sin(A_3 + 360\tau_n); \\ \delta &= D_0 + D_1 \tau_n + D_2 \sin(D_3 + 360\tau_n). \end{aligned} \right\} \quad (2.5)$$

Величины A_i и D_i даны в табл. 3. Аргумент времени τ_n , выраженный в долях тропического года, находится по формуле

$$\tau_n = \frac{\tau_0}{365,2422}, \quad (2.6)$$

где τ_0 — интервал между эпохой альманаха 1986,0 г. и заданной датой, определяемый согласно календарной дате по табл. 4.

Табл. 1 предназначена для вычислений гринвичского часового угла точки Овна, гринвичских часовых углов и склонений Солнца, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Интервал представления табличных величин τ_T здесь равен 32 сут, его начало T_0 для каждой группы коэффициентов соответствует 0^ч даты, указанной в начале, а конец — 24^ч даты, указанной в конце. Для проверки правильности ввода коэффициентов в ПМК и правильности работы программы при вычислениях в таблице даны на 0^ч первого числа каждого месяца контрольные значения $t_{гр}^Y$, $t_{гр}$ и δ Солнца и планет, а также прямые восхождения планет и Солнца (эти величины выделены курсивом).

Кроме того, в табл. 1 на 15 число каждого месяца даны прямые восхождения α , горизонтальные экваториальные параллаксы Венеры и Марса (приведены в скобках строки α и обозначены ρ_0); для Юпитера и Сатурна при указанной точности параллаксы равны нулю. Рядом с названием планеты (в скобках) указана ее звездная величина на 15 февраля, 15 мая, 15 августа и 15 ноября.

Табл. 2 предназначена для вычислений гринвичских часовых углов и склонений Луны. Интервал представления табличных величин здесь равен 5 сут, а контрольные значения $t_{гр}^D$ и δ^D даны на 0^ч той даты, которая указана в начале интервала (они выделены курсивом).

Кроме того, в табл. 2 на 0^ч каждой гринвичской даты приведены значения видимого полудиаметра Луны R и ее горизонтального экваториального параллакса ρ_0 с точностью до 0,1'; на этот же момент дано прямое восхождение Луны с округлением до 1'.

Табл. 3 предназначена для вычислений прямых восхождений и склонений 159 звезд, которые помещены в Морском астрономическом ежегоднике, и Полярной звезды. Кроме необходимых при этом коэффициентов A_i и D_i , в таблице даны номера звезд по МАЕ, их видимые звездные величины m и средние значения α и δ звезд в интервале 1986—1990 гг. с точностью до 0,1°. Расчеты по формулам (2.5) дают α и δ звезд с точностью до 0,1', кроме прямого восхождения Полярной звезды (точность его вычисления не более 2').

Координаты видимых мест основных навигационных звезд дополнительно даны в табл. 21. В табл. 20 приведены сведения об условиях видимости планет; они могут быть использованы при опознании наблюдавшейся планеты.

Табл. 4 предназначена для вычисления интервала времени от эпохи составления альманаха 1986,0 г. до 0^ч даты наблюдений по всемирному времени. Для указанных в таблице календарных дат непосредственно даются упомянутые интервалы времени $\tau_{от}$.

Для других гринвичских дат интервал времени τ_0 может быть получен:

с 1 по 10 число месяца — суммированием начального табличного интервала $\tau_{от}$, взятого на ближайшую меньшую календарную дату, и заданной гринвичской даты;

в другие даты месяца — суммированием начального табличного $\tau_{от}$, взятого на ближайшую меньшую календарную дату, и интервала между заданной датой D и D_T , равного $D - D_T$.

Примеры.

1. 1987 г. 1 января: Входом на 1 января непосредственно для D , получаем $\tau_0 = 365$.

2. 1987 г. 5 апреля: Входом на ближайшую меньшую дату получаем

$$\begin{array}{r} D_T \dots \dots \dots 31 \text{ марта} \dots \dots \dots \tau_{от} = 454 \\ D \dots \dots \dots 5 \text{ апреля} \dots \dots \dots \quad + 5 \\ \hline \tau_0 = 459 \end{array}$$

3. 1990 г. 19 августа: Входом на ближайшую меньшую дату получаем

$$\begin{array}{r} D_T \dots \dots \dots 10 \text{ августа} \dots \dots \dots \tau_{от} = 1682 \\ D \dots \dots \dots 19 \text{ августа} \dots \dots \dots D - D_T = + 9 \\ \hline \tau_0 = 1691 \end{array}$$

В некоторых случаях для удобства программирования можно вести расчет τ_0 от последней даты предыдущего месяца, добавляя к $\tau_{от}$ заданную календарную дату:

$$\begin{array}{r} 1990 \text{ г. } 19 \text{ августа: на } 31 \text{ июля имеем } \tau_{от} = 1672 \\ \text{заданная дата } D = + 19 \\ \hline \tau_0 = 1691 \end{array}$$

Гринвичский часовой угол точки Овна может быть также вычислен по формуле

$$t_{гр}^Y = 100,3505 + 360,0013\tau_T + 360\tau^A, \quad (2.7)$$

где τ^A — всемирное время наблюдений $T_{гр}$, выраженное в долях суток;

$\tau_T = \frac{\tau_0 + \tau^A}{365,2422}$ — интервал времени, выраженный в долях года;

τ_0 — число суток, прошедшее от 0^ч 1 января 1986 г. до 0^ч даты наблюдений, найденное по табл. 4.

Если необходимо найти местный часовой угол точки Овна и местный часовой угол светила, то применяется формула

$$t_m = t_{гр} \pm \lambda_W^E, \quad (2.8)$$

где восточная долгота прибавляется, а западная вычитается.

Часовые углы и склонения Солнца, планет и Луны вычисляются на ПМК в следующем общем порядке:

1. Вычисляют гринвичскую дату D и всемирное время наблюдений $T_{гр}$ согласно изложенному в § 1 (см. примеры 1.1—1.4).

2. Вводят в ПМК программу вычислений согласно табл. 2.1.

3. По гринвичской дате находят в табл. 1 или 2 соответствующий интервал времени, выбирают коэффициенты a_i (или d_i — при вычислении склонения) и вводят их в регистры памяти, руководствуясь табл. 2.2.

4. По адресу П 5 вводят степень полинома, равную 5.

5. Выражают момент наблюдений в сутках и их долях, руководствуясь формулой

$$[(T^c : 60 + T^m) : 60 + T^s] : 24 + D = \tau.$$

Для выполнения этой операции на ПМК типа БЗ-34 рекомендуется пользоваться стековой памятью:

ЧЧ ↑ ММ ↑ СС ↑ 60 : + 60 : + 24 : D + Итог засылается в регистр П 8.

Для Луны вместо τ учитывают интервал времени $T - T_0$, где T_0 — начальная дата интервала представления табличных величин. Если в интервале представления наименование месяца изменяется (моменты T

и T_0 в формуле 2.2 приходится на разные месяцы), то при расчете интервала приведения $T - T_0$ необходимо прибавить количество дней, равное продолжительности того месяца M^a , на который приходится момент T_0 .

После пуска ПМК на счет клавишами В/О С/П нормализованный аргумент времени x вычисляется автоматически в соответствии с формулами:

$$\text{для точки Овна, Солнца, планет } x = -1 + \frac{2\tau}{32}; \quad (2.9)$$

$$\text{для Луны } x = -1 + \frac{2(T - T_0)}{5} \quad (2.10)$$

или

$$x = -1 + \frac{2(T + M^a - T_0)}{5}. \quad (2.11)$$

После останова счета на световом табло ПМК виден гринвичский часовой угол (склонение) светила.

Для вычисления местного часового угла с использованием стековой памяти выполнить на пульте ПМК следующее:

долгота восточная \uparrow ГГ \uparrow ММ \uparrow 60 : + +
долгота западная \uparrow ГГ \uparrow ММ \uparrow 60 : + / - / +

Здесь обозначены: ГГ — градусы долготы, ММ — минуты долготы и их десятичные доли.

Из полученного значения часового угла следует исключить (при отрицательном его значении прибавить) периоды изменения, равные 360° , и представить итог в виде $0 < t_m < 360^\circ$ — как часовой угол кругового западного счета.

При расчетах склонения его положительная величина соответствует северному склонению, отрицательная величина — южному.

Для ускорения операции приведения часового угла к величине $0 < t_m < 360^\circ$ можно воспользоваться таблицей:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$360 \cdot n_0$	360	720	1080	1440	1800	2160	2520	2880	3240	3600	3960	4320	4680	5040	5400	5760

Задача 1. Вычисление часового угла и склонения Солнца или планеты

Пример 2.1. Вычислить гринвичский часовой угол Солнца и его склонение в момент всемирного времени $T_{гр} = 19^h 31^m 58^s$ 24 февраля 1988 г. (см. пример 1.2).

Решение:

1. Включить ПМК, установить режим Г (градусы).
2. Ввести программу из табл. 2.1 и проверить ее ввод по кодам команд:

В/О F ПРГ ШГ вправо F АВТ.

3. Руководствуясь табл. 2.2, для вычисления часового угла ввести по адресам П 0 — П 5 коэффициенты $a_0 - a_5$, выбранные из табл. 1 на 1988 г. в диапазоне 31 января — 2 марта.

Примечание. При вводе коэффициентов знак «минус» вводится клавишей /- / после ввода численного значения. Для проверки правильности ввода коэффициентов рекомендуется по адресу П 8 ввести интервал времени $\tau = 1^a$ и вычислить контрольное значение $t_{гр}^{\odot} = -5223,3624^\circ = 176,6376^\circ$, после чего ввести заданное $\tau = 24,813866$ и найти искомое.

4. Ввести указанные в табл. 2.2 константы по адресам П 6 и П 7.
5. Ввести интервал времени τ по адресу П 8:

19 \uparrow 31 \uparrow 58 \uparrow 60 : + 60 : + { 24 : 24 + П 8.

6. Пусть ПМК на счет клавишами В/О С/П.

7. После останова счета на световом табло имеем: $t_{гр}^{\odot} = 3349,6663^{\circ}$.
После исключения периодов изменения часового угла имеем:

$$t_{гр}^{\odot} = 3349,6663 - 3240 = 109,6663^{\circ} \text{ W или } t_{гр}^{\odot} = 109^{\circ}40,0' \text{ W.}$$

Полученный $t_{гр}$, или при необходимости t_m , можно записать в память ПМК по адресу П 9.
Для вычисления склонения достаточно ввести из табл. 1 коэффициенты $d_0 - d_5$ и пустить машину на счет клавишами В/О С/П. После останова счета на регистре x виден результат:

$$\delta^{\odot} = -9,527721^{\circ} \text{ или } \delta^{\odot} = 9^{\circ}31,7' \text{ S,}$$

который можно записать по адресу П Д.

Для проверки правильности ввода коэффициентов d_i можно вычислить контрольное значение $\delta^{\odot} = -17,3807$ для аргумента $\tau = 1^a$.

Пример 2.2. Вычислить гринвичский часовой угол и склонение Юпитера в момент всемирного времени $T_{гр} = 21^h 12^m 46^s$ 3 августа 1989 г. (см. пример 1.3).
Решение выполняется по инструкции, изложенной в примере 2.1.
Интервал времени получается равным $\tau = 3,8838658$.
Гринвичский часовой угол и склонение находятся по коэффициентам:

a	d
231,0753	23,0693
5772,5777	-0,0497
0,1018	-0,0143
0,0047	0,0012
0,0002	0,0000
0,0001	0,0000

При интервале времени $\tau = 1^a$ получаются контрольные значения:

$$t_{гр}^{\text{J}} = -5180,6413 + 5400 = 219,3587^{\circ},$$

$$\delta^{\text{J}} = 23,104477^{\circ}.$$

При заданном моменте $T_{гр}$ окончательно имеем:

$$t_{гр}^{\text{J}} = -4140,2401 + 4320 = 179,7599^{\circ} = 179^{\circ}45,6' \text{ W,}$$

$$\delta^{\text{J}} = 23,105478^{\circ} = 23^{\circ}06,3' \text{ N.}$$

Таблица 2.1

Программа вычисления часовых углов и склонений Солнца, планет и Луны
на ПМК типа БЗ-34

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Выполняемая операция, итог
00	ИП 8	68	Ввод интервала времени $T - T_0$ или τ
01	ИП 7	67	Ввод интервала представления
02	:	13	Деление
03	2	02	Ввод числа 2
04	×	12	Умножение
05	1	01	Ввод числа 1
06	—	11	Вычитание
07	F arccos	1—	Вычисление угла θ
08	П Д	4Г	Запоминание угла θ
09	ИП 6	66	Ввод степени полинома 5
10	П С	4С	Запоминание числа 5
11	ИП 0	60	Ввод коэффициента a или d

Шаг	Команда	Код	Выполняемая операция, итог
12	0	00	Ввод числа 0
13	F \bigcirc	25	Операция на стеке
14	ИП Д	6Г	Вызов угла
15	ИП С	6С	Вызов числа 5
16	\times	12	Умножение
17	F cos	1Г	Вычисление cos 50 и т. п.
18	К ИП С	ГС	Косвенный переход
19	\times	12	Умножение
20	+	10	Суммирование
21	ИП С	6С	Вызов числа 5
22	1	01	Ввод числа 1
23	—	11	Вычитание
24	П С	4С	Запоминание числа
25	F x = 0	5Е	Условный переход
26	13	13	Адрес перехода
27	F \bigcirc	25	Операция на стеке
28	С/П	50	Останов счета, итог — на табло
	F АВТ		

Таблица 2.2

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении часовых углов и склонений Солнца, планет и Луны на ПМК типа БЗ-34

Адрес ввода П	Аргументы, константы				Прохождение информации (к примеру 2.1)	
	Солнце, планеты		Луна		$t_{гр}^{\odot}$	δ^{\odot}
0	a_0	d_0	a_0	d_0	176,6489	-12,4575
1	a_1	d_1	a_1	d_1	5760,1684	5,4382
2	a_2	d_2	a_2	d_2	0,1890	0,2183
3	a_3	d_3	a_3	d_3	-0,0070	-0,0201
4	a_4	d_4	a_4	d_4	-0,0007	-0,0001
5	a_5	d_5	a_5	d_5	-0,0002	0,0001
6	5		5		5	5
7	32		5		32	32
8	τ		$T - T_0$		24,813866	24,813866
9						
А						
В						
С						
Д						
Регистр х					3349,6663	-9,527721

Правило знаков: часовой угол — западный гринвичский в круговом счете положительный;
склонение — северное положительное, южное отрицательное.

Пример 2.3. Вычислить гринвичский часовой угол и склонение Луны в момент всемирного времени $T_{гр} = 18^{\circ}34'17''$ 1 сентября 1990 г. (см. пример 1.4).
 Руководствуясь инструкцией, изложенной в примере 2.1 и табл. 2.2, в диапазоне дат сам П 0 — П 5; по адресу П 6 вводят коэффициенты $a_0 - a_5$ и вводят их по адресу интервал представления 5.

Для контроля ввода коэффициентов вводят $t=0$ по адресу П 8 и после счета имеют $t_{гр}^{\text{Д}} = 86,0981^{\circ}$ (после добавления 720°).
 После ввода согласно формуле (2.11) интервала времени $T - T_0$

$$18 \uparrow 34 \uparrow 17 \uparrow 60 : + 60 : + 24 : 1 + 31 + 29 - \text{П } 8$$

и окончания счета на регистре x имеют:

$$t_{гр}^{\text{Д}} = 678,13578 - 360 = 318,13578^{\circ} = 318^{\circ}08,1' \text{ W.}$$

Затем выбирают из табл. 2 коэффициенты $d_0 - d_5$ и вводят их по адресам П 0 — П 5. Для контроля ввода коэффициентов по адресу П 8 вводят интервал времени $t=0$ и после счета имеют $\delta^{\text{Д}} = -26,5472^{\circ}$.

После ввода заданного интервала времени $T - T_0 = 3,773808$ и окончания счета на регистре x имеют $\delta^{\text{Д}} = -21,134857^{\circ} = 21^{\circ}08,1' \text{ S.}$

Задача 3. Вычисление часового угла точки Овна (звездного времени)

Задачу можно решить либо с помощью табл. 1, руководствуясь инструкцией решения задачи 1, либо по формуле (2.7).

Пример 2.4. Вычислить гринвичский часовой угол точки Овна в момент всемирного времени $T_{гр} = 17^{\circ}42'36''$ 5 апреля 1987 г. (см. пример 1.1).

Решение: Из табл. 1 в диапазоне дат 31 марта — 1 мая 1987 г. выбираем коэффициенты $a_0 - a_5$ и вводим их по адресам П 0 — П 5 согласно табл. 2.2:

П 0	203,6058	Вводим константы
П 1	5775,7703	5 в П 6
П 2 — П 5	0,0000	32 в П 7

Вычисляем интервал времени $t=5,7379167$ и вводим его в П 8.

Пускаем ПМК на счет клавишами В/О С/П. После останова счета имеем:

$$t_{гр}^{\text{Г}} = -3500,8587 + 3600 = 99,1413^{\circ} = 99^{\circ}08,5' \text{ W.}$$

При непосредственном вычислении гринвичского часового угла точки Овна по формуле (2.7) необходимо:

1. Включить ПМК, установить режим Г.
2. Ввести программу из табл. 2.3 и проверить ее ввод по кодам команд.
3. Руководствуясь табл. 2.4, ввести константы по указанным адресам:

П 0	100,3505
П 1	360,0013
П 3	365,2422
П 4	360

4. Ввести аргументы:

из табл. 4 по заданному году и ближайшей меньшей дате D_t — по адресу П 5;
 гринвичскую дату D или $D - D_t$ — по адресу П 6;
 всемирное время, выраженное в долях суток

$$\text{чч} \uparrow \text{ММ} \uparrow \text{СС} \uparrow 60 : + 60 : + 24 : \text{ по адресу П } 7.$$

5. Пусть ПМК на счет клавишами В/О С/П.

6. После останова счета на табло имеем $t_{гр}^{\text{Г}}$; периоды изменения часового угла, равные $360 \cdot n_0$, исключаются оператором по мере необходимости. При необходимости получить местный часовой угол точки Овна используется формула (2.8). Итог можно занести по адресу П 9.

Пример 2.5. Вычислить гринвичский часовой угол точки Овна по условию примера 2.4 согласно формуле (2.7).

Решение: См. табл. 2.4. Получив на табло $t_{гр}^{\gamma} = 819,14159^{\circ}$, исключили $2 \times 360^{\circ}$; в итоге $t_{гр}^{\gamma} = 99,14159^{\circ} = 99^{\circ}08,5'$.

Задача 4. Вычисление прямого восхождения, склонения и часового угла звезды

Прямое восхождение и склонение звезды вычисляется по табл. 3 согласно формулам (2.5) и (2.6). Для вычисления часового угла звезды вначале находят часовой угол точки Овна и затем применяют формулу

$$t_{гр}^{\alpha} = t_{гр}^{\gamma} - \alpha + 360^{\circ}. \quad (2.12)$$

Пример 2.6. Вычислить прямое восхождение и склонение звезды α Тельца (Альдебаран) на 5 апреля 1987 г. (условие примера 2.4).

Решение:

1. Включить ПМК, установить режим Г.
2. Ввести программу из табл. 2.5 и проверить ее ввод по кодам команд.
3. Руководствуясь табл. 2.6, для вычисления прямого восхождения из табл. 3 выбрать коэффициенты $A_0 - A_3$ и ввести их соответственно по адресам П А — П Д; ввести константы по адресам П З и П 4.
4. С помощью табл. 4 найти интервал времени от эпохи составления табл. 3 до заданной гринвичской даты $t_0 = 454 + 5 = 459^a$ и набрать его на табло ПМК.
5. Пустить ПМК на счет клавишами В/О С/П. После останова счета на табло имеем $\alpha = 68,795317^{\circ} = 68^{\circ}47,7'$.
6. Для вычисления склонения из табл. 3 выбрать коэффициенты $D_0 - D_3$ и ввести их соответственно по адресам П А — П Д.
7. На табло набрать интервал времени, полученный с помощью табл. 4 и равный в нашем примере 459; пустить ПМК на счет.
8. После останова счета на табло имеем: $\delta = 16,4855^{\circ} = 16^{\circ}29,1' N$.

Таблица 2.3

Программа вычисления гринвичского часового угла точки Овна от эпохи 0ⁿ
1 января 1986 г. на ПМК типа БЗ-34

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Выполняемая операция, итог
00	ИП 5	65	Ввод табличного интервала времени
01	ИП 6	66	Ввод гринвичской даты Д или Д — Д _т
02	+	10	Суммирование
03	ИП 7	67	Ввод всемирного времени τ^a
04	+	10	Суммирование
05	ИП 3	63	Длительность тропического года
06	:	13	Деление
07	ИП 1	61	Ввод константы
08	×	12	Умножение
09	ИП 0	60	Ввод константы
10	+	10	Суммирование
11	ИП 4	64	Ввод константы
12	ИП 7	67	Ввод всемирного времени τ^a
13	×	12	Умножение
14	+	10	Суммирование
15	С/П	50	Итог: $t_{гр}^{\gamma}$
	F АВТ		

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении гринвичского часового угла точки Овна от эпохи 0° 1 января 1986 г. на ПМК типа БЗ-34

Таблица 24

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (к примеру 2.5)
0	100,3505	
1	360,0013	100,3505
2	0	360,0013
3	365,2422	
4	360	365,2422
5	Из табл. 4	360
6	Гринвичская дата Д или Д - Д _г	454
7	T _{гр} (в сутках)	5
8		0,7379167
9		
А		
В		
С		
Д		
	Итого: $t_{гр}^{\gamma}$	819,14159°

Таблица 25

Программа вычисления прямого восхождения и склонения звезды на ПМК типа БЗ-34
В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Выполняемая операция, итог
00	↑	0E	Ввод интервала времени из табло
01	ИП 3	63	Ввод константы
02	:	13	Деление
03	П 8	48	Интервал времени в долях года
04	ИП 4	64	Ввод константы
05	×	12	Умножение
06	ИП Д	6Г	Ввод коэффициента A ₃ или D ₃
07	+	10	Суммирование
08	F sin	1C	sin (A ₃ + 360 τ _н)
09	ИП С	6C	Ввод коэффициента A ₂ или D ₂
10	×	12	Умножение
11	ИП В	6L	Ввод коэффициента A ₁ или D ₁
12	ИП 8	68	Ввод интервала времени
13	×	12	Умножение
14	+	10	Суммирование
15	ИП А	6—	Ввод коэффициента A ₀ или D ₀
16	+	10	Суммирование
17	С/П	50	Останов счета. Итог на табло: α или δ
	F АВТ		



599456

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении часового угла, прямого восхождения и склонения звезды на ПМК типа БЗ-34

Адрес ввода П	Аргументы, константы			Прохождение информации (к примерам 2.4, 2.6, 2.7)		
	Точка Овна	α	δ	Точка Овна	α	δ
0	a_0			203,6058		
1	a_1			5775,7703		
2	a_2			0,0000		
3	0	365,2422		0	365,2422	
4	0	360		0	360	
5	a_5			0,0000		
6	5			5		
7	32			32		
8	τ			5,7379167		
9	$t_{гр}^{\gamma}$ [или $t_{гр}^{\times}$ по формуле (2.12)]			99,1413 [30,346]		
A		A_0	D_0		68,7760	16,4839
B		A_1	D_1		0,0159	0,0020
C		A_2	D_2		0,0053	0,0010
D		A_3	D_3		94,7959	153,0599
Регистр x		Итого:		$t_{гр}^{\gamma} = -3500,8587$	68,7953	16,4855

Примечание. На табло набирается $\tau_0 = 459$ (см. табл. 4).

Пример 2.7. Вычислить гринвичский часовой угол и склонение звезды α Тельца (Альдебаран) в момент $T_{гр} = 17^{\text{h}}42^{\text{m}}36^{\text{s}}$ 5 апреля 1987 г. (условия примеров 1.1, 2.4, 2.6).

Решение:

1. Включить ПМК, установить режим Г.
2. Ввести программу из табл. 2.7 и проверить ее ввод по кодам команд.
3. Руководствуясь колонкой «Точка Овна» из табл. 2.6, ввести из табл. 1 коэффициенты $a_0 - a_5$ и константы по адресам П 0 — П 7.
4. Вычислить интервал времени $\tau = 5,7379167^{\text{д}}$ и ввести его по адресу П 8.
5. Клавишами В/О С/П пустить ПМК на счет.
6. После останова счета:
 - а) если необходим гринвичский часовой угол звезды, то, оперируя на пульте, исключить периоды изменения часового угла $360 \cdot n_0$ по мере необходимости. Результат $0 < t_{гр}^{\gamma} < 360$ кругового западного счета ввести по адресу П 9;
 - б) если необходимо найти местный часовой угол точки Овна $t_{м}^{\gamma}$ (например, для установки звездного глобуса с целью опознания наблюдавшейся звезды) или же по условию задачи необходимо найти местный часовой угол звезды, то в соответствии с формулой (2.8), оперируя на пульте, вводят долготу λ и вычисляют $t_{м}^{\gamma}$, после чего исключают периоды изменения часового угла; результат вводят по адресу П 9.
7. Руководствуясь колонкой «a» табл. 2.6, ввести из табл. 3 коэффициенты $A_0 - A_3$ и константы.
8. Вычислить по табл. 4 интервал времени $\tau_0 = 459^{\text{д}}$ и набрать его на табло, как это показано в примере 2.6. Клавишей С/П пустить ПМК на счет.
9. После останова счета на табло имеем прямое восхождение звезды α , которое при необходимости можно записать. Пустить ПМК на счет клавишей С/П.

10. После остановки счета на табло и по адресу ИП 9 имеем гринвичский или местный часовой угол звезды в зависимости от выполненных операций в п. 6. В нашем примере: $t_{гр}^* = 30,345983^*$.

11. Руководствуясь колонкой «б» из табл. 2.6, ввести из табл. 3 коэффициенты $D_0 - D_3$ на счет клавишами БП 29 С/П.

12. После остановки счета на табло имеем склонение звезды, которое можно затем направить по адресу П Д.

Примечание. Рассмотренная задача может быть решена с меньшим числом шагов программы на основе формулы 2.7 (см. табл. 2.4 и 2.5) и при непосредственной выборке координат видимых мест основных навигационных звезд из табл. 21. Примеры такого решения даны ниже при вычислениях элементов высотной линии положения (задача 12) и при решении задачи двух высот (задача 14).

Программа вычисления часового угла и склонения звезды Таблица 2.7
В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		27	F \bigcirc	25	
01	ИП 7	67		28	С/П	50	$t_{гр}^*$
02	:	13		29	↑	0E	
03	2	02		30	ИП 3	63	
04	×	12		31	:	13	
05	1	01		32	П 8	48	
06	—	11		33	ИП 4	64	
07	F arccos	1—		34	×	12	
08	П Д	4Г		35	ИП Д	6Г	
09	ИП 6	66		36	+	10	
10	П С	4С		37	F sin	1С	
11	ИП 0	60		38	ИП С	6С	
12	0	00		39	×	12	
13	F \bigcirc	25		40	ИП В	6L	
14	ИП Д	6Г		41	ИП 8	68	
15	ИП С	6С		42	×	12	
16	×	12		43	+	10	
17	F cos	1Г		44	ИП А	6—	
18	К ИП С	ГС		45	+	10	
19	×	12		46	С/П	50	$\alpha; \delta$
20	+	10		47	/—/	0L	
21	ИП С	6С		48	ИП 9	69	
22	1	01		49	+	10	
23	—	11		50	П 9	49	
24	П С	4С		51	С/П	50	$t_{гр}^*$
25	F x=0	5E			F АВТ		
26	13	13					

§ 3. Вычисление элементов линий положения

Элементами высотной линии положения являются:
 перенос $n = h - h_c$ — разность истинной геоцентрической высоты
 и счислимой высоты светила в момент его наблюдения,
 азимут A_c — счислимый азимут.

Счислимая высота h_c и счислимый A_c вычисляются для какой-либо расчетной точки, взятой вблизи места корабля в момент наблюдения светила (в частном случае — счислимой точки на момент наблюдения светила).

Истинная геоцентрическая высота светила h получается посредством исправления измеренной высоты светила по мере необходимости поправками, показанными в табл. 5—17. Эти же поправки могут быть вычислены на ПМК по следующим формулам:

$$\Delta h_d = -1,76 \sqrt{e}, \quad (3.1)$$

где e — высота глаза наблюдателя, м;
средняя астрономическая рефракция в стандартных условиях (температура воздуха $t = +10^\circ\text{C}$, давление $B = 760 \text{ мм} = 1013 \text{ мбар}$)

$$\Delta h_{p_0} = -\text{ctg} \left(h_v + \frac{7,31}{h_v + 4,4} \right), \quad (3.2)$$

где h_v — видимая высота светила, равная измеренной высоте h' , исправленной поправкой за наклонение горизонта Δh_d .

При значительном отклонении условий наблюдений от стандартных и при наблюдениях светил на малых высотах астрономическая рефракция уточняется по формуле (где Δh_{p_0} вводится по модулю)

$$\Delta h_p = -\frac{B_{\text{мм}} - 80}{930} \left(\frac{1}{1 + 8 \cdot 10^{-5} (\Delta h_{p_0} + 39) (t^\circ - 10)} \right) \Delta h_{p_0}. \quad (3.3)$$

Поправка высоты за параллакс

$$\Delta h_p = p_0 \cos h_v, \quad (3.4)$$

где p_0 — горизонтальный экваториальный параллакс светила, указанный в табл. 1 и 2; для Солнца $p_0 = 0,15'$.

Поправки придаются к измеренной высоте светила алгебраически со знаками, указанными в формулах или в таблицах. Измеренная высота получается посредством исправления отсчета секстана oc его общей поправкой Δ_{oc} , равной алгебраической сумме поправки индекса секстана i , инструментальной поправки s и личной поправки наблюдателя Δ_l (если она существенна):

$$\left. \begin{aligned} h' &= oc + \Delta_{oc}; \\ \Delta_{oc} &= i + s + \Delta_l. \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Поправка индекса секстана i определяется:

— при расстоянии более 1 мили до прямовидимого в секстан предмета (горизонта) измеряемого угла — по любому не менее удаленному предмету (светилу, горизонту);

— при расстоянии менее 1 мили до прямовидимого предмета — только непосредственно по этому же предмету.

Порядок исправления высот различных светил показан в задачах 5—9.

Задача 5. Вычисление истинной высоты звезды

Измеренная высота звезды h' исправляется поправкой за наклонение видимого горизонта Δh_d и поправкой за астрономическую рефракцию Δh_{p_0} :

$$h^* = oc + \Delta_{oc} + \Delta h_d + \Delta h_{p_0} + \Delta h_l + \Delta h_p. \quad (3.6)$$

Пример 3.1. При наблюдениях звезды α Тельца 5 апреля 1987 г. получены: $oc = 25^\circ 41,5'$, $\Delta_{oc} = +0,8'$.

Условия наблюдений: высота глаза $e=9,7$ м, $t=-10^\circ\text{C}$, $B=735$ мм (980 мбар).
Найти истинную геоцентрическую высоту звезды.

Решение:

Отсчет секстана	$oc = 25^\circ 41,5'$
Общая поправка секстана	$\Delta_{oc} = +0,8$
Измеренная высота звезды	$h' = 25^\circ 42,3'$
Поправка за наклонение. Табл. 5	$\Delta h_d = -5,5$
Видимая высота звезды	$h_v = 25^\circ 36,8'$
Поправки за рефракцию:	
Табл. 6	$\Delta h_{r_0} = -2,0$
Табл. 7	$\Delta h_t = -0,1$
Табл. 8	$\Delta h_B = +0,1$

Истинная геоцентрическая высота $h = 25^\circ 34,8'$

Примечание. Во всех случаях при исправлении высот светил предпочтительнее учитывать наклонение горизонта, измеренное наклономером. Табл. 5 применяется только при отсутствии условий для применения наклономера.

Задача 6. Вычисление истинной высоты планеты

Измеренная высота планеты исправляется поправкой за наклонение видимого горизонта, поправками за астрономическую рефракцию и поправкой за параллакс (только для Венеры и Марса):

$$h^{пл} = oc + \Delta_{oc} + \Delta h_d + \Delta h_{r_0} + \Delta h_t + \Delta h_B + \Delta h_p. \quad (3.7)$$

Пример 3.2. 10 ноября 1986 г. при наблюдениях Венеры получены: $oc=12^\circ 46,4'$, $\Delta_{oc}=-1,2'$.

Условия наблюдений: измеренное наклонение горизонта $d=7,3'$, $t_v=+21^\circ\text{C}$, $B=750$ мм (1000 мбар).

Найти истинную геоцентрическую высоту Венеры.

Решение:

Отсчет секстана	$oc = 12^\circ 46,4'$
Общая поправка секстана	$\Delta_{oc} = -1,2$
Измеренная высота Венеры	$h' = 12^\circ 45,2'$
Поправка за наклонение	$\Delta h_d = -7,3$
Видимая высота Венеры	$h_v = 12^\circ 37,9'$
Поправки за рефракцию:	
Табл. 6	$\Delta h_{r_0} = -4,2$
Табл. 7	$\Delta h_t = +0,2$
Табл. 8	$\Delta h_B = +0,1$
Поправка за параллакс из табл. 9 ($p_0=0,5'$ из табл. 1)	$\Delta h_p = +0,5$
Истинная геоцентрическая высота Венеры	$h = 12^\circ 34,5'$

Задача 7. Вычисление истинной высоты Солнца

Измеренная высота нижнего или верхнего края Солнца исправляется поправкой за наклонение видимого горизонта, суммарной поправкой за среднюю астрономическую рефракцию и параллакс Солнца из табл. 10, поправкой за температуру воздуха из табл. 7, поправкой за давление воздуха из табл. 8, поправкой за видимый полудиаметр Солнца из табл. 11 ($+R_\odot$ для нижнего края, $-R_\odot$ для верхнего края):

$$h^\odot = oc + \Delta_{oc} + \Delta h_d + \Delta h_{r_{\text{ср}}} + \Delta h_t + \Delta h_B + R_\odot. \quad (3.8)$$

Пример 3.3. 24 февраля 1988 г. при наблюдениях высоты нижнего края Солнца получены: $oc=15^\circ 14,7'$, $\Delta_{oc}=+0,5'$.

Условия наблюдений: измеренное наклонение горизонта $d=8,0'$, $t_a=+30^\circ\text{C}$,
 $B=773$ мм.
 Найти истинную геоцентрическую высоту центра Солнца.

Решение:

Отсчет секстанта	$oc = 15^\circ 14,7'$
Общая поправка секстанта	$\Delta_{oc} = +0,5$
Измеренная высота нижнего края	$h_{(c)} = 15^\circ 15,2'$
Поправка за наклонение	$\Delta h_d = -8,0$
Видимая высота нижнего края	$h_n = 15^\circ 07,2'$
Поправки за рефракцию и параллакс:	
Табл. 10	$\Delta h_{p+p} = -3,4$
Табл. 7	$\Delta h_t = +0,3$
Табл. 8	$\Delta h_B = -0,1$
Поправка за видимый полудиамер из табл. 11	$R_{(c)} = +16,2$
Истинная геоцентрическая высота Солнца	$h = 15^\circ 20,2'$

Задача 8. Вычисление видимого полудиаметра и горизонтального экваториального параллакса Луны

Видимый полудиамер луны R и ее горизонтальный экваториальный параллакс p_0 на 0^h всемирного времени для каждой гринвичской даты приведены в табл. 2. Величины R и p_0 на заданный момент $T_{гр}$ с точностью до $0,1'$ получают интерполированием (см. пример 3.4).

Пример 3.4. 12 августа 1987 г. в момент $T_{гр}=20^h 31^m 18^s$ наблюдали Луну. Найти R и p_0 .

Решение:

12 августа 1987 г. в $T_{гр}=0^h$ из табл. 2:	$R = 16,3'$	$p_0 = 59,8'$
Суточные изменения:		
полудиаметра $16,0' - 16,3' = -0,3'$		
параллакса $58,9' - 59,8' = -0,9'$		
Изменения за $T_{гр}=20^h 31^m = 0,86^d$:		
полудиаметра $-0,3' \times 0,86 = -0,26'$	$-0,3'$	
параллакса $-0,9' \times 0,86 = -0,81'$		$-0,8'$
Искомые величины полудиаметра и параллакса	$R = 16,0'$	$p_0 = 59,0'$

Задача 9. Вычисление истинной высоты Луны

Измеренная высота нижнего или верхнего края Луны исправляется поправкой за наклонение видимого горизонта и основной поправкой высоты Луны из табл. 13. Дополнительная поправка высоты нижнего края Луны выбирается из табл. 14, а дополнительная поправка высоты верхнего края Луны — из табл. 15; аргументами в этих таблицах являются видимая высота Луны и ее горизонтальный параллакс, который предварительно получается исправлением выбранного из табл. 2 горизонтального экваториального параллакса и поправкой за широту места наблюдений из табл. 16. Высота верхнего края Луны уменьшается на $30'$. Поправки высоты за температуру и давление воздуха вводятся из табл. 7 и 8.

Порядок ввода поправок:

$$\left. \begin{aligned} h &= oc_{\underline{2}} + \Delta_{oc} + \Delta h_d + \Delta h_{\underline{2}} + \Delta h_{\underline{2}} + \Delta h_t + \Delta h_B; \\ h &= oc_{\overline{2}} + \Delta_{oc} + \Delta h_d + \Delta h_{\overline{2}} + \Delta h_{\overline{2}} - 30' + \Delta h_t + \Delta h_B. \end{aligned} \right\} (3.9)$$

Пример 3.5. 1 сентября 1990 г. в момент всемирного времени $T_{гр}=18^h 34^m 17^s$ при наблюдениях высоты нижнего края Луны получены: $oc_{\underline{2}}=12^\circ 01,9'$, $\Delta_{oc}=+0,8'$.

Условия наблюдений: высота глаза $e=12,5$ м, $t_a=+32^\circ\text{C}$, $B=748$ мм, $p_0=55,5'$ (суточное изменение его $+0,6'$).

В момент $T_{гр}=22^h 56^m 25^s$ при наблюдениях высоты верхнего края Луны получены: $oc_{\overline{2}}=59^\circ 22,7'$, $\Delta_{oc}=+0,6'$.

Условия вторых наблюдений: $e = 12,5$ м, $t_0 = +28^\circ\text{C}$, $B = 747$ мм.
Найти истинные геоцентрические высоты центра Луны. Наблюдения выполнялись
в широте $\varphi = 9^\circ$ N.

Решение:

Отсчет секстана	$oc = 12^\circ 01,9'$	$oc = 59^\circ 22,7'$
Общая поправка секстана	$\Delta_{oc} = +0,8$	$\Delta_{oc} = +0,6$
Измеренная высота	$h' = 12^\circ 02,7$	$h' = 59^\circ 23,3$
Поправка за наклонение (табл. 5)	$\Delta h_d = -6,2$	$\Delta h_d = -6,2$
Видимая высота	$h_0 = 11^\circ 56,5'$	$h_0 = 59^\circ 17,1'$
Основная поправка (табл. 13)	$\Delta h_{\text{D}} = +61,1$	$\Delta h_{\text{D}} = +40,0$
Дополнительная поправка (табл. 14)	$\Delta h_{\text{D}} = +4,5$	(табл. 15) $\Delta h_{\text{D}} = +3,0 - 30'$
Поправка за температуру (табл. 7)	$\Delta h_t = +0,3$	$\Delta h_t = 0,0$
Поправка за давление (табл. 8)	$\Delta h_B = +0,1$	$\Delta h_B = 0,0$
Истинная геоцентрическая высота	$h = 13^\circ 02,5'$	$h = 59^\circ 30,1'$
Вычисления горизонтального параллакса:		
$T_{\text{гр}}^{\text{к}} = \frac{T_{\text{гр}}^{\text{н}}}{24}$;	$+ 0,6 \times 0,77 = +0,5'$	$+ 0,6 \times 0,96 = +0,6'$
	$p_0 = 55,5'$	$p_0 = 55,5'$
	$p = 56,0'$	$p = 56,1'$

Поправка Δp_φ из табл. 16 при $\varphi = 9^\circ$ незначительна.

Порядок исправления высот светил, измеренных секстаном с искусственным горизонтом.

1. Отсчет секстана, исправленный его общей поправкой, дает видимую высоту светила $h_{\text{в}} = oc + \Delta_{oc}$.

2. Видимая высота исправляется по формулам:

$$\text{звезда } h = h_{\text{в}} + \Delta h_{\rho_0} + \Delta h_t + \Delta h_B, \quad (3.10)$$

$$\text{планета } h = h_{\text{в}} + \Delta h_{\rho_0} + \Delta h_t + \Delta h_B + \Delta h_p, \quad (3.11)$$

$$\text{Солнце } h = h_{\text{в}} + \Delta h_{\rho+p} + \Delta h_t + \Delta h_B, \quad (3.12)$$

$$\text{Луна } h = h_{\text{в}} + \Delta h_{\text{D}} + \Delta h_{\text{D}} - R_{\text{D}} - \Delta R_{\text{D}} + \Delta h_t + \Delta h_B. \quad (3.13)$$

Видимый полудиамер Луны находится, как указано в задаче 8, и уточняется в зависимости от измеренной высоты Луны по табл. 17 поправкой ΔR_{D} .

Задача 10. Приведение высот к одному месту наблюдений

Высоты, измеренные с корабля, движущегося со скоростью V по направлению пути $ПУ$, при обсервации должны быть приведены к одному месту наблюдения (к месту корабля в заданный момент обсервации $T_{\text{пр}}$). При величине пройденного расстояния S за интервал времени приведения $\tau_{\text{пр}} = T_{\text{пр}} - T$ менее 20 миль и высоте светила менее 70° допустимо поправку Δh_z за движение корабля вычислять по формуле

$$\Delta h_z = V (T_{\text{пр}} - T) \cos KU \quad (3.14)$$

и придавать ее к истинной высоте светила.

При пользовании табл. 12 поправка высоты за движение корабля вычисляется по формуле

$$\Delta h_z = \omega_{h_z} \tau_{\text{пр}}, \quad (3.15)$$

где интервал времени $\tau_{\text{пр}}$ берется в минутах и его знак учитывается алгебраически (при сохранении знака ω_{h_z} , указанного в таблице). Вход в табл. 12 производится по путевой скорости и наблюдаемому или вычисленному курсовому углу приводимого светила $KU = ИП - ПУ$.

Приведенная высота светила получается по формуле

$$h_{пр} = h + \Delta h_z \tag{3.16}$$

При пользовании микрокалькулятором точное значение приведенной высоты для любого реального интервала времени приведения может быть вычислено по формуле

$$h_{пр} = \arcsin(\sin h \cos S + \cos h \sin S \cos KY) \tag{3.17}$$

Программа вычислений по этой формуле дана в табл. 3.1. При этом исходные данные размещаются в памяти ПМК по адресам:

h П 1 KY П 3
 $S = V(T_{пр} - T)$ П 2 90° П Д

Плавание S вводится в долях градуса; приведенная высота в долях градуса получается по адресу ИП В и видна на табло.

Пример 3.6. 5 апреля 1987 г. получена истинная высота звезды α Тельца $h = 25^\circ 34,8'$ на момент $T_{сп} = 17^h 42^m 36^s$. Путевая скорость $V = 24$ уз, звезда наблюдалась на $KY = 20^\circ$ правого борта. Привести высоту к месту корабля в момент $T_c = 22^h 00^m$ ($N_c = 4$ E).

Решение:

Назначенный момент приведения	+	$T_c = 22^h 00^m$
Принятый на корабле часовой пояс		$N_c = -4$ E
Всемирное время приведения высоты		$T_{пр} = 18 00$
Всемирное время наблюдения	-	$T_{гр} = 17 42,6$
Интервал времени приведения		$\tau_{пр} = +17,4$
Скорость изменения высоты (табл. 12)	×	$\omega_{h_z} = +0,38$
Поправка высоты за движение корабля		$\Delta h_z = +6,6$
Истинная приводимая высота		$\tilde{h} = 25 34,8$
Приведенная высота		$h_{пр} = 25^\circ 41,4'$

Таблица 3.1

Программа приведения высот светил к заданному месту наблюдений

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Шаг	Команда	Код
00	ИП Д	6Г	11	F cos	1Г
01	ИП 2	62	12	×	12
02	—	11	13	ИП 3	63
03	П С	4С	14	F cos	1Г
04	F sin	1С	15	×	12
05	ИП 1	61	16	+	10
06	F sin	1С	17	F arcsin	19
07	×	12	18	П В	4L
08	ИП 1	61	19	С/П	50
09	F cos	1Г			
10	ИП С	6С		F АВТ	

Пример 3.7. 1 сентября 1990 г. получена истинная высота Луны на момент $T_{пр} = 18^h 34^m 17^s$, равная $h = 13^\circ 02,5'$. Корабль следует $ПУ = 237^\circ$ со скоростью $V = 18$ уз. Луна наблюдалась по $ИП = 114^\circ$. Привести высоту Луны к месту корабля в момент $T_c = 22^h 56^m 25^s$.

Решение: Плавание корабля в интервале времени приведения $t_{гр} = 4^{\circ}22,1'$ равно $S = V \cdot t_{гр} = 78,63$ мили; вычисления $h_{гр}$ необходимо вести по формуле (3.17). Вычисления на ПМК для $KУ = 114 - 237 = -123^{\circ}$ дают $h_{гр} = 12,325525^{\circ} = 12^{\circ}19,5'$.

Задача 11. Вычисление счислимой высоты и счислимого пеленга (азимута) светила

Для заданной расчетной точки с координатами φ_c ; λ_c счислимые высота h_c и азимут A_c светила находятся по его известным экваториальным координатам: склонению δ и гринвичскому часовому углу $t_{гр}$. При этом северная широта, северное склонение, гринвичский часовой угол и восточная долгота принимаются положительными величинами; южная широта, южное склонение и западная долгота принимаются отрицательными величинами. Часовой угол отсчитывается в круговом западном счете, азимут светила — в круговом счете как истинный пеленг.

Вычисление высоты и азимута светила методом преобразования прямоугольных координат в полярные дает высокую точность результата при любом значении и сочетании заданных аргументов; при этом используется система формул (3.18):

$$\left. \begin{aligned} x &= \cos \varphi_c \sin \delta - \sin \varphi_c \cos \delta \cos t_m; \\ y &= -\cos \delta \sin t_m; \\ h_c &= \arccos \sqrt{x^2 + y^2}; \\ A_c &= \operatorname{arctg} \frac{y}{x}. \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

Программа вычислений по формулам (3.18) дана в табл. 3.2. Исходные данные вводятся по адресам:

$$\begin{array}{ll} \varphi_c \dots \dots \dots \text{П С}, & \delta \dots \dots \dots \text{П Д}; \\ t_m = t_{гр} \pm \lambda_W^E \dots \dots \text{П 9}, & \text{Константа } 180^{\circ} \dots \dots \text{П А}. \end{array}$$

Результаты находятся по адресам: $h_c \dots$ ИП В, $ИП_c = A_c \dots$ ИП А.

При вычислении необходимо учитывать следующие особенности:

— местный часовой угол должен быть обязательно в круговом западном счете и не более 360° (возникающие при расчетах по табл. 1 периоды изменения часового угла $360^{\circ} \cdot n_0$ должны быть исключены);

— при точном значении $t_m = 180^{\circ}$ или $t_m = 0^{\circ}$ возможен останов ПМК, поэтому в таких (практически очень редких) случаях следует вводить $t_m = 180,0033^{\circ}$ или $t_m = 0,0033^{\circ}$, что не оказывает существенного влияния на точность результата;

— при необходимости повторить вычисления h_c и A_c необходимо заново ввести константу 180° по адресу П А;

— получаемая высота h_c всегда положительна и менее точна при $h_c \approx 0^{\circ}$.

Более короткая программа получается при вычислении высоты и азимута по системе формул:

$$\left. \begin{aligned} h_c &= \arcsin (\sin \varphi_c \sin \delta + \cos \varphi_c \cos \delta \cos t_m); \\ A_c &= \arccos \left(\frac{\sin \delta}{\cos h_c \cos \varphi_c} - \operatorname{tg} \varphi_c \operatorname{tg} h_c \right). \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

Однако следует учитывать, что при азимутах близких к 0° , погрешности его вычисления по функции $\cos A$ велики (∞ — при точном значении $t_m = 0^{\circ}$ или $t_m = 180^{\circ}$), поэтому во избежание останова счета в этом случае необходимо вводить $t_m = 0,0333^{\circ}$ или $t_m = 180,0333^{\circ}$, возникающая погрешность ИП не превысит $0,2^{\circ}$ в районах обычного плавания кораблей, а величина h_c практически не изменится.

Программа вычисления счислимой высоты и счислимого пеленга светила
по методу полярных координат

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП С	6С	x	32	:	13	$\pm A_c$
01	F sin	1С		33	F arctg	1L	
02	ИП Д	6Г		34	П 6	46	
03	F cos	1Г		35	F $x \geq 0$	59	
04	×	12		36	50	50	
05	ИП 9	69		37	ИП А	6—	
06	F cos	1Г		38	ИП 9	69	
07	×	12		39	—	11	
08	/—/	0L		40	F $x \geq 0$	59	
09	ИП С	6С		41	47	47	
10	F cos	1Г		42	ИП 6	66	
11	ИП Д	6Г		43	ИП А	6—	
12	F sin	1С		44	+	10	
13	×	12		45	П А	4—	
14	+	10		46	С/П	50	
15	П 8	48	y	47	ИП 6	66	III_c
16	ИП Д	6Г		48	П А	4—	
17	F cos	1Г		49	С/П	50	
18	ИП 9	69		50	ИП А	6—	
19	F sin	1С		51	ИП 9	69	
20	×	12		52	—	11	
21	/—/	0L		53	F $x \geq 0$	59	
22	П 6	46		54	42	42	
23	F x^2	22		55	ИП А	6—	
24	ИП 8	68		56	2	02	
25	F x^2	22		57	×	12	
26	+	10		58	ИП 6	66	
27	F $\sqrt{\quad}$	21		59	+	10	
28	F arccos	1—		60	П А	4—	
29	П В	4L		61	С/П	50	
30	ИП 6	66	h_c	F АВТ			III_c
31	ИП 8	68					

Примечание. Шаги программы 35—61 предназначены для перевода A_c из четвертного счета в истинный пеленг III_c в зависимости от знака A_c и величины часового угла.

Программа вычислений по формулам (3.19) дана в табл. 3.3. Исходные данные вводятся по адресам: φ_c П С, δ П Д, $t_m < 360^\circ W$ П 9, константа 360° П 6. Результаты находятся по адресам: h_c ИП В, III_c ИП А.

Таблица 3.3

Программа вычисления счислимой высоты и счислимого пеленга светила
по методу зависимых формул

В/О Г ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП С	6С		23	:	13	
01	F sin	1С		24	ИП С	6С	
02	ИП Д	6Г		25	F tg	1Е	
03	F sin	1С		26	ИП В	6L	
04	×	12		27	F tg	1Е	
05	ИП С	6С		28	×	12	
06	F cos	1Г		29	—	11	
07	ИП Д	6Г		30	F arccos	1—	
08	F cos	1Г		31	П А	4—	A_c
09	×	12		32	ИП 9	69	
10	ИП 9	69		33	F sin	1С	
11	F cos	1Г		34	F $x < 0$	5С	
12	×	12		35	38	38	
13	+	10		36	ИП А	6—	
14	F arcsin	19		37	С/П	50	$ИП_c$
15	П В	4L	h_c	38	ИП 6	66	
16	ИП Д	6Г		39	ИП А	6—	
17	F sin	1С		40	—	11	
18	ИП С	6С		41	П А	4—	
19	F cos	1Г		42	С/П	50	$ИП_c$
20	:	13					
21	ИП В	6L			F АВТ		
22	F cos	1Г					

Примечание. Шаги программы 32—42 предназначены для представления A_c в форме истинного пеленга $ИП_c$. Получаемый на шаге 31 азимут A_c при указанных выше правилах знаков исходных величин всегда отсчитывается от точки севера к востоку при $t_M^W > 180^\circ$ и к западу при $t_M^W < 180^\circ$.

Пример 3.8. 1 сентября 1990 г. в Атлантическом океане (см. пример 2.3) вычислить высоту и азимут Луны для расчетной точки с координатами $\varphi_c = 9^\circ 12' N$; $\lambda_c = 30^\circ 05' W$.

Решение: Полученные в примере 2.3 координаты Луны вводим по адресам:

$$П С \dots \varphi_c = 9,2^\circ, \quad П Д \dots \delta = -21,1349^\circ,$$

$$t_M = 318,1358 - 30,0833 = 288,0525^\circ \dots П 9.$$

Далее при работе по табл. 3.2 по адресу П А вводим константу 180° . Если же вычисления предполагают вести по табл. 3.3, то по адресу П 6 вводят константу 360° . После окончания счета имеют:

$$\text{по адресу ИП В} \dots h_c = 13,1596^\circ = 13^\circ 09,6',$$

$$\text{на табло и по адресу ИП А} \dots ИП_c = 114,3924^\circ = 114^\circ 23,5'.$$

Задача 12. Вычисление элементов высотной линии положения с приведением их к месту корабля в заданный момент времени

Вычисления элементов высотной линии положения при работе с ПМК типа «Электроника БЗ-34» рекомендуется выполнять в следующем порядке (см. табл. 3.4):

1. Исправить измеренную высоту светила согласно изложенному в задачах 5—9 (см. пп. 11—19 таблицы).

2. Вычислить всемирное время измерения высоты согласно изложенному в § 1 (см. пп. 4—10 таблицы).

3. Вычислить склонение и гринвичский часовой угол светила согласно изложенному в задачах 1—4.

4. Вычислить счислимую высоту и счислимый азимут светила согласно изложенному в задаче 11.

5. Привести, если это необходимо по условию решаемой задачи, истинную высоту светила к месту корабля на заданный момент $T_{пр}$ согласно изложенному в задаче 10.

6. Вычислить перенос высотной линии положения $n = h_{пр} - h_c$ или $n = h - h_c$ (если приведение не выполнялось, $T_{пр} = T_{гр}$).

Комплексные программы вычисления элементов высотной линии положения, обобщающие частные программы из задач 1—4, 10, 11 даны: для Солнца, планет и Луны — в табл. 3.5; 3.6; 3.7; 3.8;

для звезд — в табл. 3.9; 3.10; 3.11; 3.12.

Вычисления элементов высотной линии положения при наблюдениях Солнца, планет и Луны с приведением к заданному месту наблюдений (обобщение таблиц 2.1; 2.2; 3.3; 3.1)

1. Включить ПМК, установить режим Г.

2. Ввести программу из табл. 3.5 и проверить ее ввод по кодам команд: В/О F ПРГ ШГ вправо F АВТ.

3. Руководствуясь указаниями в задачах 1 или 2 (для Луны), а также табл. 3.6, вычислить гринвичский часовой угол $t_{гр}$, который виден на табло после первого останова счета.

4. Оперирова на пульте ПМК, выразить долготу принятой расчетной точки λ_c в градусах и их десятичных долях, а затем придать ее с необходимым знаком к $t_{гр}$; на табло будем иметь величину $t_m = t_{гр} \pm \lambda_{W}^E$, из которой необходимо исключить периоды изменения часового угла, и величину $t_m^W < 360^\circ$ ввести по адресу П 9. В случае $t_m = 0^\circ$ или $t_m = 180^\circ$ необходимо вводить $t_m = 0,0333^\circ$ или соответственно $t_m = 180,0333^\circ$.

5. Вычислить склонение светила и после второго останова счета ввести его по адресу П Д.

6. Ввести широту принятой расчетной точки φ_c , выразив ее в градусах и их десятичных долях, по адресу П С и константу 360° по адресу П 6; пустить ПМК на счет.

7. После третьего останова счета имеем: счислимую высоту h_c на табло.

8. Продолжив счет, после четвертого останова имеем: по адресу ИП В счислимую высоту h_c , а на табло и по адресу ИП А — счислимый пеленг светила $ИП_c$.

9. Если приведения высоты к заданному месту не требуется, то для вычисления переноса линии положения необходимо на табло набрать истинную высоту светила h и нажать клавиши БП 91 С/П; после останова счета на табло и по адресу ИП С имеем перенос n , выраженный в морских милях.

10. Если необходимо привести линию положения к месту корабля в некоторый заданный момент всемирного времени $T_{пр}$, то вводят дополнительную навигационную информацию:

скорость корабля V по адресу П 6 в узлах;

гринвичский момент приведения $T_{пр}$ по адресу П 7 в часах и их долях;

момент наблюдений $T_{гр}$ по адресу П 8 в часах и их долях;

путь $ПУ$ по адресу П 9;

истинную высоту светила по адресу П С;
константу 90° по адресу П Д.

После этого нажимают клавиши БП 73 С/П и после пятого останова счета на табло имеют приведенную высоту $h_{пр}$. Далее нажимают клавиши БП 91 С/П и по окончании счета на табло и по адресу ИП С имеют приведенный перенос линии положения в морских милях; пеленг светила $ИП_c$ находится по адресу ИП А.

Если приведение высоты удобнее выполнять по известному пути корабля и пройденному расстоянию в интервале между наблюдениями высот и моментом приведения $T_{пр}$, то по адресу П 9 после четвертого останова вводят путь $ПУ$; затем пройденное расстояние S выражают в градусах и их десятичных долях, находят дополнение $90^\circ - S^\circ$ (S° — вводится в градусах и десятых долях градуса) и вводят его по адресу П Д. Продолжают счет командой БП 85 С/П и после пятого останова на табло имеют $h_{пр}$. Далее продолжают счет клавишами БП 91 С/П и после останова на табло и по адресу ИП С имеют приведенный перенос n .

Когда корабль в интервале времени приведения шел несколькими курсами, приведение производится по генеральному пути и генеральному пройденному расстоянию, полученным по карте, или аналитическим счислением.

Пример 3.9. Вычислить элементы высотной линии положения по результатам наблюдений Луны 1 сентября 1990 г. в момент $T_{гр} = 18^h 34^m 17^s$ (см. пример 2.3). Истинная геоцентрическая высота Луны $h = 13^\circ 02,5'$. Привести линию положения к месту корабля в момент $T_{пр} = 18^h 50^m 07^s$ (время всемирное), если путь корабля $ПУ = 237^\circ$ и путевая скорость $V = 18$ уз. Координаты расчетной точки: $\varphi_c = 9^\circ 12' N$ и $\lambda_c = 30^\circ 05' W$.

Решение примера 3.9 показано в табл. 3.4 и 3.6.

При наблюдениях светила непосредственно вблизи меридиана места корабля ($ИП$ равен 0 или 180°) и необходимости вычислять $ИП_c$ с высокой точностью (до десятых долей минуты дуги) вычисления элементов линии положения следует выполнять по программе из табл. 3.7, объединяющей вычисления часового угла (по табл. 1) и склонения с вычислениями высоты и азимута по формулам (3.18).

Для этого варианта расчета элементов высотной линии положения порядок ввода исходных данных и прохождение информации показаны в табл. 3.8.

Решение состоит из четырех этапов

1. После ввода и проверки программы из табл. 3.7, руководствуясь указаниями к задачам 1 или 2 (для Луны), вычисляют гринвичский часовой угол светила $t_{гр}$, который после первого останова счета виден на табло (в примере 3.9 имеем на табло 678,13578).

Оперируя на пульте ПМК, вычисляют местный часовой угол и приводят его к величине $t_m^W < 360^\circ$, исключая периоды изменения t , в примере 3.9:

$$t_m^W = t_{гр} \pm \lambda_W^E \pm 360 \cdot n_0 = 678,13578 - 30,08333 - 360 = 288,05245^\circ.$$

Последнюю величину вводят по адресу П 9.

2. Из табл. 1 вводят коэффициенты полинома $d_0 - d_5$, нажимают клавиши В/О С/П и после второго останова счета на табло имеют склонение светила δ , которое вводят по адресу П Д.

3. Вводят по адресу П С счислимую широту φ_c и по адресу П А константу 180. Клавишей С/П продолжают счет. После третьего останова счета на табло и по адресу ИП А имеют счислимый пеленг светила $ИП_c$, а по адресу ИП В — счислимую высоту h_c .

4. Для получения приведенного переноса линии положения вначале истинную высоту светила h исправляют поправкой Δh_z за движение корабля (см. формулу 3.16 и табл. 3.4). Полученную приведенную вы-

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении элементов высотной линии положения с машинным приведением к заданному месту корабля (наблюдения Солнца, планет и Луны)

Адрес ввода П	Часовой угол	Склонение	Высота	Целент	Перенос приведенный
0	$a_0 = 235,3579$	$d_0 = -23,0467$			
1	$a_1 = 869,4072$	$d_1 = 5,4077$			
2	$a_2 = 0,2512$	$d_2 = 1,8716$			
3	$a_3 = 0,0914$	$d_3 = -0,0491$			
4	$a_4 = -0,0145$	$d_4 = -0,0132$			
5	$a_5 = -0,0021$	$d_5 = 0,0003$			
6	5	5	360		$V = 18$
7	5	5			$T_{np} = 18,8353$
8	$\tau = 3,773808$	3,773808			$T_{гр} = 18,5714$
9			288,0524		$ПУ = 237$
A				114,4	$ИП_c = 114,4$
B				$h_c = 13,1604$	
C			9,2		$h = 13,0417$
D			-21,1349		90
x	-633,9019	-21,1349	13,1604	114,3925	$n = -9,7$
Действия:	86,0981 (контроль)	П Д	С/П	БП 91 С/П	БП 73 С/П БП 91 С/П
Решение:	678,13578 30,08333 W ----- 648,05245 360 ----- 288,05245 П 9				

Примечания: 1. Южная широта и западная долгота отрицательные.

2. При необходимости повторить вычисления, проверить ввод исходных данных в регистры памяти.

3. После четвертого останова счета команда БП 91 С/П дается только для вычисления неприведенного переноса после набора истинной высоты на табло.

При наблюдениях звезд элементы высотной линии положения могут быть вычислены в двух вариантах:

— с использованием табл. 1 и 3 по программе из табл. 3.9; эта программа пригодна для любой звезды, помещенной в табл. 3, но приведение высоты к заданному месту наблюдений выполняется вручную по табл. 12 и перенос вычисляется также вручную;

— с использованием формулы (2.7) и координат основных навигационных звезд из табл. 21 по программе из табл. 3.11, при этом $ИП_c$ вычисляется с высокой точностью, приведение высоты к заданному месту наблюдений выполняется на ПМК по формуле (3.14) и перенос (в долях градуса) получается машинным способом.

Порядок вычисления элементов звездной высотной линии положения по табл. 1 и 3

1. Включить ПМК, установить режим Г.

2. Ввести программу из табл. 3.9 и проверить ее ввод по кодам команд.

3. Руководствуясь показанным в табл. 3.10 порядком ввода исходных данных, выбрать из табл. 1 для точки Овна коэффициенты $a_0 - a_5$

Таблица 3.7

Программа вычисления элементов высотной линии положения
при табличном приведении к заданному месту корабля
(Солнце, планеты, Луна)

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		33	×	12		66	ИП А	6-	
01	ИП 7	67		34	ИП 9	69		67	ИП 9	69	
02	:	13		35	F cos	1Г		68	—	11	
03	2	02		36	×	12		69	F x ≥ 0	59	
04	×	12		37	/-/	0L		70	76	76	
05	1	01		38	ИП С	6С		71	ИП 6	66	
06	—	11		39	F cos	1Г		72	ИП А	6-	
07	F arccos	1-		40	ИП Д	6Г		73	+	10	
08	П Д	4Г		41	F sin	1С		74	П А	4-	ИП _с
09	ИП 6	66		42	×	12		75	С/П	50	
10	П С	4С		43	+	10					
11	ИП 0	60		44	П 8	48		76	ИП 6	66	
12	0	00		45	ИП Д	6Г		77	П А	4-	ИП _с
13	F ○	25		46	F cos	1Г		78	С/П	50	
14	ИП Д	6Г		47	ИП 9	69		79	ИП А	6-	
15	ИП С	6С		48	F sin	1С		80	ИП 9	69	
16	×	12		49	×	12		81	—	11	
17	F cos	1Г		50	/-/	0L		82	F x ≥ 0	59	
18	К ИП С	ГС		51	П 6	46		83	71	71	
19	×	12		52	F x ²	22		84	ИП А	6-	
20	+	10		53	ИП 8	68		85	2	02	
21	ИП С	6С		54	F x ²	22		86	×	12	
22	1	01		55	+	10		87	ИП 6	66	
23	—	11		56	F √—	21		88	+	10	
24	П С	4С		57	F arccos	1-		89	П А	4-	ИП _с
25	F x = 0	5E		58	П В	4L	h _с	90	С/П	50	
26	13	13		59	ИП 6	66		91	ИП В	6L	
27	F ○	25		60	ИП 8	68		92	—	11	
28	С/П	50	t _{гр} ; δ	61	:	13		93	6	06	
				62	F arctg	1L		94	0	00	
				63	П 6	46	± A _с	95	×	12	
29	ИП С	6С		64	F x ≥ 0	59		96	П С	4С	n
30	F sin	1С		65	79	79		97	С/П	50	
31	ИП Д	6Г							F АВТ		
32	F cos	1Г									

и ввести их по адресам; ввести константы 5 и 32; вычислить аргумент времени $\tau = \text{ЧЧ} \uparrow \text{ММ} \uparrow \text{СС} \uparrow 60 : +60 : +24 : \text{Д} +$ и ввести его по адресу П 8.

4. Клавишами В/О С/П пустить ПМК на счет.

5. После первого останова счета:

— если звезда была опознана при наблюдениях, то получившуюся на табло величину $t_{гр}^Y$ ввести по адресу П 9;

— если необходимо, найти местный часовой угол точки Овна для установки звездного глобуса и опознания звезды, то операциями на пульте вычислить $t_M^* = t_{гр}^* \pm \lambda_W^E \pm 360^\circ \cdot n_0$ и ввести его в П 9.

6. Из табл. 3 выбрать коэффициенты $A_0—A_3$; ввести их и константы по адресам, указанным в табл. 3.10.

7. По табл. 4 на ближайшую меньшую календарную дату выбираем табличный интервал времени и, добавив к нему количество суток, оставшееся до заданной даты (включительно), получаем полный интервал времени t_0 от эпохи таблиц 1986,0 до даты наблюдений; набираем его на табло ПМК. Пускаем ПМК на счет клавишей С/П.

8. После второго останова счета на табло видно прямое восхождение звезды α . Продолжаем счет нажатием клавиши С/П.

9. После третьего останова счета:

если в п. 5 по адресу П 9 ввели $t_{гр}^*$, то на табло будет $t_{гр}^*$;

если в п. 5 по адресу П 9 ввели t_M^* , то на табло будет t_M^* .

В первом случае операциями на пульте надо вычислить местный часовой угол звезды и представить его в виде $0 < t_M^* < 360^\circ W$:

$$t_M^* = t_{гр}^* \pm \lambda_W^E \pm 360^\circ \cdot n_0.$$

Во втором случае t_M^* надо привести к виду $0 < t_M^* < 360^\circ W$.

Затем ввести t_M^* по адресу П 9 (при $t_M^* = 0$ или $t_M^* = 180^\circ$ надо вводить $t_M^* = 0,0333$ или $t_M^* = 180,0333$ соответственно).

Таблица 3.8

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении элементов высотной линии положения при табличном приведении к заданному месту корабля (наблюдения Солнца, планет, Луны)

Адрес ввода П	Часовой угол	Склонение	Высота и пеленг счислимые	Перенос
0	$a_0 =$	$d_0 =$		
1	$a_1 =$	$d_1 =$		
2	$a_2 =$	$d_2 =$		
3	$a_3 =$	$d_3 =$		
4	$a_4 =$	$d_4 =$		
5	$a_5 =$	$d_5 =$		
6	5	5		
7	32/5—Луна/	32/5—Луна/		
8	$\tau; T - T_0$	$\tau; T - T_0$		
9			t_M	
A			180; ИП _с =	
B			$h_c =$	
C			φ_c	$n =$
D			δ	
x	$t_{гр} =$	$\delta =$	ИП _с =	$n =$
	$\lambda_c =$ $t_M^W =$	П Д	С/П	БП 91 С/П

Примечания: 1. Южная широта и западная долгота отрицательные.

2. При необходимости повторить вычисления, проверить ввод исходных данных в регистры памяти.

3. При $t_M^W = 0^\circ$ или $t_M^W = 180^\circ$ вводить $t_M = 0,0033^\circ$ или соответственно $t_M = 180,0033^\circ$.

4. При наборе на табло на последнем этапе вычислений истинной высоты светила в итоге получается неприведенный перенос $n = h - h_c$; при наборе на табло приведенной высоты (см. пример 3.6) получается приведенный перенос $n = h_{пр} - h_c$.

Таблица 3.9

Программа вычисления элементов высотной линии положения при наблюдениях звезды (без приведения к заданному месту наблюдений)

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		33	ИП 4	64		66	×	12	
01	ИП 7	67		34	×	12		67	+	10	
02	:	13		35	ИП Д	6Г		68	F arcsin	19	
03	2	02		36	+	10		69	П В	4L	h_c
04	×	12		37	F sin	1С		70	ИП Д	6Г	
05	1	01		38	ИП С	6С		71	F sin	1С	
06	—	11		39	×	12		72	ИП С	6С	
07	F arccos	1—		40	ИП В	6L		73	F cos	1Г	
08	П Д	4Г		41	ИП 8	68		74	:	13	
09	ИП 6	66		42	×	12		75	ИП В	6L	
10	П С	4С		43	+	10		76	F cos	1Г	
11	ИП 0	60		44	ИП А	6—		77	:	13	
12	0	00		45	+	10		78	ИП С	6С	
13	F ○	25		46	С/П	50	$\alpha; \delta$	79	F tg	1E	
14	ИП Д	6Г		47	—/—	0L		80	ИП В	6L	
15	ИП С	6С		48	ИП 4	64		81	F tg	1E	
16	×	12		49	+	10		82	×	12	
17	F cos	1Г		50	ИП 9	69		83	—	11	
18	К ИП С	ГС		51	+	10		84	F arccos	1—	
19	×	12		52	П 9	49		85	П А	4—	
20	+	10		53	С/П	50	$t_{гр}^*$	86	ИП 9	69	
21	ИП С	6С		54	ИП С	6С		87	F sin	1С	
22	1	01		55	F sin	1С		88	F x < 0	5С	
23	—	11		56	ИП Д	6Г		89	92	92	
24	П С	4С		57	F sin	1С		90	ИП А	6—	
25	F x=0	5E		58	×	12		91	С/П	50	$ИП_c$
26	13	13		59	ИП С	6С		92	ИП 4	64	
27	F ○	25		60	F cos	1Г		93	ИП А	6—	
28	С/П	50	$t_{гр}$	61	ИП Д	6Г		94	—	11	
29	↑	0E		62	F cos	1Г		95	П А	4—	
30	ИП 3	63		63	×	12		96	С/П	50	$ИП_c$
31	:	13		64	ИП 9	69			F АВТ		
32	П 8	48		65	F cos	1Г					

10. Из табл. 3 выбрать коэффициенты $D_0—D_3$ и ввести их по адресам, указанным в табл. 3.10. Набрать на табло интервал времени t_0 по п. 7 и клавишами БП 29 С/П продолжить счет.

11. После четвертого останова счета на табло имеем склонение звезды δ , которое надо ввести по адресу П Д.

12. Ввести заданную широту расчетной точки φ_c по адресу П С. Продолжить счет клавишами БП 54 С/П.

13. После пятого останова счета на табло и по адресу ИП А имеем счислимый пеленг светила $ИП_c$, по адресу ИП В имеем высоту h_c .

14. Измеренная высота звезды исправляется согласно изложенному в задаче 5 и приводится в случае необходимости к заданному месту наблюдений по правилам из задачи 10 (см. пример 3.6).

15. Вычисляется перенос линии положения $n = h_{пр} - h_c$.

Пример 3.10. Вычислить перенос высотной линии положения и счислимый пеленг звезды α Тельца, наблюдаемой 5 апреля 1987 г. Расчетная точка: $\varphi_c = 74^\circ 12' N$, $\lambda_c = 22^\circ 36' E$. Исходные данные см. в примерах 1.1; 2.4; 2.7; 3.1; 3.6. Решение показано в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении элементов звездной высотной линии положения по табл. 1 и 3

Адрес ввода П	Точка Овна	Звезда α Тельца (пример 3.10)		Высота и пеленг счислимые
		α	δ	
0	$a_0 = 203,6058$			
1	$a_1 = 5775,7703$			
2	$a_2 = 0$			
3	$a_3 = 0$	365,2422	365,2422	
4	$a_4 = 0$	360	360	360
5	$a_5 = 0$			
6	5			
7	32			
8	$\tau = 5,7379167$			
9		52,946		$t_M^* = 52,946$
А		$A_0 = 68,7760$	$D_0 = 16,4839$	$ИП_c = 237,9724$
В		$A_1 = 0,0159$	$D_1 = 0,002$	$h_c = 25,4913$
С		$A_2 = 0,0053$	$D_2 = 0,001$	$\varphi_c = 74,2$
Д		$A_3 = 94,7959$	$D_3 = 153,0599$	$\delta = 16,4855$
х	-3500,8587	68,7953	16,4855	237,9724

Вычисления, выполненные на пульте:

— после первого останова $t_{гр}^* = -3500,8587 \dots \dots \dots П 9$
(интервал времени $t_0 = 454 + 5 = 459$)

— после третьего останова $t_{гр}^* = -3209,654$
 $\lambda_c = +22,6$

$t_M^* = -3187,054$
 $360 \times 9 = +3240$

$t_M^* = 52,946 \dots \dots \dots П 9$

Перенос: $n = 25^\circ 41,4' - 25^\circ 29,5' = +11,9$ мили.

Примечание. Южная широта и западная долгота — отрицательные.

Порядок вычисления элементов звездной высотной линии положения с машинным приведением к заданному месту наблюдений

1. Включить ПМК, установить режим Г.
2. Ввести программу из табл. 3.11 и проверить ее ввод по кодам команд.

3. Руководствуясь табл. 3.12, ввести константы.

4. Из табл. 4 по заданному году и ближайшей меньшей календарной дате выбрать величину табличного интервала времени и ввести ее по адресу П 5. Гринвичскую дату наблюдений (если они выполнялись в период с 1 по 10 число месяца) D , или интервал времени, равный разности $D - D_T$ заданной и ближайшей меньшей табличной даты D_T , ввести по адресу П 6.

5. Всемирное время наблюдений $T_{гр}$ выразить в долях суток: ЧЧ ↑ ММ ↑ СС ↑ 60 : + 60 : + 24 : и ввести в П 7.

6. Заданную долготу расчетной точки λ_c ввести по адресу П 8.

7. Если звезда при наблюдениях была опознана, то из табл. 21 выбрать звездный угол (звездное дополнение) τ^* и ввести в П 2, а выбранное склонение звезды ввести в П Д. После этого нажать клавиши В/О С/П.

Если же звезда не опознана, то пустить ПМК на счет клавишами В/О С/П.

8. После первого останова счета на табло и по адресу ИП 9 имеем местный часовой угол точки Овна, используемый для установки звездного глобуса и опознания звезды.

Если звезда была опознана при наблюдениях, то сразу же после останова продолжаем счет, нажав клавишу С/П, и после второго останова счета на табло и по адресу П 9 имеем местный часовой угол звезды.

Если звезду опознавали по глобусу, то выбрать ее τ^* и δ из табл. 21 и ввести по указанным адресам. Затем продолжить счет, нажав клавишу С/П. После второго останова счета на табло и по адресу П 9 имеем местный часовой угол звезды.

Операциями на табло привести местный часовой угол звезды к величине $0 < t_m^* < 360^\circ W$, затем ввести ее по адресу П 9.

9. Ввести константу 180° по адресу П 2, заданную широту расчетной точки φ_c ввести по адресу П С. Продолжить счет, нажав клавишу С/П.

10. После третьего останова счета имеем на табло и по адресу ИП А числимый пеленг светила $ИП_c$. По адресу ИП В имеем числимую высоту светила h_c ; выразив ее в градусах и дуговых минутах и сравнив с неприведенной истинной высотой светила, получим неприведенный перенос $n = h - h_c$.

11. Для приведения к месту корабля в заданный момент $T_{пр}$ необходимо:

— величину скорости корабля, уменьшенную в 60 раз, ввести по адресу П 2;

— путь $ПУ$ ввести по адресу П 8;

— истинную высоту ввести по адресу П Д, интервал $\frac{(T_{пр} - T_{гр}) \text{ мин}}{60}$ —

набрать на табло;

— продолжить счет, нажав клавишу С/П.

После останова счета на табло и по адресу ИП С имеем приведенный перенос n в долях градуса; умножив его на 60, получаем величину переноса в милях.

Программа вычисления элементов звездной высотной линии положения
с приведением к заданному месту наблюдений

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 5	65		33	F cos	1Г		67	+	10	
01	ИП 6	66		34	ИП Д	6Г		68	П А	4-	
02	+	10		35	F sin	1С		69	С/П	50	ИП _с
03	ИП 7	67		36	×	12		70	ИП 7	67	
04	+	10		37	+	10		71	П А	4-	
05	ИП 3	63		38	П 8	48		72	С/П	50	ИП _с
06	:	13		39	ИП Д	6Г					
07	ИП 1	61		40	F cos	1Г		73	ИП 2	62	
08	×	12		41	ИП 9	69		74	ИП 9	69	
09	ИП 0	60		42	F sin	1С		75	-	11	
10	+	10		43	×	12		76	F x ≥ 0	59	
11	ИП 4	64		44	/-/	0L		77	65	65	
12	ИП 7	67		45	П 7	47		78	ИП 4	64	
13	×	12		46	F x ²	22		79	ИП 7	67	
14	+	10		47	ИП 8	68		80	+	10	
15	ИП 8	68		48	F x ²	22		81	П А	4-	
16	+	10		49	+	10		82	С/П	50	ИП _с
17	П 9	49		50	F √	21					
18	С/П	50	t _M ^γ	51	F arccos	1-					
				52	П В	4L	h _c	83	↑	0E	
19	ИП 2	62		53	ИП 7	67		84	ИП 2	62	
20	+	10		54	ИП 8	68		85	×	12	
21	П 9	49	t _M [×]	55	:	13		86	ИП А	6-	
				56	F arctg	1L		87	ИП 8	68	
22	С/П	50		57	П 7	47	A _c	88	-	11	
23	ИП С	6С		58	F x ≥ 0	59		89	F cos	1Г	
24	F sin	1С		59	73	73		90	×	12	Δh _z
25	ИП Д	6Г		60	ИП 2	62		91	ИП Д	6Г	
26	F cos	1Г		61	ИП 9	69		92	+	10	
27	×	12		62	-	11		93	ИП В	6L	
28	ИП 9	69		63	F x ≥ 0	59		94	-	11	
29	F cos	1Г		64	70	70		95	П С	4С	
30	×	12		65	ИП 7	67		96	С/П	50	n°
31	/-/	0L		66	ИП 2	62					
32	ИП С	6С							F АВТ		

Задача 13. Вычисление элементов азимутальной линии положения

Перенос азимутальной линии положения вычисляется по формуле

$$n_A = \frac{ИП - ИП_c}{g_A}, \quad (3.20)$$

где ИП — истинный пеленг светила по данным наблюдений;

$ИП_c$ — счислимый пеленг светила в расчетной точке;

$g_A = \sqrt{\text{tg}^2 \varphi_c + \text{tg}^2 h_c - 2 \text{tg} \varphi_c \text{tg} h_c \cos ИП_c}$ — градиент азимута.

Положительное направление градиента азимута τ_A находится по формуле

$$\tau_A = ИП_c \pm \gamma \pm 90^\circ, \quad (3.21)$$

где $\gamma = -\text{arctg}(\sin \varphi_c \text{tg} t_m)$;

t_m — местный часовой угол светила в расчетной точке.

Вычисления h_c и $ИП_c$ на момент $T_{гр}$ измерения пеленга светила выполняются по программам из задачи 12. Лучшая точность вычисления $ИП_c$ достигается:

при $ИП_c$ близких к N или S — по формулам (3.18),

при $ИП_c$ близких к E или W — по формулам (3.19).

Таблица 3.12

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении элементов звездной высотной линии положения с приведением к заданному месту наблюдений

Адрес ввода П	Часовой угол		Высота ^а и пеленг счислимые	Приведенный перенос
	Аргументы	Пример 3.10		
0	100,3505	100,3505		
1	360,0013	360,0013		
2	$\tau \times$	291,20468	180°	$\frac{V_{уз}}{60} = \frac{24}{60} = 0,4$
3	365,2422	365,2422		
4	360	360		
5	Табл. 4	454		
6	Д; Д — Д _г	5		
7	$T_{гр}^A = \tau^A$	0,7379167		
8	λ_c	22,6		ПУ = 218°
9			$t_m^X = 52,9463$	
A			$ИП_c = 237,9727$	
B			$h_c = 25,4912$	
C			$\varphi_c = 74,2 \text{ N}$	$n = 0,1978^\circ$
D	δ	16,4855		Ист. $h = 25,58^\circ$
x			237,9727	0,1978

Вычисления, выполненные на пульте:

— после первого останова ... $t_m^Y = 841,7416$... П 9

— после второго останова ... $t_m^X = 1132,9463$

$$360 \times 3 = 1080$$

$$t_m^X = 52,9463 \dots \text{П 9}$$

Перенос: $n = 0,1978 \times 60 = 11,9$ мили.

Примечания: 1. Южная широта и западная долгота — отрицательные.
2. В таблице решен пример 3.10.

В северных широтах при $ИП < 180^\circ$ угол γ имеет знак «плюс», а при $ИП > 180^\circ$ — знак «минус»; в южных широтах правило знаков обратное. Знак при слагаемом 90° обратен знаку γ .

Пример 3.11. 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 19^\circ 31' 58''$ (см. пример 2.1) измерили $ИП$ Солнца $= 98^\circ 35,0'$. Для расчетной точки $\varphi_c = 4^\circ 41' S$, $\lambda_c = 175^\circ 12' E$ вычислили $ИП_c = 98^\circ 36,6'$ и $h_c = 15^\circ 24,5'$, $t_m = 284^\circ 52' W$. Вычислить n_A и t_A .

Решение по формулам (3.20) и (3.21):

$$g_A = 0,276; n_A = -5,8 \text{ мили}; t_A = 171,5^\circ.$$

§ 4. Решение задач морской астронавигации на программируемых микрокалькуляторах типа БЗ-34

Задача 14. Задача двух высот

А. Прямое итерационное решение

При прямом методе решения задачи двух высот наблюдаемые координаты места корабля вычисляют непосредственно по рассчитанным ранее координатам мест светил (их склонениям и гринвичским часовым углам) и их истинным высотам, приведенным к одному месту наблюдений (см. задачу 10).

В качестве исходной точки для итераций принимают числимое место корабля. Первым именуют то светило, наблюдаемый пеленг которого ближе к 90° или к 270° ; по его координатам $t_{гр_1}^*$, δ_1 , h_1 и числимой широте φ_c вычисляют долготу точки пересечения параллели φ_c и первого круга равных высот:

$$\left. \begin{aligned} t_m &= \arccos \frac{\sin h_1 - \sin \varphi_c \sin \delta_1}{\cos \varphi_c \cos \delta_1}; \\ \lambda &= t_m - t_{гр_1}^*. \end{aligned} \right\} \quad (4.1)$$

Затем по координатам второго светила $t_{гр_2}^*$, δ_2 , h_2 и полученной на предыдущем шаге долготы λ находят широту точки пересечения меридиана λ и второго круга равных высот:

$$\left. \begin{aligned} x &= \arctg \frac{\operatorname{tg} \delta_2}{\cos (t_{гр_2}^* + \lambda)}; \\ \varphi - x &= \arccos \frac{\sin h_2 \sin x}{\sin \delta_2}; \\ \varphi &= (\varphi - x) + x. \end{aligned} \right\} \quad (4.2)$$

Полученная широта подставляется в формулы (4.1) и получается второе приближение долготы λ , которое используется в формулах (4.2) и т. д. Для ускорения сходимости процесса приближений последовательно получаемые широты осредняются и сравниваются с предыдущим значением широты; вычисления прекращаются, когда их разница становится менее необходимой точности вычислений ε :

$$\varphi_{ср} = 0,5(\varphi_i + \varphi_{i+1}); |\varphi_{ср} - \varphi_{i-1}| - \varepsilon < 0. \quad (4.3)$$

Программа, помещенная в табл. 4.1, объединяет вычисления гринвичского часового угла точки Овна, что позволяет быстро получить часовые углы и склонения звезд с помощью табл. 21, и вычисления по формулам (4.1) — (4.3) (шаги программы 15—93). Шаги программы 94—97 облегчают ввод координат светил и времени в память ПМК.

Порядок решения задачи двух высот прямым итерационным методом показан в табл. 4.2 и выполняется в следующем порядке

1. Вводят программу из табл. 4.1 и проверяют правильность ввода по кодам команд.

2. Вводят указанные константы по адресам П 0, П 1, П 2, П 3, П А.
3. По табл. 4 получают интервал τ_0 и вводят его по адресу П 4.
4. Оценивают очередность ввода координат светил: первым именуют светило, имеющее пеленг ближе к линии E—W. Момент его наблюдений $T_{гр}$, вводят по адресу П 5 в долях суток. Если ПМК не имеет клавиши прямого перевода момента времени в доли часа, то выполняют операции:

ЧЧ ↑ ММ ↑ СС БП 94 С/П БП 94 С/П 24 : П 5

5. Пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. После первого останова на табло и по адресу ИП Д имеют гринвичский часовой угол точки Овна. Выбирают из табл. 21 звездный угол (звездное дополнение) τ^* , суммируют его с $t_{гр}^*$; при необходимости исключают период изменения часового угла 360° и гринвичский часовой угол звезды $0 < t_{гр}^* < 360^\circ$ помещают по адресу П 6. Выбранное из табл. 21 склонение звезды помещают в регистр памяти П 7.

Для обращения дуговых минут в величинах τ^* и δ в доли градуса можно пользоваться командой БП 94 С/П.

6. Вводят момент наблюдений второго светила $T_{гр_2}$ по адресу П 5 и пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. После второго останова счета на табло и по адресу ИП Д имеют $t_{гр_2}^*$. Действуя аналогично изложенному в п. 5, вводят $t_{гр_2}^*$ по адресу П 8 и δ_2 — в П 9.

7. Вводят наблюдаемый ИП первого светила по адресу П 0, приведенные истинные высоты — соответственно по адресам П 1 и П 2, константу 180 — по адресу П 3 и критерий заданной точности вычислений $\epsilon = 0,0008^\circ$ — по адресу П Д, счислимую широту — по адресу П С.

8. Проверяют ввод исходных данных по всем указанным в табл. 4.2 адресам и пускают ПМК на счет клавишами БП 15 С/П.

9. После третьего останова счета получают:
на табло и по адресу ИП С — наблюдаемую широту φ_0 ,
по адресу ИП В — наблюдаемую долготу λ_0 .

Продолжительность итерационных вычислений зависит от невязки исходного счислимого места; обычно она не превышает 5 мин.

Примечание. При обработке наблюдений высот Солнца, планет, Луны их координаты вычисляются согласно изложенному в задачах 1 и 2 и непосредственно вводятся по адресам П 6—П 9. Приведение высот к одному месту наблюдений выполняется согласно задаче 10.

Б. Косвенное аналитическое решение

При косвенном аналитическом методе решения задачи двух высот вначале по переносам и счислимым пеленгам светил, полученным согласно задаче 12, находят поправки $\Delta\varphi_0$ и $\Delta\lambda_0$ для перехода от счислимых координат к наблюдаемым:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_0 &= \frac{n_1 \sin ИП_2 - n_2 \sin ИП_1}{\sin (ИП_2 - ИП_1)}; \\ \Delta\lambda_0 &= \frac{n_2 \cos ИП_1 - n_1 \cos ИП_2}{\sin (ИП_2 - ИП_1)} \sec \varphi_m, \end{aligned} \right\} \quad (4.4)$$

а затем наблюдаемые координаты вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_0 &= \varphi_c + \Delta\varphi_0; \\ \lambda_0 &= \lambda_c + \Delta\lambda_0. \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

При вычислении величин, входящих в формулы (4.4), необходимо учитывать следующие правила:

а) величина φ_m вычисляется как средняя между φ_c и φ_0 ;

б) положительная $\Delta\varphi_0$ отсчитывается к северу, отрицательная $\Delta\varphi_0$ — к югу. Положительная $\Delta\lambda_0$ отсчитывается к востоку, отрицательная $\Delta\lambda_0$ — к западу.

Косвенное решение задачи двух высот возможно в двух вариантах: — элементы обеих высотных линий положения вычислены для общей расчетной точки $C (\varphi_c; \lambda_c)$, приведение высот к одному месту наблюдений выполнено по формулам (3.16) или (3.17); наблюдаемые координаты на момент приведения $T_{пр}$ получаются по формулам (4.5) вводом поправок к координатам точки C ;

— элементы первой высотной линии положения вычислены для первой расчетной точки $C_1 (\varphi_1; \lambda_1)$ без приведения высоты к месту вторых наблюдений; элементы второй высотной линии положения вычислены для второй расчетной точки $C_2 (\varphi_2; \lambda_2)$, координаты которой получены счислением с наибольшей возможной точностью от точки C_1 , также без приведения высоты второго светила; в формулах (4.4) используются неприведенные переносы, и при подстановке в формулы (4.5) координат точки C_2 получаются наблюдаемые координаты на момент вторых наблюдений (здесь приведение высоты заменено приведением расчетной точки).

Важное предупреждение. Точка C_1 и точка C_2 должны быть равноточными; исправление счисления между точками C_1 и C_2 какими-либо способами недопустимо.

Программа вычислений по формулам (4.4) и (4.5) дана в табл. 4.3. Исходные данные размещаются в следующих регистрах памяти:

n_1	П 0	n_2	П 2
$ИП_1$	П 1	$ИП_2$	П 3
φ_c	П 4	λ_c	П 5

Переносы вводятся в десятичных долях градуса. После останова счета наблюдаемые координаты (в градусах и их десятичных долях) получаются: λ_0 — на табло и по адресу ИП 7, φ_0 — по адресу ИП 6.

Пример 4.1. 25 июня 1986 г. в Атлантическом океане около $T_c = 20^{\circ}15'$ ($N_c = 2$ W) наблюдали две звезды. Счислимое место: $\varphi_c = 39^{\circ}20'$ N; $\lambda_c = 31^{\circ}15'$ W. После обработки наблюдений с приведением высоты первой звезды к месту наблюдений второй звезды получили:

α Девы	α Змееносца
Время наблюдений $T_{гр} = 22^h09^m15^s$	$22^h13^m51^s$
Привед. $h = 37^{\circ}59,0'$	Истин. $h = 40^{\circ}19,2'$
Наблюденный пеленг $ИП = 197,5^{\circ}$	$ИП = 109,5^{\circ}$

Заданная точность расчета наблюдаемых координат $\epsilon = 0,05'$.

Вычисление наблюдаемых координат прямым итерационным методом показано в табл. 4.2. Линия пеленга звезды α Змееносца расположена ближе к линии E — W, чем линия пеленга звезды α Девы, поэтому первыми вводили данные α Змееносца. Наблюдаемые координаты соответствуют месту корабля в момент $T_c = T_{гр2} \pm N_{св}^E = 22^h13,8^m - 2^m = 20^h13,8^m$.

Пример 4.2. По условию примера 4.1 согласно задаче 12 получены элементы высотных линий положения:

α Девы	α Змееносца
$n_1 = -0,4'$	$n_2 = +1,0'$
$ИП_{с1} = 197,1^{\circ}$	$ИП_{с2} = 109,0^{\circ}$

Решение: Из табл. 4.3 вводим в ПМК программу вычислений от шага 00 до шага 40. Проверяем ввод программы по кодам команд.

Вводим исходные данные:

-0,00666	П 0	0,01666	П 2
197,1	П 1	109,0	П 3
39,33333	П 4	-31,25	П 5

Северная широта и восточная долгота положительные, южная широта и западная долгота отрицательные. По окончании счета имеем:

$$\lambda_0 = -31,2266 = 31^{\circ}13,6' W; \varphi_0 = 39,3347 = 39^{\circ}20,1' N.$$

Таблица 4.1

Программа вычисления обсервованных координат места корабля по высотам двух звезд
(задача двух высот, решение прямым итерационным методом)

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 4	64		35	42	42		69	/-/	0L	
01	ИП 5	65		36	ИП 3	63		70	БП	51	
02	+	10		37	2	02		71	73	73	
03	ИП 2	62		38	×	12		72	F ○	25	
04	:	13		39	ИП 4	64	t_1	73	ИП А	6-	
05	ИП 1	61		40	—	11		74	+	10	
06	×	12		41	П 4	44		75	ИП С	6С	
07	ИП 0	60		42	ИП 4	64		76	+	10	
08	+	10		43	ИП 6	66		77	2	02	
09	ИП 3	63		44	—	11		78	:	13	
10	ИП 5	65		45	П В	4L	λ	79	↑	0E	
11	×	12		46	ИП 8	68		80	ИП С	6С	
12	+	10		47	+	10	t_2	81	—	11	
13	П Д	4Г		48	F cos	1Г		82	F x < 0	5С	
14	С/П	50	$t_{гр}$	49	ИП 9	69		83	85	85	
				50	F tg	1E		84	/-/	0L	
15	ИП 1	61		51	$\frac{xy}{xy}$	14		85	ИП Д	6Г	
16	F sin	1С		52	:	13		86	—	11	
17	ИП С	6С		53	F arctg	1L		87	F ○	25	
18	F sin	1С		54	П А	4-		88	П С	4С	
19	ИП 7	67		55	F sin	1С		89	F Вх	0	
20	F sin	1С		56	ИП 2	62		90	F x < 0	5С	
21	×	12		57	F sin	1С		91	15	15	
22	—	11		58	×	12		92	ИП С	6С	φ
23	ИП С	6С		59	ИП 9	69		93	С/П	50	
24	F cos	1Г		60	F sin	1С					
25	:	13		61	:	13					
26	ИП 7	67		62	F arccos	1-		94	ИП А	6-	
27	F cos	1Г		63	ИП А	6-		95	:	13	
28	:	13		64	ИП С	6С		96	+	10	
29	F arccos	1-		65	—	11		97	С/П	50	
30	П 4	44		66	F x ≥ 0	59					
31	ИП 0	60		67	72	72					
32	ИП 3	63		68	F ○	25					
33	—	11									
34	F x < 0	5С									
									F АВТ		

Пример 4.3. 1 сентября 1990 г. в Атлантическом океане в $\varphi_1=9^{\circ}12' N$ и $\lambda_1=30^{\circ}05' W$ наблюдали Луну. В момент всемирного времени $T_{гр1}=18^{\circ}34^m17^s$ (см. пример 1.4) измерена высота нижнего края Луны, по которой получена ее истинная высота $h_1=13^{\circ}02,5'$ (см. пример 3.5). Вычисления элементов высотной линии положения дали $h_c=13^{\circ}09,6'$, перенос $a_1=-7,1$ мили, пеленг $ИП_{с1}=114,4^{\circ}$ (см. пример 3.9).

В момент $T_{гр_2} = 22^{\circ}56'25''$ выполнены наблюдения высоты верхнего края Луны и получена ее высота $h_2 = 59^{\circ}30,1'$. В интервале времени между наблюдениями корабль следовал по $ПУ = 237^{\circ}$ и прошел расстояние $S = 78,64$ мили.
 Определить обсервованные координаты места корабля на момент вторых наблюдений.

Решение: Для вычисления координат второй расчетной точки используются шаги 40–68 программы, помещенной в табл. 4.3.

Исходные данные вводят по адресам:

$$\begin{aligned} \varphi_1 = 9,2^{\circ} & \dots \dots \dots \text{П 4} & \lambda_1 = -30,0833 & \dots \dots \dots \text{П 5} \\ S = 78,64 \text{ (в милях)} & \dots \dots \dots \text{П 9} & ПУ = 237^{\circ} & \dots \dots \dots \text{П А.} \end{aligned}$$

Константа 60 вводится в П Д.

По команде БП 40 С/П начинаются вычисления, по окончании которых получается:

$$\begin{aligned} \text{на табло и по адресу ИП 5} & \dots \dots \dots \lambda_2 = -31,1957 = 31^{\circ}11,7' \text{ W;} \\ \text{по адресу ИП 4} & \dots \dots \dots \varphi_2 = 8,4862 = 8^{\circ}29,2' \text{ N.} \end{aligned}$$

Вычисления по задаче 12 дают: $h_c = 59^{\circ}32,2'$, перенос $h_2 = -2,1'$, пеленг $ИП_c = 161,8^{\circ}$.

Вычисления по схеме примера 4.2 для второй расчетной точки по команде В/О С/П дают: на табло и в ИП 7 $\lambda_o = -31,3303^{\circ} = 31^{\circ}19,9' \text{ W}$; $\varphi_o = 8,4792^{\circ} = 8^{\circ}28,8' \text{ N}$ на момент $T_c = 22^{\circ}56,4'' + 4'' = 2^{\circ}56,4''$ 2 сентября 1990 г.

Таблица 4.2

Ввод исходных данных и прохождение информации при решении задачи двух высот прямым итерационным методом

Адрес ввода П	Точка Овна	Координаты светил	Расчет обсервованных координат (пример 4.1)
0	100,3505		$ИП_1 = 109,5^{\circ}$
1	360,0013		$h_1 = 40,32$
2	365,2422		$h_2 = 37,9833$
3	360		180
4	τ_0	$170 + 5 = 175$	
5	$T_{гр}^{\Delta} = \tau^{\Delta}$	$\tau_1^{\Delta} = 0,9262847$ $\tau_2^{\Delta} = 0,9230902$	
6	$t_{гр_1}^{\times}$	343,63489	
7	δ_1	12,56833	
8	$t_{гр_2}^{\times}$	44,94312	
9	δ_2	-11,09167	
А	60		
В			$\lambda_o = -31,2272 = 31^{\circ}13,6' \text{ W}$
С			$\varphi_c = 39,3^{\circ}$; $\varphi_o = 39,3336 = 39^{\circ}20,0' \text{ N}$
Д	ϵ		0,0008

Примечания: 1. Первым именуется светило, наблюдаемый пеленг которого ближе к 90° или к 270° (независимо от очередности измерений высот светил).

2. Гринвичские часовые углы вводятся в круговом западном счете по модулю $0 < t_{гр}^{\times} < 360^{\circ}$.

3. Северная широта, северное склонение и восточная долгота — положительные. Южная широта, южное склонение и западная долгота — отрицательные. Если долгота получилась более 360° , то величину 360° следует отбросить.

Программы для решения задачи двух высот по методу линий положения
и для ведения аналитического счисления

Таблица 4.3

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 0	60		23	ИП 3	63		46	ИП 4	64	
01	ИП 3	63		24	F cos	1Г		47	+	10	
02	F sin	1С		25	×	12		48	П 6	46	
03	×	12		26	—	11		49	ИП 4	64	
04	ИП 2	62		27	ИП 8	68		50	+	10	
05	ИП 1	61		28	:	13		51	2	02	
06	F sin	1С		29	ИП 4	64		52	:	13	
07	×	12		30	ИП 6	66		53	П С	4С	
08	—	11		31	+	10		54	ИП 6	66	
09	ИП 3	63		32	2	02		55	П 4	44	φ ₂
10	ИП 1	61		33	*:	13		56	ИП 9	69	
11	—	11		34	F cos	1Г		57	ИП А	6—	
12	F sin	1С		35	:	13		58	F sin	1С	
13	П 8	48		36	ИП 5	65		59	×	12	
14	:	13		37	+	10		60	ИП С	6С	
15	ИП 4	64		38	П 7	47	λ ₀	61	F cos	1Г	
16	+	10		39	С/П	50		62	:	13	
17	П 6	46	φ ₀	40	ИП 9	69		63	ИП Д	6Г	
18	ИП 2	62		41	ИП А	6—		64	:	13	
19	ИП 1	61		42	F cos	1Г		65	ИП 5	65	
20	F cos	1Г		43	×	12		66	+	10	
21	×	12		44	ИП Д	6Г		67	П 5	45	
22	ИП 0	60		45	:	13		68	С/П	50	λ ₂
									F АВТ		

Примечания: 1. Северные широты и восточные долготы положительные, южные широты и западные долготы отрицательные.

2. Программа, помещенная на 40—68 шагах, может применяться при плавании в интервале времени между первыми и вторыми наблюдениями высот светила несколькими курсами и на течении. Влияние течения учитывается как движение по курсу, равному направлению течения, на расстояние, равное произведению скорости течения на время плавания.

При определении места корабля по высотным линиям положения может возникнуть необходимость учета поправок за кривизну кругов равных высот. Если высотные линии положения прокладывали непосредственно на карте или на планшете формы Ш-8, то полученное обсервованное место принимают за первое приближение к искомому и измеряют расстояния l от определяющей точки каждой линии положения до обсервованной точки. Затем по высоте светила h и l из табл. 18 выбирают поправку x , на величину которой сдвигают соответствующую линию положения по направлению на светило. По уточненным линиям положения окончательно получают обсервованное место корабля.

При аналитическом решении задачи косвенным методом результат первого решения принимают за расчетную точку, для которой заново вычисляют элементы линий положения и по ним — окончательные координаты обсервованного места. Величины высот светил, при которых может возникнуть необходимость второго приближения, легко оцениваются по табл. 18.

Задача 15. Вычисление обсервованных географических координат по элементам нескольких высотных линий положения

Место корабля определяется наиболее точно и надежно по элементам нескольких высотных линий положения (задача трех высот, задача четырех высот и т. д.). Поправки к координатам расчетной точки, для которой были вычислены переносы n_i и азимуты $ИП_{ci}$, находятся по алгоритму метода наименьшей квадратичной формы:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\varphi_0 &= \frac{1}{D} (B_2 L_1 - B_1 L_2); \\ \Delta\lambda_0 &= \frac{1}{D \cos \varphi_m} (A_1 L_2 - A_2 L_1); \\ \varphi_0 &= \varphi_c + \Delta\varphi_0; \\ \lambda_0 &= \lambda_c + \Delta\lambda_0, \end{aligned} \right\} (4.6)$$

где $D = A_1 B_2 - A_2^2$;
 $A_1 = (N + k) \sum a_i^2 - (\sum a_i)^2$;
 $A_2 = B_1 = (N + k) \sum a_i b_i - (\sum a_i) (\sum b_i)$;
 $B_2 = (N + k) \sum b_i^2 - (\sum b_i)^2$;
 $L_1 = (N + k) \sum a_i n_i - (\sum a_i) (\sum n_i)$;
 $L_2 = (N + k) \sum b_i n_i - (\sum b_i) (\sum n_i)$;
 $a_i = \cos ИП_{ci}$;
 $b_i = \sin ИП_{ci}$;

$k = \frac{m_{nc}^2}{m_0^2}$ — корреляционный фактор, равный отношению дисперсии случайных погрешностей высотной линии положения m_{nc}^2 к дисперсии ее повторяющихся погрешностей (см. задачу 19);
 N — количество используемых линий положения.

Элементы высотных линий положения предварительно вычисляются согласно задаче 12.

СКП обсервованного места вычисляется по формуле

$$M_0 = m_{nc} \sqrt{(N + k) \frac{A_1 + B_2}{D}}. \quad (4.7)$$

Алгоритм 4.6 универсален:

при $k=0$ решение тождественно применению разностного метода отыскания вероятнейшего места корабля;

при $k > 9$ (практически при $m_0 < 3m_{nc}$) решение тождественно применению метода наименьших квадратов;

при оптимально выбранном k , лежащем при современном уровне развития астронавигационных средств и пособий в диапазоне от 12,0 (преобладают случайные погрешности измерений) до 0,2 (преобладают повторяющиеся погрешности исправлений высот светил), достигается наилучший результат решения.

При $k \geq 0,1$ по этому же алгоритму можно решить задачу двух высот.

Программа вычислений по формулам (4.6) и (4.7) дана в табл. 4.4. Ввод исходных данных и прохождение информации в ходе решения показаны в табл. 4.5.

Вычисления выполняются в следующем порядке

1. Вводят в ПМК программу из табл. 4.4 и проверяют правильность ее ввода по кодам команд.

Программа вычисления обсервованных координат места корабля
по нескольким высотным линиям положения

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП А	6—		33	ИП Д	6Г		66	П В	4L	B_2
01	F x^2	22		34	×	12		67	С/П	50	
02	ИП 0	60		35	ИП В	6L		68	ИП В	6L	
03	+	10		36	ИП 4	64		69	ИП 8	68	
04	П 0	40		37	+	10		70	×	12	
05	ИП Д	6Г		38	П 4	44		71	ИП А	6—	
06	×	12		39	ИП С	6С		72	F x^2	22	
07	ИП А	6—		40	×	12		73	—	11	
08	ИП 1	61		41	—	11		74	П 4	44	D
09	+	10		42	П 9	49	L_2	75	ИП 8	68	
10	П 1	41		43	ИП А	6—		76	ИП 9	69	
11	F x^2	22		44	ИП В	6L		77	×	12	
12	—	11		45	×	12		78	ИП А	6—	
13	П 8	48	A_1	46	ИП 3	63		79	ИП 7	67	
14	ИП А	6—		47	+	10		80	×	12	
15	ИП 9	69		48	П 3	43		81	—	11	
16	×	12		49	ИП Д	6Г		82	ИП 4	64	
17	ИП 2	62		50	×	12		83	:	13	
18	+	10		51	ИП 1	61		84	ИП 5	65	
19	П 2	42		52	ИП 4	64		85	:	13	
20	ИП Д	6Г		53	×	12		86	П 3	43	$\Delta\lambda'_0$
21	×	12		54	—	11		87	ИП В	6L	
22	ИП 1	61		55	П А	4—	$A_2=B_1$	88	ИП 7	67	
23	ИП С	6С		56	ИП В	6L		89	×	12	
24	×	12		57	F x^2	22		90	ИП А	6—	
25	—	11		58	ИП 6	66		91	ИП 9	69	
26	П 7	47	L_1	59	+	10		92	×	12	
27	ИП В	6L		60	П 6	46		93	—	11	
28	ИП 9	69		61	ИП Д	6Г		94	ИП 4	64	
29	×	12		62	×	12		95	:	13	
30	ИП 5	65		63	ИП 4	64		96	П 2	42	$\Delta\varphi_0$
31	+	10		64	F x^2	22		97	С/П	50	
32	П 5	45		65	—	11					
									F АВТ		

2. Оценивают возможные в условиях данной обсервации случайные погрешности высотных линий положения величиной СКП m_{nc} (см. задачу 19) и повторяющиеся погрешности величиной СКП m_0 .

Вычисляют величину $(N + m_{nc}^2/m_0^2)$ и вводят ее по адресу П Д.

3. Вычисляют алгебраическую сумму всех переносов и вводят ее по адресу П С.

4. Вводят 0 по адресам П 0—П 8, если до решения данной задачи на ПМК выполняли какие-либо программные вычисления.

5. Первый перенос вводят по адресу П 9.
 Вычисляют $\cos ИП_1$ и вводят по адресу П А.
 Вычисляют $\sin ИП_1$ и вводят по адресу П В.
 Пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. После останова счета по тем же адресам вводят n_2 , $\cos ИП_2$, $\sin ИП_2$ и пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. Аналогично вводят данные для всех линий положения.

6. Вводят косинус широты φ_c расчетной точки по адресу П 5, оценку СКП m_{nc} вводят по адресу П 6. Пускают ПМК на счет клавишей С/П.

7. По окончании счета на табло и по адресу ИП 2 находится обсервованная поправка широты $\Delta\varphi_0$, а по адресу ИП 3 — обсервованная поправка долготы $\Delta\lambda_0$ (обе — в минутах дуги). Обсервованные координаты φ_0 ; λ_0 вычисляют вручную.

8. Для вычисления СКП обсервации на пульте ПМК выполняют следующие операции: ИП 8 ИП В + ИП 4 : ИП Д \times FV⁻ ИП 6 \times и на табло читают M_0 в милях.

Таблица 4.5

Ввод исходных данных и прохождение информации при вычислении обсервованных координат по нескольким высотным линиям положения

Адрес ввода П	Аргументы	Прохождение информации (пример 4.4)		
		Исходная	Промежуточная	Итоговая
0			Σa_i^2	
1			Σa_i	
2			$\Sigma a_i n_i$	$\Delta\varphi_0 = -3,7'$
3			$\Sigma a_i b_i$	$\Delta\lambda_0 = -6,7'$
4			Σb_i	
5			$\cos \varphi_c = 0,6793$ $m_{nc} = 0,8'$	
6				
7			L_1	
8			A_1	
9	n_i' (мили)	- - - -	L_2	
А	$\cos ИП_i$	- - - -	$A_2 = B_1$	
В	$\sin ИП_i$	- - - -	B_2	
С	Σn_i	+12,9		
Д	$N + k$	6,56		

Примечание. Северная широта и северная разность широт, восточная долгота и восточная разность долгот положительные; южная широта и южная разность широт, западная долгота и западная разность долгот отрицательные.

При вводе по адресу П 5 числа 1 после останова счета по адресу ИП 3 получается отстояние между меридианами расчетной точки и обсервованного места по параллели φ_c .

В высоких широтах ($\varphi_c > 60^\circ$) для уточнения разности долгот по окончании расчета φ_0 вычислить $\varphi_m = \frac{\varphi_0 + \varphi_c}{2}$ и $\cos \varphi_m$ ввести по адресу П 5, затем начать счет командой БП 68 С/П. По адресу ИП 3 получится уточненная величина $\Delta\lambda_0$.

Пример 4.4. Для расчетной точки с координатами $\varphi_c = 47^\circ 12,5' N$; $\lambda_c = 163^\circ 05,5' E$ вычислены элементы высотных линий положения:

$$\begin{array}{ll} n_1 = +2,0' & ИП_1 = 139,5^\circ \\ n_2 = +6,2 & ИП_2 = 186,2 \\ n_3 = +5,8 & ИП_3 = 278,0 \\ n_4 = -1,1 & ИП_4 = 0 \end{array}$$

Оценка погрешностей линий положения: $m_{nc} = 0,8'$, $m_0 = 0,5'$.

Решение: Корреляционный член: $N + k = 4 + \frac{m_{nc}^2}{m_0^2} = 6,56$.

Сумма переносов $\sum n_i = +12,9$. Вычисления (см. табл. 4.4): $\varphi_0 = 47^\circ 12,5' - 3,7' = 47^\circ 08,8' N$; $\lambda_0 = 163^\circ 05,5' - 6,7' = 162^\circ 58,8' E$; $M_0 = 0,9$ мили.

Рассмотренная задача может быть решена посредством применения прямого итерационного метода (задача 14, п. А) для вычисления координат вершин «фигуры погрешностей» с последующим нанесением их на карту. Далее вершины «фигуры погрешностей» уравнивают центрографическим методом с учетом их весов. При оптимальном выборе светил для наблюдений этот метод дает результат, равноценный методу наименьшей квадратичной формы.

Задача 16. Уточнение счислимого места по одной высотной линии положения

Для вычисления элементов высотной линии положения принимают счислимое место, непосредственно соответствующее моменту измерения высоты светила. Для отыскания уточненного места используют СКП счислимого места $M_{сч}$ и полную СКП высотной линии положения m_n (см. задачу 19). Уточненное место находится на линии счислимого пеленга светила между счислимым местом и определяющей точкой линии положения в расстоянии x_0 от счислимого места:

$$x_0 = \frac{n}{1 + \frac{m_n^2}{(0,7M_{сч})^2}}. \quad (4.8)$$

Координаты уточненного места находятся по формулам:

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = \varphi_c + x_0 \cos ИП_c, \\ \lambda = \lambda_c + x_0 \sin ИП_c \sec \varphi_c, \end{array} \right\} \quad (4.9)$$

а его точность характеризуется эллипсом ошибок с полуосями:

$a = 0,7M_{сч}$ (направлена перпендикулярно линии $ИП_c$),

$$b = \frac{m_n}{\sqrt{m_n^2 + (0,7M_{сч})^2}} M_{сч}.$$

Предупреждение. Уточнение места по одной линии положения неравноценно обсервации. Место уточняется надежно по направлению линии $ИП_c$ и в противоположном направлении, но остается непроверенным по направлению, перпендикулярному линии $ИП_c$.

Программа вычислений x_0 , φ , λ , b дана в табл. 4.6. Порядок ввода информации и ход решения показаны в табл. 4.7. Величины n , m_n , $M_{сч}$ вводятся в милях; φ_c , λ_c , $ИП_c$ — в градусах.

Пример 4.5. 25 февраля 1988 г. в момент $T_c = 04^h 32^m$ в $\varphi_c = 4^\circ 41,0' S$ и $\lambda_c = 175^\circ 12,0' E$ наблюдали Солнце (см. пример 2.1). Вычислили элементы высотной линии положения:

$$n = -4,3'; \quad ИП_c = 98^\circ 36,6'.$$

Точность счислимого места оценили величиной $M_{сч} = 2$ мили, СКП высотной линии положения $m_n = 1,4$ мили.

Вычисления по уточнению счислимого места выполнены в табл. 4.7, кроме $a = 0,7M_{сч} = 0,7 \times 2 = 1,4$ мили.

Программа уточнения числимого места по одной высотной линии положения
В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
								36	+	10	
					×	12		37	П 9	49	λ
00	ИП 2	62		18	6	06		38	ИП С	6С	
01	F x ²	22		19	0	00		39	↑	0E	
02	↑	0E		20	:	13		40	ИП 2	62	
03	ИП В	6L		21	ИП 0	60		41	F x ²	22	
04	ИП 3	63		22	+	10		42	:	13	
05	×	12		23	П 8	48	φ	43	1	01	
06	F x ²	22		24	ИП 5	65		44	+	10	
07	П С	4С		25	F sin	1С		45	F 1/x	23	
08	:	13		26	ИП 7	67		46	F √	21	
09	1	01		27	×	12		47	↑	0E	
10	+	10		28	ИП 8	68		48	ИП 3	63	
11	F 1/x	23		29	F cos	1Г		49	×	12	
12	ИП 4	64		30	:	13		50	П А	4-	b
13	×	12		31	6	06		51	С/П	50	
14	П 7	47	x ₀	32	0	00					
15	ИП 5	65		33	:	13					
16	F cos	1Г		34	ИП 1	61					
17	П Д	4Г		35							
									F АВТ		

Примечание. При вычислениях по формулам (4.9) северная широта и восточная долгота положительные, южная широта и западная долгота отрицательные. Знак «минус» при x_0 означает, что уточненное место расположено на линии пеленга в направлении, противоположном направлению на светило.

Таблица 4.7

Уточнение числимого места по одной высотной линии положения

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (пример 4.5)	
		Исходная	Итоговая
0	φ _с	-4,6833	
1	λ _с	175,2	
2	m _n	1,4	
3	M _{сч}	2,0	
4	n	-4,3	
5	ИП _с	98,6	
6			
7			
8			x ₀ = -2,2 мили
9			φ = -4,6779 = 4°40,7' S
А			λ = 175,1641 = 175°09,8' E
В	0,707		b = 1,4 мили

Задача 17. Вычисление вероятнейшего места корабля по результатам работы „астрономического расчета“

Вероятнейшее место, выводимое по результатам совместных наблюдений операторов астрономического расчета корабля, может быть вычислено двумя методами:

а) обобщаются обсервованные координаты φ_{o_i} и λ_{o_i} , полученные каждым оператором независимо согласно задачам 14 или 15 и приведенные к месту корабля в заданный момент $T_{пр}$; каждый оператор рассчитывает СКП своей обсервации M_{o_i} согласно задаче 19. В этом варианте вероятнейшие обсервованные координаты вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \frac{1}{M_{o_i}^2}; \\ \varphi_{в} &= \frac{\sum P_i \varphi_{o_i}}{\sum P_i}; \\ \lambda_{в} &= \frac{\sum P_i \lambda_{o_i}}{\sum P_i}; \\ M_{в} &= \frac{1}{\sqrt{\sum P_i}}; \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

б) для каждого светила обобщаются все полученные операторами элементы высотных линий положения, вычисления которых выполняют для единой расчетной точки с приведением к одному месту наблюдений согласно задаче 12. Вероятнейшие элементы линий положения вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_i &= \frac{1}{m_n^2}; \\ n_{в_i} &= \frac{\sum p_i n_i}{\sum P_i}; \\ ИП_{в_i} &= \frac{\sum ИП_{c_i}}{N}. \end{aligned} \right\} \quad (4.11)$$

Далее координаты вероятнейшего места могут быть вычислены: в задаче двух высот — по программе из табл. 4.3 (шаги 00—39), в задачах трех и четырех высот — по программе из табл. 4.4 при $k=0,2$.

Для оценки точности вероятнейшего места пользуются формулами из задачи 19 с учетом СКП вероятнейшей линии положения:

$$m_{n_{в}} = \frac{1}{\sqrt{\sum P_i}}.$$

Группу равноточных линий положения можно также обработать по программе из задачи 15.

При первом варианте решения для приведения координат обсервованных мест операторов к месту корабля в момент $T_{пр}$ можно воспользоваться программой из табл. 4.3 (шаги 40—68).

Задача 18. Вычисление обсервованных географических координат по результатам измерений высоты и азимута светила

Определение места корабля по измеренным высоте и азимуту светила целесообразно, если эти измерения равноточны, а угол между кругом равных высот и изоазимутой в районе счислимого места лежит

Программа вычисления обсервованных координат по наблюдаемым высоте
и истинному пеленгу Солнца, планеты или Луны

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		30	F cos	1Г		60	:	13	
01	ИП 7	67		31	ИП В	6L		61	F arccos	1—	
02	:	13		32	F tg	1E		62	П 8	48	t_M
03	2	02		33	:	13		63	ИП 6	66	
04	×	12		34	F arctg	1L	ψ	64	F x=0	5E	
05	1	01		35	П С	4C		65	70	70	
06	—	11		36	F cos	1Г		66	ИП 8	68	t_M^W
07	F arccos	1—		37	ИП Д	6Г		67	ИП 9	69	$t_{гр}$
08	П Д	4Г		38	F sin	1C		68	—	11	
09	ИП 6	66		39	×	12		69	С/П	50	λ_0
10	П С	4C		40	ИП В	6L		70	ИП 7	67	
11	ИП 0	60		41	F sin	1C		71	ИП 8	68	
12	0	00		42	:	13		72	—	11	
13	F ○	25		43	F arcsin	19	$\varphi_0 + \psi$	72	—	11	
14	ИП Д	6Г		44	ИП С	6C	ψ	73	П 8	48	t_M^W
15	ИП С	6C		45	—	11		74	БП	51	
16	×	12		46	П С	4C	φ_0	75	67	67	
17	F cos	1Г		47	F sin	1C		76	ИП 8	68	
18	К ИП С	ГC		48	ИП Д	6Г		77	F tg	1E	
19	×	12		49	F sin	1C		78	ИП С	6C	
20	+	10		50	×	12		79	F sin	1C	
21	ИП С	6C		51	ИП В	6L		80	×	12	
22	1	01		52	F sin	1C		81	F arctg	1L	
23	—	11		53	—	11		82	9	09	
24	П С	4C		54	/—/	0L		83	00	00	
25	F x=0	5E		55	ИП Д	6Г		84	← xy →	14	
26	13	13		56	F cos	1Г		85	—	11	
27	F ○	25		57	:	13		86	П 6	46	
28	С/П	50	$t_{гр}; \delta$	58	ИП С	6C		87	С/П	50	θ_{hA}
				59	F cos	1Г			F АВТ		
29	ИП А	6—									

в пределах $30^\circ < \theta_{hA} < 150^\circ$. Вычисления обсервованных координат выполняются прямым методом по формулам:

$$\left. \begin{aligned}
 \theta_{hA} &= 90^\circ - \text{arctg}(\sin \varphi \text{tg } t_M); \\
 \psi &= \text{arctg} \frac{\cos \text{ИП}}{\text{tg } h}; \\
 \varphi_0 + \psi &= \text{arcsin}(\cos \psi \sin \delta \text{cosec } h); \\
 \varphi_0 &= (\varphi_0 + \psi) - \psi; \\
 t_M &= \text{arccos} \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi_0}{\cos \varphi_0 \cos \delta}; \\
 \lambda_0 &= t_M - t_{гр}.
 \end{aligned} \right\} (4.12)$$

Программа вычислений дана в табл. 4.7; ввод исходных данных и прохождение информации при наблюдениях Солнца, планет и Луны показаны в табл. 4.8. Программа вычислений при наблюдениях звезды дана в табл. 4.9, ввод исходных данных и прохождение информации при наблюдениях звезды показаны в табл. 4.10.

Таблица 4.8

Ввод исходных данных и прохождение информации при определении места корабля
высотно-азимутальным способом
(наблюдения Солнца, планеты или Луны)

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (пример 4.6)		
		Исходная	Промежуточная	Итоговая
0	$a_0; d_0$	183,4174	-8,5628	
1	$a_1; d_1$	5760,8383	-5,8515	
2	$a_2; d_2$	-0,1487	0,1324	
3	$a_3; d_3$	-0,0134	0,0175	
4	$a_4; d_4$	0,0002	0,0	
5	$a_5; d_5$	0,0003	0,0002	
6	5	5	5	$\theta_{нл} = 55,7^\circ$ (обсервация доброкачественная)
7	Солнце: 32 Луна: 5	32	32	360
8	Солнце: τ Луна: $T - T_0$	2,964757	2,964757	$t_m = 318,6197^\circ$
9	$t_{гр}$		-4510,0053	-4510,0053
A	ИП; 360—ИП		55,775	
B	h		31,6233	
C				$\varphi_0 = -50,750418^\circ = 50^\circ 45,0' S$
D	δ		-3,7471	-3,7471
x		-4510,0053	-3,7471	$\lambda_0 = 148,62499^\circ = 148^\circ 35,5' E$

Примечание. Северная широта и восточная долгота положительные, южная широта и западная долгота отрицательные.

Порядок вычислений при измерениях высоты и пеленга Солнца, планеты или Луны

1. Ввести программу из табл. 4.7 и проверить ее ввод по кодам команд. При подготовке к наблюдениям выяснить целесообразность обсервации высотно-азимутальным способом:

— по звездному глобусу оценить ориентировочную величину часового угла светила t_m в намеченный срок наблюдений и ввести ее по адресу П 8;

— ввести счислимую широту места наблюдений по адресу П С;

— командами БП 76 С/П пустить ПМК на счет; после останова на табло и по адресу ИП 6 находится угол $\theta_{нл}$. Например, при $\varphi = 50^\circ S$ и $t_m = 45^\circ$ получается $\theta_{нл} = 127^\circ$, и обсервация целесообразна.

2. С помощью табл. 1 или 2 (для Луны) вычислить гринвичский часовой угол и склонение светила, руководствуясь задачей 1 или 2. Ввести $t_{гр}$ светила по адресу П 9, склонение — по адресу П Д.

Программа вычисления обсервованных координат по наблюдаемым высоте
и истинному пеленгу звезды

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		32	П 9	49		64	F cos	1Г	
01	ИП 7	67		33	С/П	50	$t_{гр}^*$	65	:	13	
02	:	13						66	F arccos	1—	
03	2	02		34	ИП А	6—		67	П 8	48	t_M
04	×	12		35	F cos	1Г		68	ИП 6	66	
05	1	01		36	ИП В	6L		69	F x=0	5E	
06	—	11		37	F tg	1E		70	75	75	
07	F arccos	1—		38	:	13		71	ИП 8	68	t_M^W
08	П Д	4Г		39	F arctg	1L		72	ИП 9	69	$t_{гр}$
09	ИП 6	66		40	П С	4С	ψ	73	—	11	
10	П С	4С		41	F cos	1Г		74	С/П	50	λ_0
11	ИП 0	60		42	ИП Д	6Г					
12	0	00		43	F sin	1С		75	ИП 7	67	
13	F ○	25		44	×	12		76	ИП 8	68	
14	ИП Д	6Г		45	ИП В	6L		77	—	11	
15	ИП С	6С		46	F sin	1С		78	П 8	48	
16	×	12		47	:	13		79	БП	51	
17	F cos	1Г		48	F arcsin	19	$\varphi_0 + \psi$	80	72	72	
18	К ИП С	ГС		49	ИП С	6С	ψ				
19	×	12		50	—	11		81	ИП 8	68	
20	+	10		51	П С	4С	φ_0	82	F tg	1E	
21	ИП С	6С						83	ИП С	6С	
22	1	01		52	F sin	1С		84	F sin	1С	
23	—	11		53	ИП Д	6Г		85	×	12	
24	П С	4С		54	F sin	1С		86	F arctg	1L	
25	F x=0	5E		55	×	12		87	9	09	
26	13	13		56	ИП В	6L		88	0	00	
27	F ○	25		57	F sin	1С		89	← xy	14	
28	С/П	50	$t_{гр}^*$	58	—	11		90	—	11	
				59	/—/	0L		91	П 6	46	θ_{hA}
				60	ИП Д	6Г		92	С/П	50	
29	ИП 9	69		61	F cos	1Г					
30	ИП С	6С		62	:	13			F АВТ		
31	+	10		63	ИП С	6С					

3. Если $ИП < 180^\circ$, то ввести его по адресу П А. Если $ИП > 180^\circ$, то вычислить величину $360^\circ - ИП$ и ввести в П А.

4. Если высота светила измерена одновременно с ИП, то привести ее к месту наблюдения ИП согласно задаче 10. Приведенную истинную высоту светила ввести по адресу П В.

5. Если $ИП < 180^\circ$, то ввести по адресу П 6 число 5. Если $ИП > 180^\circ$, то ввести по адресу П 6 число 0. По адресу П 7 ввести число 360.

Таблица 4.10

Ввод исходных данных и прохождение информации при определении места корабля по наблюдаемым высоте и пеленгу звезды

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (пример 4.7)		
		Исходная	Промежуточная	Итоговая
0	a_0	263,9680		
1	a_1	5775,7706		
2	a_2	0,0000		
3	a_3	0		
4	a_4	0		
5	a_5	-0,0001		
6	5	5	5 или 0	$\theta_{hA} = 79,2^\circ$
7	32	32	360	
8	τ	25,9295		
9			$t_{гр}^* = 47,2579$	
А	ИП; 360-ИП		160,705	
В	h		35,1783	
С	τ^*		158,88167	$\varphi_0 = 41,721934^\circ$
Д	δ		-11,0092	
х			4007,2579	$\lambda_0 = -31,28254^\circ$

Примечания: 1. Северная широта и восточная долгота положительные, южная широта и западная долгота отрицательные.

2. При $ИП > 180^\circ$ по адресу П 6 на втором этапе счета вводится 0 и по адресу П А величина 360 — ИП.

6. Пустить ПМК на счет клавишами БП 29 С/П.

7. После останова счета на табло видна obserвованная долгота (в градусах и их долях), которую следует записать. Восточная долгота положительная, западная отрицательная. При необходимости должны быть исключены периоды изменения часового угла $360 \cdot n_0$.

8. По адресу ИП С находится obserвованная долгота φ_0 .

9. Командой БП 76 С/П пустить ПМК на счет. После останова и по адресу ИП 6 находится угол θ_{hA} , который может быть использован для суждения о добротности obserвации по геометрическим ее условиям и для расчета СКП obserвации (см. задачу 19).

Пример 4.6. 2 октября 1986 г. в Индийском океане в точке $\varphi_c = 50^\circ 40' S$ и $\lambda_c = 148^\circ 33' E$ в момент $T_{гр} = 23^h 09^m 15^s$ получены истинная высота Солнца $h = 31^\circ 37,4'$ и его пеленг $ИП = 50^\circ 46,5'$. Вычислить obserвованное место корабля.

Решение: См. в табл. 4.8.

Эта же задача может быть решена косвенным методом по двум линиям положения — см. задачи 12, 13 и 14.

Пример 4.7. 25 июня 1986 г. в момент $T_{гр} = 22^h 18^m 29^s$ наблюдали звезду α Девы и получили:

$$h = 35^\circ 10,7'; \text{ ИП} = 199^\circ 17,7'.$$

Вычисления дали (см. табл. 4.10):

$$\varphi_0 = 41^\circ 43,3' N; \lambda_0 = 31^\circ 17,0' W; \theta_{hA} = 79,2^\circ.$$

Порядок вычислений при измерениях высоты и пеленга звезды

1. Ввести программу из табл. 4.9 и проверить ее ввод по кодам команд. При подготовке к наблюдениям:
— по звездному глобусу подобрать звезду, ориентировочно оценить ее местный часовой угол t_m^* в намеченный срок наблюдений и ввести его по адресу П 8;

— счислимую широту места наблюдений ввести по адресу П С; командами БП 81 С/П пустить ПМК на счет. После останова счета на табло и по адресу ИП 6 находится угол $\theta_{нл}$, позволяющий оценить геометрические условия обсервации.

Если в табл. 21 выбранная звезда отсутствует, то заблаговременно рассчитать ее координаты δ и α согласно задаче 4; затем вычислить $\tau^* = 360^\circ - \alpha$.

2. Из табл. 1 для точки Овна выбрать коэффициенты $a_0 - a_5$ и ввести их по адресам согласно табл. 4.10. Ввести константы 5 и 32, интервал времени τ , равный

$$\text{ЧЧ} \uparrow \text{ММ} \uparrow \text{СС} \uparrow 60 : + 60 : + 24 : \text{Д} +$$

по указанным в таблице адресам. Пустить ПМК на счет клавишами В/О С/П. После первого останова счета на табло виден $t_{гр}^{\wedge}$, который следует направить по адресу П 9.

Если звезда не опознана, то к $t_{гр}^{\wedge}$ согласно формуле (2.8) следует придать счислимую долготу λ_c и далее использовать t_m^{\wedge} для установки звездного глобуса на момент наблюдений.

3. Из табл. 21 выбрать координаты звезды и ввести их по адресам:

$$\tau^* \dots \dots \text{П С} \quad \delta \dots \dots \text{П Д.}$$

При $ИП > 180^\circ$ по адресу П 6 ввести 0 и по адресу П А ввести величину $360 - ИП$. При $ИП < 180^\circ$ ввести его по адресу П А. Высоту h ввести по адресу П В, величину $360 - h$ в П 7. Пустить ПМК на счет, нажав клавишу С/П. После второго останова счета на табло и по адресу П 9 находится $t_{гр}^*$, который рекомендуется (путем исключения периодов изменения часового угла $360 \cdot n_0$) представить величиной $0 < t_{гр}^* < 360^\circ W$, а затем записать по адресу П 9.

4. Пустить ПМК на счет, нажав клавишу С/П. После третьего останова счета на табло будет величина обсервованной долготы λ_o , которую необходимо сразу же записать. По адресу ИП С находится обсервованная широта φ_o .

5. Для оценки достоверности обсервации пустить ПМК на счет клавишами БП 81 С/П. После останова счета на табло и по адресу ИП 6 находится угол пересечения высотной и азимутальной линий положения $\theta_{нл}$, который может быть использован для расчета СКП обсервации согласно задаче 19.

Задача 19. Оценка точности астронавигационной обсервации

Полная СКП высотной линии положения вычисляется по формуле

$$m_n = \sqrt{\frac{m_{oc}^2}{N} + m_0^2 + m_{cl}^2}, \quad (4.13)$$

где m_{oc} — СКП одиночного измерения высоты светила (отсчета секстанта); в зависимости от условий наблюдений можно ожидать $m_{oc} = 0,6 - 1,3'$;
 N — количество отсчетов секстана в серии измерений высоты светила;

m_0 — СКП исправления измеренной высоты светила; ее ожидаемые значения:

- при использовании накломера от 0,2 до 0,5',
- без накломера в высоких широтах от 1 до 2,5',
- без накломера в других районах от 0,5 до 1,5'.

Эти ориентировочные оценки должны уточняться по мере накопления опыта плавания в заданном районе Мирового океана.

СКП обработки наблюдений $m_{сл}$ зависит от применяемых пособий и вычислительных средств. При работе с альманахом и ПМК ее можно принять равной $m_{сл} = 0,1'$, при табличных вычислениях $m_{сл} = 0,2-1'$ в зависимости от натренированности вычислителя.

Частная СКП высотной линии положения, применяющаяся в тех случаях, когда повторяющиеся погрешности исправления высот исключены методом обработки наблюдений, равна

$$m_{nc} = \sqrt{\frac{m_{oc}^2}{N} + m_{сл}^2}. \quad (4.14)$$

Ее величина должна оцениваться на основании личного опыта плавания в заданном районе с учетом изменений m_{oc} .

СКП азимутальной линии положения

$$m_{n\Lambda} = \frac{\sqrt{m_{ип}^2 + m_{сл}^2}}{g_{\Lambda}}, \quad (4.15)$$

где $m_{ип}$ — СКП истинного пеленга светила, обусловленная погрешностями измерения и исправления пеленга;

$m_{сл}$ — СКП счислимого пеленга;

$$g_{\Lambda} = \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi_c + \operatorname{tg}^2 h_c - 2 \operatorname{tg} \varphi_c \operatorname{tg} h_c \cos \text{ИП}_c} \text{ — градиент } \text{ИП}_c.$$

Оценка точности решения задачи двух высот:

$$M_o = \frac{1}{\sin(\text{ИП}_2 - \text{ИП}_1)} \sqrt{2[m_n^2 - m_o^2 \cos(\text{ИП}_2 - \text{ИП}_1)]}. \quad (4.16)$$

Оценка точности решения задачи двух одновременных высот:

$$M_{co} = \frac{1}{\sin(\text{ИП}_2 - \text{ИП}_1)} \sqrt{m_{n1}^2 + m_{n2}^2 + \frac{M_c^2}{2}}, \quad (4.17)$$

где при интервале времени τ между первыми и вторыми наблюдениями менее 2 ч $M_c = 0,7K_c \tau^u$, а в прочих случаях $M_c = K_c \sqrt{\tau^u}$ (K_c — коэффициент точности счисления; τ^u — берется в часах и долях часа).

Оценка точности высотно-азимутального способа:

$$M_o = \sqrt{m_n^2 + m_{n\Lambda}^2} \operatorname{cosec} \theta_{n\Lambda}. \quad (4.18)$$

Оценка точности решения задачи трех высот методом наименьшей квадратичной формы:

$$M_o = K_0 m_{nc}, \quad (4.19)$$

где коэффициент геометрической точности K_0 выбирается из табл. 4.11.

Оценка точности решения задачи четырех высот при расположении светил по всему горизонту с разностью азимутов между смежными светилами около $70-90^\circ$:

$$M_o = m_{nc}. \quad (4.20)$$

В других случаях расположения светил M_o вычисляется в задаче 15.

Отношение $\frac{m_{nc}}{m_o}$	Смежные разности азимутов трех светил $\Delta A_{1, 2} \approx \Delta A_{2, 3}$				90—120
	30	45	60	75	
1	1,9	1,7	1,6	1,6	1,4—1,2
1/2	2,6	2,4	2,1	1,8	1,4—1,2
1/3	3,4	3,0	2,3	1,8	1,4—1,2

Задача 20. Определение поправки курсоуказателя

Если компасный пеленг светила был измерен в момент $T_{гр}$ по всемирному времени, то истинный пеленг светила на этот же момент вычисляется по программам из задачи 12. При пеленговании светила вблизи линии N—S рекомендуется программа из табл. 3.7, при пеленговании вблизи линии E—W—программа из табл. 3.5, шаги 00—72. При наблюдениях звезд соответственно рекомендуются программы из табл. 3.11 и 3.9. Поправка курсоуказателя получается по формуле

$$\Delta K = ИП - КП. \quad (4.21)$$

Пример 4.8. 5 апреля 1987 г. в точке $\varphi_c = 74^\circ 12' N$; $\lambda_c = 22^\circ 36' E$ измерен компасный пеленг звезды Лядебаран:

$$КП = 237,2^\circ, T_{гр} = 17^h 42^m 36^s.$$

Определить поправку курсоуказателя.

Решение: Вычисления истинного пеленга звезды показаны в табл. 3.10 и в табл. 3.12. Поправка курсоуказателя равна

$$\Delta K = 238,0^\circ - 237,2^\circ = +0,8^\circ.$$

Задача 21. Оценка астронавигационной обстановки в районе плавания

Оценка астронавигационной обстановки включает в себя решение следующих задач:

- оценку естественной освещенности и выбор сроков наблюдений светил, выгодных для получения обсерваций наилучшей точности;
- вычисление времени прихода светила в заданное положение на небосводе (на заданную высоту или на заданный пеленг);
- оценку расположения светил в назначенный срок наблюдений и целеуказание на светила, избранные для наблюдений.

Первая частная задача оценки астронавигационной обстановки сводится к расчету времени восхода и захода Солнца и Луны, начала и конца сумерек.

Высоту Луны при восходе и заходе принимают равной нулю. Высоту Солнца при восходе и заходе его верхнего края, наблюдаемых с уровня моря, в среднем принимают равной $-50,3' = -0,8383^\circ$. При высоте глаза наблюдателя над уровнем моря $e \neq 0$ и с учетом фактических температуры и давления воздуха высоту Солнца получают с помощью таблиц 5, 7, 8 (см. задачу 7):

$$h^\odot = -50,3' - \Delta h_d \pm \Delta h_t \pm \Delta h_B.$$

При наступлении навигационных сумерек утром $h^\odot = -12^\circ$, вечером $h^\odot = -6^\circ$. При окончании навигационных сумерек утром $h^\odot = -6^\circ$, вечером $h^\odot = -12^\circ$.

На первом этапе согласно задаче 1 или 2 вычисляются часовые углы и склонения Солнца или Луны на $T_{гр} = 0^h$ заданной даты и на

$T_{гр} = 0^h$ следующей даты, обозначаемые соответственно t_{00} , δ_{00} и t_{24} , δ_{24} . Затем разности $t_{24} - t_{00}$ и $\delta_{24} - \delta_{00}$ делят на 24^h и получают скорости изменения часового угла ω_t °/ч и склонения ω_δ °/ч.

На втором этапе вычисляют местный часовой угол в момент нахождения светила на заданной высоте к востоку или к западу от плоскости местного меридиана:

$$t_m = \arccos \frac{\sin h - \sin \varphi_c \sin \delta_{00}}{\cos \varphi_c \cos \delta_{00}}.$$

Если заданы высота и азимут, то t_m светила в момент наступления этого явления может быть найден по формуле

$$t_m = \arcsin \frac{\cos h \sin ИП}{\cos \delta_{00}}.$$

Явления на восточной половине небосвода классифицируют вводом условного признака L — любого положительного числа. Явления на западной половине небосвода классифицируют вводом в программу вычислений любого отрицательного числа.

По величине t_m получают приближенное $T_{гр}$ явления:

$$T_{грпр} = \frac{t_m - t_{00} - \lambda_c}{\omega_t}.$$

Это приближенное $T_{гр}$ уточняют вводом поправки за изменение склонения от полуночи до момента наступления явления:

$$\Delta T_\delta = \frac{1}{15} \sec^2 \delta_{00} \operatorname{tg} \varphi_c \operatorname{cosec} t_m \omega_\delta T_{грпр}.$$

Окончательное значение судового времени наступления явления:

$$T_c = T_{грпр} + \Delta T_\delta \pm N_{св}^F.$$

При вычислениях северную широту, северное склонение и восточную долготу принимают положительными; южную широту, южное склонение и западную долготу — отрицательными.

Порядок вычислений

1. Вводят программу из табл. 4.12 и проверяют правильность ее ввода по кодам команд.
2. Руководствуясь табл. 4.13, вводят коэффициенты $a_0 - a_5$ из табл. 1 или 2 (для Луны) и константы по адресам П 6 и П 7.
3. Вводят интервал времени τ по адресу П 8 для $T_{гр} = 0^h$ заданной даты; для Солнца $\tau = Д$, для Луны $\tau = Д - Д_r$. Пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. После останова счета на табло виден t_{00} , который без изменений направляют по адресу П 9.
4. Вводят интервал времени $\tau + 1$ по адресу П 8. Пускают ПМК на счет клавишами В/О С/П. После останова счета дают команды нажатием клавиш ИП 9 — 24 : П В.
5. Дают команду ИП 9 и высвеченный на табло t_{00} приводят к величине $0 < t_{00} < 360$, придавая или вычитая необходимое количество периодов изменения часового угла $360 \cdot n_0$. Результат направляют по адресу П 9.
6. Вводят коэффициенты $d_0 - d_5$ и τ . Клавишами В/О С/П пускают ПМК на счет и получают на табло величину δ_{00} , которую направляют по адресу П А. По условию $\delta < (90^\circ - \varepsilon)$ проверяют реальность явления восхода и захода светила в заданной широте φ_c при получившемся его склонении δ_{00} .
7. Вводят интервал времени $\tau + 1$ по адресу П 8. Клавишами В/О С/П пускают ПМК на счет и после останова на табло имеют δ_{24} . Дают команду клавишами ИП А — 24 : П Д.

Программа вычисления гринвичского времени восхода и захода Солнца и Луны

В/О Г ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		31	ИП 8	68		62	+		10
01	ИП 7	67		32	F cos	1Г		63	П 6		46
02	:	13		33	:	13		64	ИП С		6С
03	2	02		34	ИП А	6—		65	—		11
04	×	12		35	F cos	1Г		66	ИП В		6L
05	1	01		36	:	13		67	:		13
06	—	11		37	ИП 8	68		68	П 7		47
07	F arccos	1—		38	F tg	1E		69	ИП 8		68
08	П Д	4Г		39	ИП А	6—		70	F tg		1E
09	ИП 6	66		40	F tg	1E		71	ИП А		6—
10	П С	4С		41	×	12		72	F cos		1Г
11	ИП 0	60		42	—	11		73	F x ²		22
12	0	00		43	F arccos	1—		74	:		13
13	F ○	25		44	П 6	46	t _м	75	ИП Д		6Г
14	ИП Д	6Г		45	ИП 7	67		76	×		12
15	ИП С	6С		46	F x ≥ 0	59		77	ИП 6		66
16	×	12		47	54	54		78	ИП 9		69
17	F cos	1Г		48	3	03		79	+		10
18	К ИП С	ГС		49	6	06		80	F sin		1С
19	×	12		50	0	00		81	:		13
20	+	10		51	ИП 6	66		82	1		01
21	ИП С	6С		52	—	11		83	5		05
22	1	01		53	П 6	46		84	:		13
23	—	11		54	ИП 6	66		85	ИП 7		67
24	П С	4С		55	ИП 9	69		86	×		12
25	F x = 0	5E		56	—	11		87	ИП 7		67
26	13	13		57	F x < 0	5С		88	+		10
27	F ○	25		58	63	63		89	П 7		47
28	С/П	50	t _{гр} ; в	59	3	03		90	БП		51
				60	6	06		91	28		28
29	ИП 6	66		61	0	00		92	С/П		50
30	F sin	1С							F АВТ		

8. Вводят аргументы для второго этапа вычислений по адресам, указанным в табл. 4.13: h , L , φ_c , λ_c . Командой БП 29 С/П пускают ПМК на счет. После останова имеют на табло и по адресу ИП 7 всемирное время наступления явления $T_{гр}$, которому придают принятый на корабле N_c и получают T_c .

Для повторного вычисления достаточно ввести заново h и L .

Ввод исходных данных и прохождение информации при расчетах освещенности морского горизонта

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (пример 4.9)		
		Вычисление эфемерид		Вычисление $T_{гр}$ явления освещенности
		$t_{гр}$	δ	
0	$a_0; d_0$	297,3123	5,6636	
1	$a_1; d_1$	872,8946	-14,5343	
2	$a_2; d_2$	0,0050	-0,5779	
3	$a_3; d_3$	-0,1694	0,1483	
4	$a_4; d_4$	-0,0103	0,0039	
5	$a_5; d_5$	0,0010	0,0009	
6	5	5	5	$h = 0$
7	Солнце: 32 Луна: 5	5	5	$L \begin{cases} \text{Восход: } 1 \\ \text{Заход: } -1 \end{cases}$
8	τ	0; 1	0; 1	$\varphi_c = 62,25$
9		$t_{00} = -575,4192$ (144,5808)		
А			$\delta_{00} = 19,4747$	
В		$\omega_t = 14,53515$		$\lambda_c = 4,4$
С			$\omega_\delta = -0,1997$	
Д				

Результат: $T_{гр}^{\widehat{\Delta}} = 5,629^h = 5^h 38^m$; $T_{гр}^{\Delta} = 22,7008^h = 22^h 42^m$

Пример 4.9. Вычислить судовое время восхода и захода Луны 10 июля 1986 г. в Норвежском море для точки $\varphi_c = 62^\circ 15' N$; $\lambda_c = 4^\circ 24' E$, T_c — московское летнее.
Решение: См. табл. 4.13. Вычисленное $T_{гр}$ явления хранится по адресу ИП 7. Судовое время явлений: 10 июля восход Луны в $09^h 38^m$, заход Луны в $02^h 42^m$ (11 июля).

Задача 22. Опознание наблюдаемого светила

Опознание наблюдаемого светила может быть выполнено по звездному глобусу с использованием табл. 1 и 3.

На звездный глобус рекомендуется предварительно нанести видимые места планет для даты наблюдений. Необходимые для этого прямые восхождения и склонения планет получают по табл. 1. На первое число каждого календарного месяца эти координаты непосредственно указаны в табл. 1. Для других дат они получаются:

склонение — непосредственным вычислением по схеме табл. 2.2, прямое восхождение — по формуле $\alpha = t_{гр}^{\wedge} - t_{гр}^{пл}$, где гринвичский часовой угол точки Овна и гринвичский часовой угол планеты предварительно вычислены по схеме табл. 2.2.

Для контроля за нанесением планет рекомендуется пользоваться табл. 20.

Звездный глобус устанавливают по широте места наблюдений (высота повышенного полюса над горизонтом равна широте места; северный полюс должен быть над точкой N горизонта, южный полюс — над точкой S), а затем — по местному часовому углу точки Овна, вычисленному на момент наблюдений согласно задаче 3. Опознание светила производится по его наблюдаемой высоте и пеленгу.

При отсутствии глобуса опознание светила производится путем сравнения вычисляемых по данным наблюдений высоты и пеленга величин δ_c и α_c с их табличными значениями, указанными в табл. 1 и 3 (или предвычисленными на дату наблюдений).

Программа вычисления δ_c и α_c дана в табл. 4.14, ввод исходных данных и порядок решения показаны в табл. 4.15. При составлении программы (шаги 29—65) использованы формулы:

$$\delta_c = \arcsin(\sin \varphi_c \sin h + \cos \varphi_c \cos h \cos IP),$$

$$t_m = \arccos(\sec \varphi_c \sin h \sec \delta_c - \operatorname{tg} \varphi_c \operatorname{tg} \delta_c),$$

$$\alpha_c = t_m^{\wedge} - t_m = t_{\text{гр}}^{\wedge} \pm \lambda_{\text{св}}^E - t_m.$$

Величина $t_{\text{гр}}^{\wedge}$ вычисляется по стандартной подпрограмме из задачи 3 (шаги 00—28 в табл. 2.1 или 2.7).

Таблица 4.14

Программа вычисления прямого восхождения и склонения светила по наблюдаемым высоте и истинному пеленгу в задаче опознания светила

В/О Ф ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	*Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	ИП 8	68		23	—	11		45	F cos	1Г	
01	ИП 7	67		24	П С	4С		46	F 1/x	23	
02	:	13		25	F x=0	5Е		47	ИП В	6L	
03	2	02		26	13	13		48	F sin	1С	
04	×	12		27	F ○	25		49	×	12	
05	1	01		28	С/П	50	$t_{\text{гр}}^{\wedge}$	50	ИП С	6С	
06	—	11						51	F cos	1Г	
07	F arccos	1—		29	ИП В	6L		52	:	13	
08	П Д	4Г		30	F sin	1С		53	ИП Д	6Г	
09	ИП 6	66		31	ИП С	6С		54	F tg	1Е	
10	П С	4С		32	F sin	1С		55	ИП С	6С	
11	ИП 0	60		33	×	12		56	F tg	1Е	
12	0	00		34	ИП В	6L		57	×	12	
13	F ○	25		35	F cos	1Г		58	—	11	
14	ИП Д	6Г		36	ИП С	6С		59	F arccos	1—	
15	ИП С	6С		37	F cos	1Г		60	П 3	43	t_m^*
16	×	12		38	ИП А	6—		61	ИП 9	69	
17	F cos	1Г		39	F cos	1Г		62	← xy →	14	
18	К ИП С	ГС		40	×	12		63	—	11	
19	×	12		41	×	12		64	П 4	44	α
20	+	10		42	+	10		65	С/П	50	
21	ИП С	6С		43	F arcsin	19					
22	1	01		44	П Д	4Г	δ		F АВТ		

При опознании светила по вычисленным δ_c и α_c следует учитывать, что они могут отличаться от истинных значений до 2° по склонению

и до 5° по прямому восхождению вследствие неточного измерения высоты и пеленга светила или неточного знания координат места наблюдений φ_c и λ_c .

Ввод исходных данных и прохождение информации в задаче опознания светила

Таблица 4.15

В/О F ПРГ

Адрес ввода П	Аргументы, константы	Прохождение информации (пример 4.10)	
		Исходная	Итоговая
0	a_0	324,3637	
1	a_1	5775,7704	
2	a_2	0	
3	a_3	0	$t_m^* = 169,19097$
4	a_4	0	$\alpha = 90,9^\circ$
5	a_5	0	
6	b	5	
7	32	32	
8	τ	3,88387	
9		$t_{гр}^{\wedge} = -4049,3838$	$t_m^{\wedge} = 260,1162$
A	ИП		350
B	h		6,7
C	φ_c		73,3
D	δ		$\delta = 23,1296$
x		-4049,3838	90,92523

Примечание. Северная широта и северное склонение, восточная долгота положительные. Южная широта и южное склонение, западная долгота отрицательные.

Порядок вычислений

1. Ввести программу из табл. 4.14 и проверить правильность ее ввода по кодам команд.
2. Руководствуясь табл. 4.15, ввести из табл. 1 для точки Овна коэффициенты a_0 — a_5 , константы и интервал времени τ .
3. Клавишами В/О С/П пустить ПМК на счет. После первого останова счета на табло находится $t_{гр}^{\wedge}$, к которому операциями на пульте надо придать долготу λ_c с ее знаком. Полученный в результате t_m^{\wedge} после исключения периодов изменения часового угла $360 \cdot n_0$ направить по адресу П 9.
4. Ввести по указанным в табл. 4.15 адресам величины h , ИП, φ_c и командой БП 29 С/П пустить ПМК на счет. После останова счета на табло и по адресу ИП 4 находится числимое прямое восхождение α_c ; по адресу ИП Д находится числимое склонение δ_c .
5. С помощью табл. 1, 3 и 20 опознать наблюдавшееся светило. Табличные значения δ и α на дату наблюдения непосредственным интерполированием могут быть приближенно получены (см. пример 4.10); для Венеры рекомендуется учитывать ее собственное движение и блеск.

Пример 4.10. 3 августа 1989 г. в $T_{гр} = 21^{\circ}12'46''$ наблюдали светило по пеленгу 350° на высоте $h = 6^{\circ}42'$. Счислимое место наблюдений: $\varphi_c = 73^{\circ}18' N$ и $\lambda_c = 10^{\circ}30' W$. Опознать светило.

Решение: Вычисления на ПМК дали (см. табл. 4.15) $\delta = 23,1^{\circ} N$ и $\alpha = 90,9^{\circ}$. В табл. 3 нет навигационной звезды, удовлетворяющей этим условиям. Согласно табл. 20 в указанный срок возможны наблюдения Юпитера, имеющего блеск $m = -1,6$ (см. табл. 1).

Согласно табл. 1 на 1 августа у Юпитера $\delta = 23,1045^{\circ} N$, что соответствует вычисленному склонению. Прямое восхождение Юпитера 1 августа равно 90° , а 1 октября оно равно 96° , следовательно, 3 августа $\alpha = \frac{6,0}{32} \cdot 3 + 90^{\circ} = +0,6^{\circ} + 90^{\circ} = 90,6^{\circ}$. Вывод: наблюдали Юпитер.

Пример 4.11. 5 апреля 1987 г. $T_{гр} = 17^{\circ}43'$ наблюдали светило по пеленгу 239° на высоте $h = 25^{\circ}29'$ в точке $\varphi_c = 74,2^{\circ} N$; $\lambda_c = 22,6^{\circ} E$. Опознать светило.

Вычисления по схеме табл. 4.15 дали $\alpha = 67,9^{\circ}$ и $\delta = 16,7^{\circ}$. Согласно табл. 3 этим координатам удовлетворяет звезда α Тельца (Альдебаран).

§ 5. Решение задач морской астронавигации на программируемом микрокалькуляторе «Электроника МК-52»

При решении астронавигационных задач с помощью программируемого микрокалькулятора «Электроника МК-52» программа разделяется на блоки не более 98 шагов каждый. Вычисления включают в себя: запись и хранение программ в энергонезависимой памяти (ППЗУ); считывание их в оперативную память (ОЗУ) по блокам в процессе вычислений; запись и хранение в ППЗУ исходных данных из Астронавигационного альманаха и их считывание в регистровую память при вычислении эфемерид светил.

Для решения астронавигационных задач энергонезависимая память микрокалькулятора условно подразделяется на 6 блоков:

- | | |
|--------------|--|
| 1 (1000098) | — программа решения задачи 23 или 24, |
| 2 (2020877) | |
| 3 (3036898) | — программы решения задач 25—29, 31—33, |
| 4 (4057698) | |
| 5 (—1080063) | — исходные данные $a_0—a_5$, n , τ_T и T_0 из табл. 1 или 2, |
| 6 (—2092842) | — исходные данные $d_0—d_5$ из табл. 1 или 2. |

В скобках приводятся адреса блоков в виде целых семизначных чисел, в которых первая цифра слева обозначает номер блока программы. Адреса соответствующих блоков программы представляются в виде положительных целых семизначных чисел, адреса исходных данных из Астронавигационного альманаха — в виде отрицательных целых семизначных чисел. Основной является программа расчета эфемерид светил (см. задачи 23 и 24), которая хранится постоянно в первом блоке ППЗУ. В блоках 5—6 ППЗУ хранятся исходные данные из Астронавигационного альманаха, которые систематически обновляются по истечении срока соответствующего интервала представления. Блоки 2—4 ППЗУ предназначены для хранения программ решения астронавигационных задач.

Некоторые отличительные особенности использования ППЗУ имеются при решении задач 30 и 34. Для звезд исходные данные $A_0—A_3$ из табл. 3 вводятся в ППЗУ по адресу —1080028, исходные данные $D_0—D_3$ — по адресу —2092828.

Программы не более 98 шагов, а также отдельные блоки программ можно решать не используя ППЗУ для их хранения. В этом случае

задачи решаются так же, как на микрокалькуляторе «Электроника МК-61».

Процессы стирания, записи, считывания программ и исходных данных с использованием ППЗУ подробно изложены в задачах 23 и 24. При решении последующих задач ППЗУ используется аналогично.

Порядок решения астронавигационных задач на ПМК МК-52 показан на примерах. Ввод исходных данных для решения задач осуществляется с помощью стековой и регистровой памяти. При использовании стековой памяти исходные данные вводятся в общепринятой в навигации размерности (например, значение угла $19^{\circ}03,6'$ вводится в виде 19,036, значение времени $13^{\text{h}}05^{\text{m}}56^{\text{s}}$ — в виде 13,0556). При использовании регистровой памяти угловые величины вводятся в градусах и долях градуса, время — в часах и долях часа. Адрес первого блока программы набирается на индикаторе вручную с помощью клавиатуры. Адреса последующих блоков программы либо автоматически высвечиваются на индикаторе в ходе решения задачи, либо набираются на индикаторе вручную с помощью клавиатуры. В процессе вычислений при индикации положительных целых семизначных чисел последова-

тельно нажимаются клавиши $A\uparrow$, $\uparrow\downarrow$, В/О и С/П (см. символ ∇ в табл. 5.1), при индикации отрицательных целых семизначных чисел — переключатель Д/П переводится в положение Д, нажимаются клавиши $A\uparrow$ и $\uparrow\downarrow$, переключатель Д/П переводится в первоначальное положение П и нажимается клавиша С/П (см. символ $*$ в табл. 5.1). Индикация чисел, отличных от целых семизначных чисел, соответствует результатам вычислений в общепринятой в навигации размерности.

При вычислениях во всех задачах: северная широта φ_N , северное склонение δ_N и восточная долгота λ_E — положительные; южная широта φ_S , южное склонение δ_S и западная долгота λ_W — отрицательные.

При программировании и решении астронавигационных задач используются условные обозначения, приведенные в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Условные обозначения

Альманах	МК-52
Px xP $K 6$ $K +$ $K 3$ $K \leftrightarrow$ $F \bigcirc$ $:$	$P \rightarrow x$ $x \rightarrow P$ $K \overset{\leftarrow}{\circ}$ $K \overset{\rightarrow}{\circ}$ $K \overset{\leftarrow}{\circ}$ $K \overset{\rightarrow}{\circ}$ $F \bigcirc$ \div
∇	$A\uparrow \quad \uparrow\downarrow$ $V/O \quad C/P$
$*$	$D/P \rightarrow D$ $A\uparrow \quad \uparrow\downarrow$ $D/P \rightarrow P$ C/P

Содержимое адресуемых регистров памяти при решении задач представляется в таблицах прохождения информации, где используются следующие условные обозначения:

- [. . .] — обозначает размерность, в которой искомая величина представляется в регистровой памяти; например, [ч] означает часы и доли часа; величины в градусах и долях градуса указываются в таблицах без размерности [. . . °];
 - ↑ — символ, означающий, что исходная величина вводится с помощью стековой памяти; например, $\varphi \uparrow$ означает, что широта φ в градусах, минутах и долях минуты вводится в стековую память;
 - — символ, означающий, что исходная величина вводится непосредственно в регистровую память; отсутствие символа ↑ или → означает, что исходная величина является результатом предыдущих вычислений и уже содержится в регистровой памяти;
 - ↓ — символ, означающий, что результат счета высвечивается на индикаторе в процессе вычислений в общепринятой в навигации размерности;
- X, Y — регистры X и Y стековой памяти.

Регистры, содержимое которых несущественно для данных или последующих вычислений, не приводятся в таблицах прохождения информации.

Примечание. Перед рассмотрением порядка решения задач 23—34 необходимо изучить Руководство по использованию ПМК «Электроника МК-52».

Задача 23. Вычисление эфемерид Солнца, Луны и планет

В основе решения задачи вычисления гринвичского часового угла и склонения Солнца, Луны, Венеры, Марса, Юпитера или Сатурна, а также гринвичского часового угла точки Овна с точностью до $0,1'$ лежат формулы (2.1)—(2.2).

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.2 и вводится в ППЗУ по адресу 1000098. Содержимое информации в регистрах при решении задачи представлено в табл. 5.3. Исходные данные a_0 — a_5 , n , τ_r , T_0 из табл. 1 (для вычислений по Солнцу и планетам) или табл. 2 (для вычислений по Луне) вводятся в ППЗУ по адресу —1080063, исходные данные d_0 — d_5 — по адресу —2092842. Для Солнца и планет вводятся $n=5$, $\tau_r=32$ и $T_0=0$, для Луны $n=5$ и $\tau_r=5$.

Порядок ввода программы и исходных данных из табл. 1 или 2 в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи подробно показаны в примере 5.1. В примерах 5.2 и 5.3 ППЗУ используется также, как в примере 5.1. При решении задачи в качестве даты используется величина Д — номер дня месяца. Для Луны, если интервал представления охватывает конец одного месяца и начало последующего месяца и дата наблюдения приходится на первые дни нового месяца, вместо даты Д вводится величина $(Д+M^a)$, где M^a — число дней предыдущего месяца. Например, на 2 февраля 1986 г. вводится вместо даты величина $(2+31)=33$. При вводе $T_{гр}$ перевод $T_{гр}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполняется нажатием клавиш К и ←. Результаты вычислений $t_{гр}$ и δ светила не высвечиваются на индикаторе в ходе решения задачи и по окончании вычислений содержатся в регистрах RG8 ($t_{гр}$) и RG9 (δ).

Программа вычисления эфемерид Солнца, Луны и планет

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	B ↑	0E		32	+	10		64	K Пх 7	Г7	
01	1	01		33	xП 8	48	$t_{гр}$	65	×	12	
02	0	00		34	2	02		66	+	10	
03	8	08		35	0	00		67	Пх 7	67	
04	0	00		36	9	09		68	1	01	
05	0	00		37	2	02		69	—	11	
06	6	06		38	8	08		70	xП 7	47	
07	3	03		39	4	04		71	F x=0	5E	
08	/—/	0L		40	2	02		72	59	59	
09	C/П	50		41	/—/	0L		73	↔	14	
10	Пх e	6E		42	C/П	50		74	xП 1	41	
11	2	02		43	ПП	53		75	K x	31	
12	4	04		44	56	56		76	3	03	
13	:	13		45	xП 9	49	δ	77	6	06	
14	Пх d	6Г		46	2	02		78	0	00	
15	K x	31		47	0	00		79	xП 0	40	
16	+	10		48	2	02		80	—	11	
17	Пх 8	68		49	0	00		81	F x ≥ 0	59	
18	—	11		50	8	08		82	93	93	
19	2	02		51	9	09		83	Пх 1	61	
20	×	12		52	8	08		84	Пх 0	60	
21	Пх 7	67		53	C/П	50		85	:	13	
22	:	13		54	БП	51		86	K [x]	34	
23	1	01		55	53	53		87	Пх 0	60	
24	—	11		56	Пх 0	60		88	×	12	
25	F cos ⁻¹	1—		57	Пх 6	66		89	Пх 1	61	
26	xП 9	49	0	58	xП 7	47		90	↔	14	
27	ПП	53		59	↔	14		91	—	11	
28	56	56		60	Пх 9	69		92	xП 1	41	
29	F x < 0	5C		61	Пх 7	67		93	Пх 1	61	
30	33	33		62	×	12		94	V/O	52	
31	Пх 0	60		63	F cos	1Г			F АВТ		

Пример 5.1. Вычислить гринвичский часовой угол $t_{гр}$ и склонение δ Солнца 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 12^h 31^m 58^s$.

Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 1000098 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.2.
- Перед вводом программы в ППЗУ необходимо очистить ту часть энергонезависимой памяти, которая предназначена для размещения программы. Для очистки (стирания) необходимо:
 - переключатель Д/П перевести в положение П (Д/П→П),
 - переключатель С/З/СЧ перевести в положение С (С/З/СЧ→С),
 - в режиме АВТОМАТИЧЕСКАЯ РАБОТА с помощью клавиатуры набрать на индикаторе адрес программы в виде положительного целого семизначного числа 1000098,
 - нажать клавиши A↑ и ↑↓.

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
$a_0 (d_0)$	0	
$a_1 (d_1)$	1	
$a_2 (d_2)$	2	
$a_3 (d_3)$	3	
$a_4 (d_4)$	4	
$a_5 (d_5)$	5	
n	6	
τ_r	7	
T_0	8	$t_{гр}$
	9	δ
Д [сут] →	d	
$T_{гр}$ [ч] →	e	

Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима СТИРАНИЕ.

Для ввода (записи) программы в ППЗУ необходимо:

- переключатель С/З/СЧ перевести в положение З (С/З/СЧ→З),
- нажать клавиши В/О, F и ПРГ для перехода на нулевой шаг ОЗУ и в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ,
- записать в ОЗУ программу из табл. 5.2,
- проверить правильность ввода программы в ОЗУ:
 - нажать клавиши F и АВТ для перехода в режим АВТОМАТИЧЕСКАЯ РАБОТА, после чего на индикаторе высвечивается адрес программы 1000098,
 - нажать клавиши В/О, F и ПРГ для перехода на нулевой шаг ОЗУ и в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ,
 - с помощью клавиши ШГ проверить по кодам правильность ввода программы в ОЗУ; если обнаружится ошибка ввода программы, то нужно нажать клавишу ШГ и набрать правильный код программы, затем продолжить проверку программы.
- нажать клавиши F и АВТ для перехода в режим АВТОМАТИЧЕСКАЯ РАБОТА,
- после высвечивания на индикаторе адреса программы 1000098, нажать клавиши А ↑ и ↑ ↓.

Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима ЗАПИСЬ.

2. По дате 24.02.88 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_r , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца.

3. По адресу — 1080063 ввести в ППЗУ исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_r и T_0 .

Для очистки (стирания) части энергонезависимой памяти, которая предназначена для размещения указанных в п. 2 исходных данных, необходимо:

- переключатель Д/П перевести в положение Д (Д/П→Д),
- переключатель С/З/СЧ перевести в положение С (С/З/СЧ→С),
- с помощью клавиатуры набрать на индикаторе адрес ввода исходных данных в виде отрицательного целого семизначного числа —1080063,
- нажать клавиши А ↑ и ↑ ↓.

Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима СТИРАНИЕ.

Для ввода (записи) исходных данных в ППЗУ необходимо:

- переключатель С/З/СЧ перевести в положение З (С/З/СЧ→З),
- ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$\begin{array}{ll}
 a_0 = 176,6489^\circ \rightarrow \text{RG0} & n = 5 \rightarrow \text{RG6} \\
 a_1 = 5760,1684^\circ \rightarrow \text{RG1} & \tau_r = 32 \rightarrow \text{RG7} \\
 a_2 = 0,1890^\circ \rightarrow \text{RG2} & T_0 = 0 \rightarrow \text{RG8}
 \end{array}$$

$$a_3 = -0,0070^\circ \rightarrow \text{RG3}$$

$$a_4 = -0,0007^\circ \rightarrow \text{RG4}$$

$$a_5 = -0,0002^\circ \rightarrow \text{RG5}$$

- с помощью клавиатуры набрать на индикаторе адрес —1080063,
- нажать клавиши $\Delta \uparrow$ и $\uparrow \downarrow$.

Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима ЗАПИСЬ.

4. По адресу —2092842 ввести в ППЗУ исходные данные $d_0 - d_5$.

Ввод выполнить так же, как в п. 3, но СТИРАНИЕ и ЗАПИСЬ осуществить по адресу —2092842, а в регистровую память согласно табл. 5.3 ввести следующие исходные данные:

$$d_0 = -12,4575^\circ \rightarrow \text{RG0}$$

$$d_3 = -0,0201^\circ \rightarrow \text{RG3}$$

$$d_1 = 5,4382^\circ \rightarrow \text{RG1}$$

$$d_4 = -0,0001^\circ \rightarrow \text{RG4}$$

$$d_2 = 0,2183^\circ \rightarrow \text{RG2}$$

$$d_5 = 0,0001^\circ \rightarrow \text{RG5}$$

5. Переключатель Д/П перевести в положение П (Д/П→П).
6. Переключатель С/З/СЧ перевести в положение СЧ (С/З/СЧ→СЧ).
7. Переключатель Р/ГРД/Г перевести в положение Г (Р/ГРД/Г→Г).
8. Очистить регистровую память: 0→RG0—RGe.
9. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$D = 24^h \rightarrow \text{RGd}$$

$$T_{\text{ГР}} = 12,532776^h \rightarrow \text{RGe}$$

10. Решить задачу согласно табл. 5.4.

Таблица 5.4

Порядок решения примера 5.1

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес программы
∇	—1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	—2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока задачи 25, 26, 27, 31 или 34
Пх 8	4,6558	
К 6	4,39348	$t_{\text{ГР}}^{\odot} = 4^{\circ}39,3'$
Пх 9	—9,635281	
К 6	—9,3811686	$\delta^{\odot} = 9^{\circ}38,1' \text{ S}$

Примечания: 1. При решении задачи исходные данные из табл. 1 или 2 можно вводить непосредственно в регистровую память, не используя ППЗУ для их хранения (см. пример 5.2).

2. Местный часовой угол светила $t_m = t_{\text{ГР}} + \lambda_W^E$, где $\lambda_E > 0$ и $\lambda_W < 0$. Для вычисления t_m необходимо после решения задачи набрать на индикаторе значение долготы λ_W^E (в градусах и долях градуса) и сложить его с содержимым регистра RG8 ($t_{\text{ГР}}$). На индикаторе высвечивается значение t_m светила в градусах и долях градуса. Перевод t_m из градусов и долей градуса в градусы, минуты и доли минуты выполнить нажатием клавиш К и 6.

3. С помощью программы, приведенной в табл. 5.2, можно вычислить гринвичский часовой угол точки Овна $t_{\text{ГР}}^{\vee}$ (см. пример 5.3). Местный часовой угол точки Овна t_m^{\vee} вычисляется так же, как t_m в п. 2 данного примечания, только из регистра RG8 вызывается значение $t_{\text{ГР}}^{\vee}$.

Пример 5.2. Вычислить гринвичский часовой угол $t_{\text{ГР}}$ и склонение δ Луны 2 октября 1986 г. в момент $T_{\text{ГР}} = 0^h 19^m 03^s$, не используя ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 2.

Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 1000098 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.2.
- Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГР/Д/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{хП } 0 - \text{хП } e. \end{aligned}$$

- По дате 2 октября 1986 г. выбрать из табл. 2 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_r , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Луны.
- Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} \text{Д} &= 2 + 30 = 32^a \rightarrow \text{хП } d, \\ T_{гр} &= 0,3175^c \rightarrow \text{хП } e, \end{aligned}$$

где перевод $T_{гр}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполнить с помощью клавиш К и \leftrightarrow .

- Решить задачу согласно табл. 5.5.

Таблица 5.5

Порядок решения примера 5.2

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес программы
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
$a_0 = 39,3633^\circ$	\rightarrow RG0	Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные из табл. 2: $a_0 - a_5$, n , τ_r и T_0
$a_1 = 871,4760^\circ$	\rightarrow RG1	
$a_2 = 0,4322^\circ$	\rightarrow RG2	
$a_3 = -0,0745^\circ$	\rightarrow RG3	
$a_4 = -0,0174^\circ$	\rightarrow RG4	
$a_5 = 0,0012^\circ$	\rightarrow RG5	
$n = 5$	\rightarrow RG6	
$\tau_r = 5$	\rightarrow RG7	
$T_0 = 28^a$	\rightarrow RG8	
С/П	-2092842	
$d_0 = 15,4650^\circ$	\rightarrow RG0	Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные из табл. 2: $d_0 - d_5$
$d_1 = -12,2629^\circ$	\rightarrow RG1	
$d_2 = -1,3301^\circ$	\rightarrow RG2	
$d_3 = 0,1311^\circ$	\rightarrow RG3	
$d_4 = 0,0075^\circ$	\rightarrow RG4	
$d_5 = 0,0000^\circ$	\rightarrow RG5	
С/П	2020898	Адрес перехода на второй блок задачи 25, 26, 27, 31 или 34
Пх 8	206,8289	
К 6	206,49734	
Пх 9	8,269634	
К 6	8,1617804	
		$t_{гр}^D = 206^\circ 49,7'$
		$\delta^D = 8^\circ 16,2' \text{ N}$

Пример 5.3. Вычислить гринвичский часовой угол $t_{гр}^Y$ точки Овна 5 апреля 1987 г. в момент $T_{гр} = 17^h 42^m 36^s$,

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.2.
2. Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{хП } 0 \rightarrow \text{хП } e. \end{aligned}$$

3. По дате 5.04.87 г. выбрать из табл. 1 исходные данные a_0 , a_1 , n , τ , и T_0 для вычисления $t_{\text{гр}}^{\wedge}$ точки Овна.

4. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} a_0 &= 203,6058^\circ \rightarrow \text{RG0} \\ a_1 &= 5775,7703^\circ \rightarrow \text{RG1} \\ n &= 1 \rightarrow \text{RG6} \\ \tau &= 32 \rightarrow \text{RG7} \\ T_0 &= 0 \rightarrow \text{RG8} \\ \text{Д} &= 5^{\text{д}} \rightarrow \text{RGd} \\ T_{\text{гр}} &= 17,71^{\text{ч}} \rightarrow \text{RGe} \end{aligned}$$

где перевод $T_{\text{гр}}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполнить с помощью клавиш К и \leftrightarrow ; $a_2 - a_5$ приняты равными нулю.

5. Решить задачу согласно табл. 5.6.

Таблица 5.6

Порядок решения примера 5.3

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес программы
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
С/П	-2092842	
Пх 8	99,1406	
К 6	99,08436	$t_{\text{гр}}^{\wedge} = 99^\circ 08,4'$

Задача 24. Вычисление эфемерид звезд

В основе решения задачи вычисления гринвичских часовых углов, прямых восхождений и склонений звезд с точностью до $0,1'$ лежат формулы (2.5) — (2.6) либо формулы вида:

$$t_{\text{гр}}^{\wedge} = a_0 + a_1 \left(-1 + \frac{\text{Д} + T_{\text{гр}}^{\text{ч}}/24}{16} \right); \quad (5.1)$$

$$t_{\text{гр}}^{\times} = t_{\text{гр}}^{\wedge} - \alpha^{\times}, \quad (5.2)$$

где $t_{\text{гр}}^{\wedge}$ — гринвичский часовой угол точки Овна;

$t_{\text{гр}}^{\times}$ — гринвичский часовой угол звезды;

Д — номер дня в месяце;

$T_{\text{гр}}^{\text{ч}}$ — всемирное время в часах и долях часа;

α^{\times} — прямое восхождение звезды;

a_0 , a_1 — коэффициенты из табл. 1 для вычисления $t_{\text{гр}}^{\wedge}$.

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.7 и вводится в ППЗУ по адресу 1000098. Исходные данные $A_0 - A_3$ из табл. 3 вводятся в ППЗУ по адресу -1080028, исходные данные $D_0 - D_3$ —

Программа вычисления эфемерид звезд

В/О Ф ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	К ↔	2-		33	—	11		66	Пх 1	61	
01	2	02		34	ПП	53		67	Пх 4	64	
02	4	04		35	93	93		68	×	12	
03	:	13		36	хП 8	48	$t_{гр}^*$	69	+	10	
04	+	10		37	2	02		70	Пх 0	60	
05	1	01		38	0	00		71	+	10	
06	6	06		39	9	09		72	хП 9	49	
07	:	13		40	2	02		73	К x	31	
08	1	01		41	8	08		74	3	03	
09	—	11		42	2	02		75	6	06	
10	Пх 1	61		43	8	08		76	0	00	
11	×	12		44	/—/	0L		77	хП 5	45	
12	ПП	53		45	С/П	50		78	—	11	
13	70	70		46	ПП	53		79	$F x \geq 0$	59	
14	ПП	53		47	58	58		80	91	91	
15	93	93		48	2	02		81	Пх 9	69	
16	хП e	4E	$t_{гр}^*$	49	0	00		82	Пх 5	65	
17	1	01		50	2	02		83	:	13	
18	0	00		51	0	00		84	К [x]	34	
19	8	08		52	8	08		85	Пх 5	65	
20	0	00		53	9	09		86	×	12	
21	0	00		54	8	08		87	Пх 9	69	
22	2	02		55	С/П	50		88	↔	14	
23	8	08		56	БП	51		89	—	11	
24	/—/	0L		57	55	55		90	хП 9	49	δ^*
25	С/П	50		58	Пх 4	64		91	Пх 9	69	
26	ПП	53		59	Пх 5	65		92	В/О	52	
27	58	58		60	×	12		93	$F x < 0$	5C	
28	ПП	53		61	Пх 3	63		94	97	97	
29	93	93		62	+	10		95	Пх 5	65	
30	хП a	4-	α^*	63	F sin	1C		96	+	10	
31	Пх e	6E		64	Пх 2	62		97	В/О	52	
32	↔	14		65	×	12			F АВТ		

адресу —2092828. Содержимое регистровой памяти при решении задачи представлено в табл. 5.8.

Порядок ввода программы и исходных данных из табл. 3 в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примерах 5.4 и 5.5.

Примечания: 1. При решении задачи исходные данные из табл. 3 можно вводить непосредственно в регистровую память, не используя ППЗУ (см. пример 5.5).

2. Местный часовой угол звезды $t_m^* = t_{гр}^* \pm \lambda_w^E$. Для вычисления t_m^* необходимо после решения задачи набрать на индикаторе значение долготы λ_w^E (в граду-

сах и долях градуса) и сложить его с содержимым регистра Пх 8 ($t_{гр}^*$). На индикаторе высвечивается значение t_M^* звезды в градусах и долях градуса. Перевод t_M^* из градусов и долей градуса в градусы, минуты и доли минуты выполнить с помощью клавиш К и 6.

3. Местный часовой угол точки Овна $t_M^{\wedge} = t_{гр}^{\wedge} \pm \lambda_W^E$ вычисляется так же, как t_M^* , но $t_{гр}^{\wedge}$ вызывается из регистра Пх е ($t_{гр}^{\wedge}$).

4. Для вычисления только α^* и δ^* звезды необходимо перед решением задачи ввести в регистры RG0 (a_0) и RG1 (a_1) значения $a_0=0$ и $a_1=0$. После решения задачи в регистре RG8 будет содержаться значение $(360^\circ - \alpha^*)$.

Таблица 5.8

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
$a_0 \rightarrow; A_0 (D_0)$	0	
$a_1 \rightarrow; A_1 (D_1)$	1	
$A_2 (D_2)$	2	
$A_3 (D_3)$	3	
$\tau_H \rightarrow$	4	
	8	$t_{гр}^*$
	9	δ^*
	a	α^*
	e	$t_{гр}^{\wedge}$
Д [сут], ↑	У	
$T_{гр}$ [ч, м, с]	Х	

Пример 5.4. Вычислить гринвичский часовой угол $t_{гр}^*$, прямое восхождение α^* и склонение δ^* звезды α Тельца (Альдебаран) 23 октября 1989 г. в момент $T_{гр} = 13^h 06^m 00^s$.

Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 1000098 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.7.
 - Выбрать из табл. 3 исходные данные $A_0 - A_3$ и $D_0 - D_3$ для вычисления α^* и δ^* звезды.
 - По адресу -1080028 ввести в ППЗУ исходные данные $A_0 - A_3$. Для очистки (стирания) части ППЗУ, которая предназначена для размещения указанных исходных данных, необходимо:
 - переключатель Д/П перевести в положение Д (Д/П→Д),
 - переключатель С/З/СЧ перевести в положение С (С/З/СЧ→С),
 - с помощью клавиатуры набрать на индикаторе адрес ввода исходных данных в виде отрицательного целого семизначного числа -1080028,
 - нажать клавиши А ↑ и ↑ ↓.
- Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима СТИРАНИЕ.

Для ввода (записи) исходных данных в ППЗУ необходимо:

- переключатель С/З/СЧ перевести в положение З (С/З/СЧ→З),
- ввести в регистровую память согласно табл. 5.8 следующие исходные данные:

$$\begin{array}{ll}
 A_0 = 68,7760^\circ \rightarrow \text{RG0} & A_2 = 0,0053^\circ \rightarrow \text{RG2} \\
 A_1 = 0,0159^\circ \rightarrow \text{RG1} & A_3 = 94,7959^\circ \rightarrow \text{RG3}
 \end{array}$$

- с помощью клавиатуры набрать на индикаторе адрес —1080028,
 — нажать клавиши A↑ и ↑↓.
- Исчезновение на индикаторе признака ---- означает окончание режима ЗАПИСЬ.
4. По адресу —2092828 ввести в ППЗУ исходные данные $D_0 - D_3$. Ввод выполнить так же, как в п. 3, но СТИРАНИЕ и ЗАПИСЬ осуществить по адресу —2092828, а в регистровую память согласно табл. 5.8 ввести следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} D_0 &= 16,4839^\circ \rightarrow \text{RG0} & D_2 &= 0,0010^\circ \rightarrow \text{RG2} \\ D_1 &= 0,0020^\circ \rightarrow \text{RG1} & D_3 &= 153,0599^\circ \rightarrow \text{RG3} \end{aligned}$$

5. Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{хП 0} - \text{хП е}. \end{aligned}$$

6. По дате 23 октября 1989 г. выбрать из табл. 1 исходные данные a_0 и a_1 для вычисления $t_{\text{гр}}^{\gamma}$.

7. По дате 23 октября 1989 г. выбрать из табл. 4 значение величины τ_0 для вычисления α^* и δ^* звезды α Тельца: $\tau_0 = 1388^{\text{д}} + 3^{\text{д}} = 1391^{\text{д}}$.

8. Вычислить $\tau_{\text{н}}$:

$$\tau_{\text{н}} = \frac{\tau_0}{365,2422} = \frac{1391}{365,2422} = 3,8084317.$$

9. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.8 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} a_0 &= 24,4908^\circ \rightarrow \text{RG0} \\ a_1 &= 5775,7703^\circ \rightarrow \text{RG1} \\ \tau_{\text{н}} &= 3,8084317 \rightarrow \text{RG4} \end{aligned}$$

10. Решить задачу согласно табл. 5.9.

Таблица 5.9

Порядок решения примера 5.4

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес программы
A↑ ↑↓	1000098	
Сх	0	
23	23	Ввести $D = 23^{\text{д}}$
B↑	23	
13,06	13,06	Ввести $T_{\text{гр}} = 13^{\circ}06'00''$
В/О С/П	—1080028	
*	—2092828	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока задачи 25, 26, 27 или 31
Пх 8	159,58894	
К 6	159,35336	$t_{\text{гр}}^* = 159^{\circ}35,3'$
Пх 9	16,492512	
К 6	16,295507	$\delta^* = 16^{\circ}29,6' \text{ N}$
Пх а	68,838863	
К 6	68,503318	$\alpha^* = 68^{\circ}50,3'$
Пх е	228,4278	
К 6	228,25668	$t_{\text{гр}}^{\gamma} = 228^{\circ}25,7'$

Пример 5.5. Вычислить гринвичский часовой угол $t_{гр}$, прямое восхождение α и склонение δ звезды α Девы 25 июня 1986 г. в момент $T_{гр} = 22^{\circ}09'15''$, не используя ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 3.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.7.
2. Выполнить:

Д/П \rightarrow П,
С/З/СЧ \rightarrow СЧ,
Р/ГРД/Г \rightarrow Г,

0 \rightarrow хП 0 — хП е.

3. По дате 25 июня 1986 г. выбрать из табл. 1 исходные данные a_0 и a_1 для вычисления $t_{гр}$.
4. По дате 25 июня 1986 г. выбрать из табл. 4 значение величины τ_0 для вычисления α^* и δ^* звезды α Девы: $\tau_0 = 170^a + 5^a = 175^a$.
5. Вычислить τ_{II} :

$$\tau_{II} = \frac{\tau_0}{365,2422} = \frac{175}{365,2422} = 0,47913411.$$

6. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.8 следующие исходные данные:

$$a_0 = 263,9680^\circ \rightarrow \text{RG0}$$

$$a_1 = 5775,7706^\circ \rightarrow \text{RG1}$$

$$\tau_{II} = 4,7913411 \cdot 10^{-01} \rightarrow \text{RG4}$$

7. Решить задачу согласно табл. 5.10.

Таблица 5.10

Порядок решения примера 5.5

Команда	Индикация	Комментарий	
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес программы	
A \uparrow $\uparrow\downarrow$	1000098		
Сх	0		
25	25		Ввести $D = 25^a$
B \uparrow	25		
22,0915	22,0915		Ввести $T_{гр} = 22^{\circ}09'15''$
V/O С/П	-1080028		
$A_0 = 201,1105^\circ \rightarrow \text{RG0}$		Ввести в регистровую память согласно табл. 5.8 следующие исходные данные из табл. 3: $A_0 - A_3$	
$A_1 = 0,0146^\circ \rightarrow \text{RG1}$			
$A_2 = 0,0052^\circ \rightarrow \text{RG2}$			
$A_3 = 331,0321^\circ \rightarrow \text{RG3}$			
С/П	-2092828		
$D_0 = -11,0885^\circ \rightarrow \text{RG0}$		Ввести в регистровую память согласно табл. 5.8 следующие исходные данные из табл. 3: $D_0 - D_3$	
$D_1 = -0,0057^\circ \rightarrow \text{RG1}$			
$D_2 = 0,0004^\circ \rightarrow \text{RG2}$			
$D_3 = 235,9784^\circ \rightarrow \text{RG3}$			
С/П	2020898	Адрес второго блока задач 25, 26, 27, 31	
Пх 8	44,94051		
К 6	44,564306		$t_{гр}^* = 44^{\circ}56,4'$
Пх 9	-11,090932		$\delta^* = 11^{\circ}05,5' \text{ S}$
К 6	-11,054559		
Пх а	201,12059		$\alpha^* = 201^{\circ}07,2'$
К 6	201,07235		
Пх е	246,0611		$t_{гр}^* = 246^{\circ}03,7'$
К 6	246,03666		

Задача 25. Вычисление высоты и азимута светила

В основе решения задачи вычисления счислимых высот и азимутов светил лежат формулы (2.1), (2.2), (2.5), (2.6), (5.1), (5.2) и (3.19).

Программа для решения задачи состоит из двух блоков. Первый блок программы включает в себя вычисление δ и $t_{гр}$ светила, второй блок программы — вычисление h_c и $ИП_c$ светила. При решении задачи по Солнцу, Луне и планетам в качестве первого блока используется программа, приведенная в табл. 5.2; при решении задачи по звездам в качестве первого блока используется программа, приведенная в табл. 5.7. Второй блок программы приводится в табл. 5.11. Первый блок программы вводится в ППЗУ по адресу 1000098, второй блок программы — по адресу 2020877.

Порядок ввода программы и исходных данных (из табл. 1, 2 или 3) в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.6.

Таблица 5.11

Программа вычисления счислимых высот и азимутов светил

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	K +	26		26	Пх 6	66		52	хП 7	47	
01	хП b	4L		27	F sin	1C		53	Пх 4	64	
02	↔	14		28	Пх a	6—		54	F sin	1C	
03	K +	26		29	F sin	1C		55	/—/	0L	
04	хП a	4—		30	×	12		56	F x < 0	5C	
05	Пх 8	68		31	Пх 9	69		57	64	64	
06	Пх b	6L		32	F sin	1C		58	3	03	
07	+	10		33	↔	14		59	6	06	
08	хП 4	44	$t_{гр} + \lambda$	34	—	11		60	0	00	
09	F cos	1Г		35	Пх 6	66		61	Пх 7	67	
10	Пх 9	69		36	F cos	1Г		62	—	11	
11	F cos	1Г		37	:	13		63	хП 7	47	$ИП_c$
12	×	12		38	Пх a	6—		64	Пх 7	67	
13	Пх a	6—		39	F cos	1Г		65	K 6	33	
14	F cos	1Г		40	:	13		66	C/П	50	
15	×	12		41	хП 7	47		67	3	03	
16	Пх 9	69		42	K x	31		68	0	00	
17	F sin	1C		43	1	01		69	3	03	
18	Пх a	6—		44	—	11		70	6	06	
19	F sin	1C		45	F x ≥ 0	59		71	8	08	
20	×	12		46	50	50		72	9	09	
21	+	10		47	Пх 7	67		73	8	08	
22	F sin ⁻¹	19		48	K [x]	34		74	C/П	50	
23	хП 6	46	h_c	49	хП 7	47		75	БП	51	
24	K 6	33		50	Пх 7	67		76	74	74	
25	C/П	50		51	F cos ⁻¹	1—					
										F АВТ	

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.3 (при вычислениях по Солнцу, Луне и планетам) или табл. 5.8 (при вычислениях по звездам), содержимое регистровой памяти при решении второго блока — в табл. 5.12.

Таблица 5.12

Содержимое информации в регистрах второго блока

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	4	$(t_{гр} + \lambda)$
	5	
	6	$h_c \downarrow$
	7	$ИП_c \downarrow$
$t_{гр}$	8	
δ	9	
$\varphi_c \uparrow$	a	φ_c
$\lambda_c \uparrow$	b	λ_c

Примечания: 1. Если заданы готовые значения величин φ_c , λ_c , δ и $t_{гр}$, то для вычисления h_c и $ИП_c$ необходимо:

- набрать на индикаторе адрес второго блока программы 2020877,
- нажать клавиши $A \uparrow$ и $\uparrow \downarrow$ для считывания программы в ОЗУ,
- ввести в регистры RG8 ($t_{гр}$) и RG9 (δ) значения величин $t_{гр}$ и δ в градусах и долях градуса,
- набрать на индикаторе значение широты φ_c (в градусах, минутах и долях минуты),
- нажать клавишу $B \uparrow$,
- набрать на индикаторе значение долготы λ_c (в градусах, минутах и долях минуты),
- нажать клавиши B/O и C/P ; после вычислений на индикаторе высвечивается значение h_c (в градусах, минутах и долях минуты),
- нажать клавишу C/P ; после вычислений на индикаторе высвечивается значение $ИП_c$ (в градусах, минутах и долях минуты).

2. Если заданы готовые значения φ_c , δ и t_m , то для вычисления h_c и $ИП_c$ необходимо принять: $\lambda_c = 0$ и $t_{гр} = t_m$, затем выполнить все действия, указанные в примечании 1. Для решения последующих задач, где требуется конкретное исходное значение долготы λ_c , указанных величин φ_c , δ и t_m недостаточно.

Пример 5.6. Вычислить счислимые высоту h_c и пеленг $ИП_c$ Юпитера 3 августа 1989 г. в момент $T_{гр} = 21^{\circ}12'46''$, если счислимые координаты места корабля $\varphi_c = 30^{\circ}41,5' N$ и $\lambda_c = 159^{\circ}02,8' E$.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020877 — второй блок программы из табл. 5.11.
2. По дате 3 августа 1989 г. выбрать из табл. 1 исходные данные a_0 — a_5 , n , τ_1 , T_0 и d_0 — d_5 для вычисления $t_{гр}$ и δ Юпитера.
3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:	по адресу —2092842:
$a_0 = 231,0753^{\circ}$	$d_0 = 23,0693^{\circ}$
$a_1 = 5772,5777^{\circ}$	$d_1 = -0,0497^{\circ}$
$a_2 = 0,1018^{\circ}$	$d_2 = -0,0143^{\circ}$
$a_3 = 0,0047^{\circ}$	$d_3 = 0,0012^{\circ}$
$a_4 = 0,0002^{\circ}$	$d_4 = 0,0000^{\circ}$
$a_5 = 0,0001^{\circ}$	$d_5 = 0,0000^{\circ}$
$n = 5$	
$\tau_1 = 32$	
$T_0 = 0$	

4. Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{хП } 0 - \text{хП } e. \end{aligned}$$

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} \text{Д} &= 3^1 && \rightarrow \text{хП } d, \\ T_{\text{гр}} &= 21,212776^{\text{ч}} && \rightarrow \text{хП } e, \end{aligned}$$

где перевод $T_{\text{гр}}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполнить нажатием клавиш К и \leftrightarrow .

6. Решить задачу согласно табл. 5.13.

Таблица 5.13

Порядок решения примера 5.6

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
A \uparrow $\uparrow\downarrow$	2020898	
Cx	0	
30,415	30,415	Ввести $\varphi_c = 30^\circ 41,5' \text{ N}$
B \uparrow	30,415	
159,028	159,028	Ввести $\lambda_c = 159^\circ 02,8' \text{ E}$
V/O C/П	69,406084	$h_c = 69^\circ 40,6'$
C/П	106,46733	$\text{ПП}_c = 106^\circ 46,7'$

Задача 26. Вычисление элементов высотной линии положения

В основе решения задачи вычисления элементов высотной линии положения лежат формулы (2.1)—(2.2), (2.5)—(2.6), (5.1)—(5.2), (3.19) и формулы (3.1)—(3,5):

1) для вычисления видимой высоты с учетом поправки за наклонение видимого горизонта и общей поправки секстана Δ_{oc} :

$$h_b = oc - 0,0293 \sqrt{e} + \frac{\Delta_{oc}}{60}, \quad (5.3)$$

где h_b — видимая высота светила в градусах и долях градуса,

oc — отсчет секстана в градусах и долях градуса,

e — высота глаза наблюдателя в метрах,

$\Delta_{oc} = (i + s)$ — общая поправка секстана в угл. мин;

2) для вычисления истинной топоцентрической высоты светила:

$$k = (26 - 3,6t + P) : 1000, \quad (5.4)$$

$$h_{\text{тц}} = h_b - \frac{k}{60} \text{ctg} \left(h_b + \frac{7,31}{h_b + 4,4} \right), \quad (5.5)$$

где $h_{\text{тц}}$ — истинная топоцентрическая высота светила в градусах и долях градуса,

k — коэффициент для уточнения астрономической рефракции,

t — температура воздуха в $^\circ\text{C}$,

P — давление воздуха в мбар (1 мм рт. ст. = 1,3332 мбар);

3) для вычисления истинной геоцентрической высоты светила:

$$h = h_{\text{гн}} + (p \cos h_{\text{гн}} + R) : 60, \quad (5.6)$$

где p — горизонтальный параллакс светила в угл. мин:

а) для Солнца вводится значение $p = p_0$, где $p_0 = 0,15'$ — горизонтальный экваториальный параллакс Солнца;

б) для Луны вводится значение $p = p_0 + \Delta p_{\varphi}$, где горизонтальный экваториальный параллакс Луны p_0 выбирается из табл. 2 и вычисляется согласно задаче 8, поправка Δp_{φ} за широту выбирается из табл. 16;

в) для Венеры и Марса вводится значение $p = p_0$, где горизонтальный экваториальный параллакс планет p_0 выбирается из табл. 1;

г) для Юпитера, Сатурна и звезд вводится значение $p = 0$;

R — полуднаметр (радиус) светила в угл. мин:

а) для Солнца вводится значение R_{\odot} из табл. 11; если наблюдается верхний край Солнца, значение R_{\odot} вводится со знаком «минус»;

б) для Луны вводится значение $R = R_{\text{л}} + \Delta R_{\text{л}}$, где значение $R_{\text{л}}$ выбирается из табл. 2 и вычисляется согласно задаче 8, поправка $\Delta R_{\text{л}}$ за высоту Луны выбирается из табл. 17; если наблюдается верхний край Луны, значение R вводится со знаком «минус»;

в) для планет и звезд вводится значение $R = 0$;

h — истинная геоцентрическая высота светила в градусах и долях градуса;

4) для вычисления приведенной высоты светила:

$$h_{\text{пр}} = \arcsin(\sin h \cos S + \cos h \sin S \cos KY), \quad (5.7)$$

где $h_{\text{пр}}$ — приведенная высота светила в градусах и долях градуса,

$S = V(T_{\text{пр}} - T)$ — расстояние в милях, пройденное за интервал приведения $(T_{\text{пр}} - T)$; V — путевая скорость корабля в узлах; $(T_{\text{пр}} - T)$ — интервал приведения в часах и долях часа;

$KY = (ИП - ПУ)$ — наблюдаемый или вычисленный курсовой угол приводимого светила в градусах и долях градуса;

5) для вычисления величины переноса высотной линии положения:

$$n = (h_{\text{пр}} - h_c) 60, \quad (5.8)$$

где n — величина переноса высотной линии положения в угл. мин.

Программа для решения задачи состоит из трех блоков. Первый блок программы включает в себя вычисление δ и $t_{\text{гп}}$ светила, второй блок — вычисление h_c и $ИП_c$, третий блок программы — вычисление $h_{\text{гн}}$, h , $h_{\text{пр}}$ и n . При решении задачи по Солнцу, Луне и планетам в качестве первого блока программы используется программа, приведенная в табл. 5.2; при решении задачи по звездам в качестве первого блока используется программа, приведенная в табл. 5.7. Второй блок программы приводится в табл. 5.11, третий блок — в табл. 5.14. Первый блок вводится в ППЗУ по адресу 1000098, второй блок — по адресу 2020877, третий блок — по адресу 3036898.

Порядок ввода программы и исходных данных (из табл. 1, 2 или 3) в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.7.

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.3 или 5.8, второго блока — в табл. 5.12, третьего блока программы — в табл. 5.15.

Программа вычисления элементов высотной линии положения

В/О Р ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итого	Шаг	Команда	Код	Итого	Шаг	Команда	Код	Итого
								66	F $x \neq 0$		57
				33	,	0—		67	86		86
00	Пх 3	63		34	4	04		68	Пх 3		63
01	Пх 2	62		35	+	10		69	:		13
02	3	03		36	7	07		70	xП 4		44
03	,	0—		37	,	0—		71	F cos		1Г
04	6	06		38	3	03		72	Пх 1		61
05	×	12		39	1	01		73	F sin		1С
06	—	11		40	↔	14		74	×		12
07	2	02		41	:	13		75	Пх 1		61
08	6	06		42	Пх 1	61		76	F cos		1Г
09	+	10		43	+	10		77	Пх 4		64
10	3	03		44	F tg	1E		78	F sin		1С
11	F 10x	15		45	F 1/x	23		79	Пх e		6E
12	:	13		46	Пх 2	62		80	F cos		1Г
13	xП 2	42	<i>k</i>	47	×	12		81	×		12
14	Пх c	6C		48	Пх 3	63		82	×		12
15	Пх 1	61		49	:	13		83	+		10
16	F $\sqrt{\quad}$	21		50	Пх 1	61		84	F \sin^{-1}		19
17	0	00		51	↔	14		85	xП 2		42
18	.	0—		52	—	11		86	Пх 2		62
19	0	00		53	xП 0	40	$h_{\text{ти}}$	87	Пх 6		66
20	2	02		54	F cos	1Г		88	—		11
21	9	09		55	Пх 5	65		89	Пх 3		63
22	3	03		56	×	12		90	×		12
23	×	12		57	Пх 4	64		91	xП 5		45
24	Пх 0	60		58	+	10		92	Пх 7		67
25	6	06		59	Пх 3	63		93	К 6		33
26	0	00		60	:	13		94	↔		14
27	xП 3	43		61	Пх 0	60		95	С/П		50
28	:	13		62	+	10		96	БП		51
29	—	11		63	xП 1	41	h	97	94		94
30	—	11		64	xП 2	42					
31	xП 1	41	$h_{\text{в}}$	65	Пх d	6Г					
32	4	04									

Примечание. Для вычисления только истинной геоцентрической высоты светила h достаточно использовать программу по адресу 3036898:
 — набрать на индикаторе адрес 3036898 третьего блока программы,
 — нажать клавиши $\Delta \uparrow$ и $\uparrow \downarrow$ для считывания программы в ОЗУ,
 — ввести в регистровую память согласно табл. 5.15 следующие исходные данные:

Δ_{oc} → RG0	oc → RGc
e → RG1	S → RGd
t (°C) → RG2	KY → RGe
P → RG3	
R → RG4	
p → RG5	

- нажать клавиши В/О и С/П; начинается решение задачи,
- после останова счета вызвать на индикатор содержимое регистра RG1 (значение h_{np} вызывается из регистра RG2); на индикаторе высвечивается значение h в градусах и долях градуса,
- для перевода h из градусов и долей градуса в градусы, минуты и доли минуты нажать клавиши К и Б.

Таблица 5.15

Содержимое информации в регистрах третьего блока

Исходные данные		Регистр	Результат счета
Δ_{oc}	[...'] →	0	$h_{тн}$
e	[м] →	1	h
t	[°С] →	2	h_{np}
P	[мбар] →	3	
R	[...'] →	4	
p	[...'] →	5	n [...'] ↓
h_c		6	h_c
$ИП_c$		7	$ИП_c$ ↓
oc	→	c	Если приведение высоты не требуется, то ввести 0 в регистры RGd и RGe.
S	[миля] →	d	
$KУ$	→	e	

Пример 5.7. Вычислить элементы высотной линии положения по данным измерения высоты верхнего края Солнца $oc_{\odot} = 16^{\circ}15,3'$ 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 12^{\circ}31'58''$. Счислимые координаты места корабля $\varphi_c = 59^{\circ}55,6' N$ и $\lambda_c = 27^{\circ}10,8' E$. Общая поправка секстана $\Delta_{oc} = -0,3'$. Высота глаза наблюдателя $e = 8$ м, температура воздуха $t = 5^{\circ}C$, давление воздуха $P = 1013,25$ мбар, полудиамер Солнца $R_{\odot} = -16,2'$, параллакс Солнца $p_0 = 0,15'$. Приведения высоты не требуется.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020877 — второй блок программы из табл. 5.11, по адресу 3036898 — третий блок программы из табл. 5.14.

2. По дате 24 февраля 1988 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_T , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца.

3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:	по адресу —2092842:
$a_0 = 176,6489^{\circ}$	$d_0 = -12,4575^{\circ}$
$a_1 = 5760,1684^{\circ}$	$d_1 = 5,4382^{\circ}$
$a_2 = 0,1890^{\circ}$	$d_2 = 0,2183^{\circ}$
$a_3 = -0,0070^{\circ}$	$d_3 = -0,0201^{\circ}$
$a_4 = -0,0007^{\circ}$	$d_4 = -0,0001^{\circ}$
$a_5 = -0,0002^{\circ}$	$d_5 = 0,0001^{\circ}$
$n = 5$	
$\tau_T = 32$	
$T_0 = 0$	

4. Выполнить:

Д/П → П,
С/З/СЧ → СЧ,
Р/ГРД/Г → Г,
0 → xП 0 — xП e.

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$D = 24^h$ → xП d,
 $T_{гр} = 12,532776^h$ → xП e.

6. Решить задачу согласно табл. 5.16.

Порядок решения примера 5.7

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
A \uparrow $\uparrow\downarrow$	2020898	
Cx	0	Ввести $\varphi_c = 59^\circ 55,6' N$
59,556	59,556	
B \uparrow	59,556	Ввести $\lambda_c = 27^\circ 10,8' E$
27,108	27,108	$h_c = 15^\circ 57,3'$
V/O C/П	15,572664	$ИП_c = 212^\circ 44,6'$
C/П	212,44613	Адрес третьего блока
C/П	3036898	
A \uparrow $\uparrow\downarrow$	3036898	
-0,3 → RG0		Ввести $\Delta_{oc} = -0,3'$
8 → RG1		Ввести $e = 8$ м
5 → RG2		Ввести $t = +5^\circ C$
1013,25 → RG3		Ввести $P = 1013,25$ мбар
-16,2 → RG4		Ввести $R_{\overline{c}} = -16,2'$
0,15 → RG5		Ввести $p_0 = 0,15'$
16,255 → RGc		Ввести $oc_{\overline{c}} = 16^\circ 15,3' = 16,255'$
0 → RGd		Ввести $S = 0$ миль
0 → RGe		Ввести $KY = 0^\circ$
V/O C/П	-6,73734	$n = -6,7'$
C/П	212,44613	$ИП_c = 212^\circ 44,6'$

Задача 27. Уточнение счислимго места по одной высотной линии положения

В основе решения задачи уточнения счислимых координат места корабля по элементам одной высотной линии положения лежат формулы (2.1)—(2.2), (2.5)—(2.6), (3.19), (5.1)—(5.2), (5.3)—(5.8) и формулы (4.8)—(4.9).

Программа для решения задачи состоит из четырех блоков. Первый блок программы включает вычисление δ и $t_{гр}$ светила, второй блок — вычисление h_c и $ИП_c$, третий блок — вычисление n и $ИП_c$, четвертый блок — вычисление φ и λ . При решении задачи по Солнцу, Луне и планетам в качестве первого блока программы используется программа, приведенная в табл. 5.2; при решении задачи по звездам в качестве первого блока используется программа, приведенная в табл. 5.7. Первый блок программы вводится в ППЗУ по адресу 1000098. Второй блок программы приводится в табл. 5.11 и вводится в ППЗУ по адресу 2020877. Третий блок программы приводится в табл. 5.14 и вводится в ППЗУ по адресу 3036898. Четвертый блок программы приводится в табл. 5.17 и вводится в ППЗУ по адресу 4057677.

Порядок ввода программы и исходных данных (из табл. 1, 2 или 3) в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны

в примере 5.8. При решении четвертого блока программы вводятся следующие исходные данные:

m_n — СКП высотной линии положения,

$M_{сч}$ — СКП счислимого места корабля.

Таблица 5.17

Программа уточнения счислимых координат места корабля
по элементам одной высотной линии положения

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	Пх 5	65		24	F sin	1С		48	6	06	
01	Пх 8	68		25	Пх d	6Г		49	0	00	
02	Пх 9	69		26	×	12		50	×	12	
03	0	00		27	Пх 0	60		51	Пх 1	61	
04	,	0-		28	F cos	1Г		52	+	10	
05	7	07		29	:	13		53	хП 1	41	λ
06	×	12		30	6	06		54	Пх 9	69	
07	хП 3	43	a	31	0	00		55	Пх 3	63	
08	:	13		32	:	13		56	Пх 8	68	
09	F x ²	22		33	Пх b	6L		57	:	13	
10	1	01		34	+	10		58	F x ²	22	
11	+	10		35	хП 1	41		59	1	01	
12	:	13		36	К x	31		60	+	10	
13	хП d	4Г	x ₀	37	1	01		61	F √	21	
14	Пх 7	67		38	8	08		62	:	13	
15	F cos	1Г		39	0	00		63	хП 4	44	b
16	×	12		40	↔	14		64	Пх 0	60	
17	6	06		41	-	11		65	К 6	33	
18	0	00		42	F x < 0	5С		66	Пх 1	61	
19	:	13		43	54	54		67	К 6	33	
20	Пх a	6-		44	Пх 1	61		68	↔	14	
21	+	10		45	К ЗН	32		69	С/П	50	
22	хП 0	40	φ	46	/-/	0L		70	БП	51	
23	Пх 7	67		47	3	03		71	68	68	
									F АВТ		

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.3 или 5.8, второго блока — в табл. 5.12, третьего блока — в табл. 5.15, четвертого блока — в табл. 5.18.

Пример 5.8. Уточнить счислимые координаты места корабля по измерению высоты верхнего края Солнца 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 12^{\circ}31'58''$, $oc_{\odot} = 16^{\circ}15,3'$. Счислимые координаты места корабля $\varphi_c = 59^{\circ}55,6' N$ и $\lambda_c = 27^{\circ}10,8' E$, $M_{сч} = 2,0'$, $m_n = 1,2'$. Общая поправка секстана $\Delta_{oc} = -0,3'$. Высота глаза наблюдателя $e = 8$ м, температура воздуха $t = +5^{\circ}C$, давление воздуха $P = 1013,25$ мбар, полудиаметр Солнца $R_{\odot} = -16,2'$, параллакс Солнца $p_0 = 0,15'$.

Содержимое информации в регистрах четвертого блока

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$\varphi \downarrow$
	1	$\lambda \downarrow$
	2	
	3	$a [..']$
	4	$b [..']$
$n [..']$	5	
	6	
$ИП_с$	7	
$m_n [..'] \rightarrow$	8	
$M_{сч} [..'] \rightarrow$	9	
$\varphi_с$	a	
$\lambda_с$	b	

Примечание. Если заданы готовые значения величин $\varphi_с$, $\lambda_с$, n и $ИП_с$, то для вычисления φ и λ достаточно использовать программу по адресу 4057677 (см. пример 5.9).

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020877 — второй блок программы из табл. 5.11, по адресу 3036898 — третий блок программы из табл. 5.14, по адресу 4057677 — четвертый блок программы из табл. 5.17.

2. По дате 24 февраля 1988 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 — a_5$, n , τ_r , T_0 и $d_0 — d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца.

3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:

$$\begin{aligned} a_0 &= 176,6489^\circ \\ a_1 &= 5760,1684^\circ \\ a_2 &= 0,1890^\circ \\ a_3 &= -0,0070^\circ \\ a_4 &= -0,0007^\circ \\ a_5 &= -0,0002^\circ \\ n &= 5 \\ \tau_r &= 32 \\ T_0 &= 0 \end{aligned}$$

по адресу —2092842:

$$\begin{aligned} d_0 &= -12,4575^\circ \\ d_1 &= 5,4382^\circ \\ d_2 &= 0,2183^\circ \\ d_3 &= -0,0201^\circ \\ d_4 &= -0,0001^\circ \\ d_5 &= 0,0001^\circ \end{aligned}$$

4. Выполнить:

$$\begin{aligned} Д/П &\rightarrow П, \\ С/З/СЧ &\rightarrow СЧ, \\ Р/ГРД/Г &\rightarrow Г, \\ 0 &\rightarrow xП 0 — xП е. \end{aligned}$$

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} Д &= 24^h \rightarrow xП 0, \\ T_{гр} &= 12,532776^h \rightarrow xП е, \end{aligned}$$

где перевод $T_{гр}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполнить нажатием клавиш К и \leftrightarrow .

6. Решить задачу согласно табл. 5.19.

Порядок решения примера 5.8

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
A↑ ↓	2020898	
Cx	0	
59,556	59,556	Ввести $\varphi_c = 59^\circ 55,6' N$
B↑	59,556	
27,108	27,108	Ввести $\lambda_c = 27^\circ 10,8' E$
V/O C/П	15,572664	$h_c = 15^\circ 57,3'$
C/П	212,44613	$ИП_c = 212^\circ 44,6'$
C/П	3036898	Адрес третьего блока
A↑ ↓	3036898	
-0,3 → RG0		Ввести $\Delta_{oc} = -0,3'$
8 → RG1		Ввести $e = 8$ м
5 → RG2		Ввести $t = +5^\circ C$
1013,25 → RG3		Ввести $P = 1013,25$ мбар
-16,2 → RG4		Ввести $R_{\overline{c}} = -16,2'$
0,15 → RG5		Ввести $p_0 = 0,15'$
16,255 → RGc		Ввести $oc_{\overline{c}} = 16^\circ 15,3' = 16,255^\circ$
0 → RGd		Ввести $S = 0$ миль
0 → RGe		Ввести $KY = 0^\circ$
V/O C/П	-6,73734	$n = -6,7'$
C/П	212,44613	$ИП_c = 212^\circ 44,6'$
4057677	4057677	Набрать на индикаторе адрес четвертого блока
A↑ ↓	4057677	
1,2 → RG8		Ввести $m_n = 1,2'$
2 → RG9		Ввести $M_{сч} = 2,0'$
V/O C/П	59,588667	$\varphi = 59^\circ 58,9' N$
C/П	27,14999	$\lambda = 27^\circ 15,0' E$

Пример 5.9. Уточнить численные координаты места корабля по заданным элементам высотной линии положения $n = -6,7'$, $ИП_c = 212^\circ 44,6'$ при СКП $m_n = 1,2'$. Численные координаты места корабля $\varphi_c = 59^\circ 55,6' N$ и $\lambda_c = 27^\circ 10,8' E$, $M_{сч} = 2,0'$.


Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 4057677 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.17.
- Выполнить:

$$\begin{aligned} D/П &\rightarrow П, \\ C/З/СЧ &\rightarrow СЧ, \\ P/ГРД/Г &\rightarrow Г, \\ 0 &\rightarrow xП 0 - xП e. \end{aligned}$$

- Решить задачу согласно табл. 5.20.

Порядок решения примера 5.9

Команда	Индикация	Комментарий
-6,7 → RG5		Ввести $n = -6,7'$
212,74332 → RG7		Ввести $ИП_c = 212^{\circ}44,6' = 212,74332^{\circ}$
1,2 → RG8		Ввести $m_n = 1,2'$
2 → RG9		Ввести $M_{сч} = 2,0'$
59,926666 → RGA		Ввести $\varphi_c = 59^{\circ}55,6' = 59,926666^{\circ}$
27,18 → RGb		Ввести $\lambda_c = 27^{\circ}10,8' = 27,18^{\circ}$
4057677	4057677	Набрать на индикаторе адрес программы
	59,588486	$\varphi = 59^{\circ}58,8' N$
С/П	27,149757	$\lambda = 27^{\circ}15,0' E$

Задача 28. Прямое итерационное решение задачи двух высот

В основе решения задачи вычисления obserвованных координат места корабля по высотам двух светил прямым итерационным методом лежат формулы (4.1)–(4.3).

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.21 и вводится в ППЗУ по адресу 1057684; содержимое регистровой памяти при решении задачи представлено в табл. 5.22.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.10. Перед решением задачи 28 решается задача 23 или 24 для вычисления δ и $t_{гр}$ двух светил. Первым при решении задачи 28 именуется то светило, истинный пеленг $ИП$ которого ближе к 90° или к 270° независимо от последовательности наблюдений. При решении задачи 28 вводятся следующие исходные данные:

- δ_1, δ_2 — склонения двух светил, вычисленные согласно задаче 23 или 24;
- $t_{гр_1}, t_{гр_2}$ — гринвичские часовые углы двух светил, вычисленные согласно задаче 23 или 24;
- φ_c — счислимая широта места корабля на момент второго наблюдения;
- h_1, h_2 — истинные высоты двух наблюдаемых светил, полученные путем исправления измеренных высот и приведенные к месту корабля в момент второго наблюдения;
- $ИП_1$ — истинный пеленг первого светила, полученный путем исправления измеренного пеленга.

Пример 5.10. Вычислить obserвованные координаты корабля по результатам наблюдений высот двух звезд 25 июня 1986 г. в Атлантическом океане $T_c = 20^{\circ}15'$ ($N_c = 2 W$), счислимые координаты корабля $\varphi_c = 39^{\circ}18,0' N$ и $\lambda_c = 31^{\circ}15,0' W$. После обработки наблюдений с приведением первой высоты к месту наблюдения высоты второй звезды получили:

	α Девы	α Змееносца
Всемирное время наблюдения:	$T_{гр} = 22^{\circ}09^{\text{м}}15^{\text{с}}$	$T_{гр} = 22^{\circ}13^{\text{м}}51^{\text{с}}$
	$h_{пр} = 37^{\circ}59,0'$	$h = 40^{\circ}19,2'$
По данным наблюдений:	$ИП = 197,5^{\circ}$	$ИП = 109,5^{\circ}$

Программа вычисления обсервированных координат места корабля по высотам двух светил прямым итерационным методом
Таблица 5.21

			В/О F ПРГ								
Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	Пх 6	66		27	—						
01	F sin	1C		28	хП 8	48	t_{M1}	54	2	02	
02	Пх а	6—		29	Пх 8	68		55	:	13	
03	F sin	1C		30	Пх 4	64		56	хП 0	40	φ
04	Пх 2	62		31	—			57	Пх а	6—	
05	F sin	1C		32	хП 1	41		58	—	11	
06	×	12		33	Пх 5	65	λ	59	К x	31	
07	—	11		34	+	10		60	8	08	
08	Пх а	6—		35	F cos	1Г		61	ВП	0C	
09	F cos	1Г		36	Пх 3	63		62	4	04	
10	:	13		37	F tg	1E		63	/—/	0L	
11	Пх 2	62		38	↔	14		64	—	11	
12	F cos	1Г		39	:	13		65	F x ≥ 0	59	
13	:	13		40	F tg ⁻¹	1L		66	71	71	
14	F cos ⁻¹	1—		41	хП d	4Г	x	67	Пх 0	60	
15	хП 8	48		42	F sin	1C		68	хП а	4—	
16	Пх с	6C		43	Пх 7	67		69	БП	51	
17	1	01		44	F sin	1C		70	00	00	
18	8	08		45	×	12		71	Пх 0	60	
19	0	00		46	Пх 3	63		72	К 6	33	
20	—	11		47	F sin	1C		73	Пх 1	61	
21	F x < 0	5C		48	:	13		74	К 6	33	
22	29	29		49	F cos ⁻¹	1—		75	↔	14	
23	3	03		50	Пх d	6Г	$\varphi - x$	76	С/П	50	
24	6	06		51	+	10		77	БП	51	
25	0	00		52	Пх а	6—		78	75	75	
26	Пх 8	68		53	+	10		F АВТ			

Таблица 5.22

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$\varphi_0 \downarrow$
	1	$\lambda_0 \downarrow$
$\delta_1 \rightarrow$	2	
$\delta_2 \rightarrow$	3	
$t_{гр1} \rightarrow$	4	
$t_{гр2} \rightarrow$	5	
$h_1 \rightarrow$	6	
$h_2 \rightarrow$	7	
$\varphi_c \rightarrow$	a	
$ИП_1 \rightarrow$	c	

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1057684 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.21.
2. Поскольку ИП звезды α Змееносца ближе к 90° , данной звезде присписать первый номер.
3. Решить задачу 24 для вычисления b_1 и $t_{гр_1}$ звезды α Змееносца 25 июня 1986 г. в момент $T_{гр} = 22^\circ 13' 51''$:

$$b_1 = 12,56655^\circ, \quad t_{гр_1} = 343,63389^\circ.$$

4. Решить задачу 24 для вычисления b_2 и $t_{гр_2}$ звезды α Девы 25 июня 1986 г. в момент $T_{гр} = 22^\circ 09' 15''$:

$$b_2 = -11,090932^\circ, \quad t_{гр_2} = 44,94051^\circ.$$

5. Выполнить:

Д/П \rightarrow П,
С/З/СЧ \rightarrow СЧ,
Р/ГРД/Г \rightarrow Г,
0 \rightarrow RG0 — RGe.

6. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.22 следующие исходные данные:

$b_1 = 12,56655^\circ \rightarrow$ RG2
 $b_2 = -11,090932^\circ \rightarrow$ RG3
 $t_{гр_1} = 343,63389^\circ \rightarrow$ RG4
 $t_{гр_2} = 44,94051^\circ \rightarrow$ RG5
 $h_1 = 40,32^\circ \rightarrow$ RG6
 $h_2 = 37,983332^\circ \rightarrow$ RG7
 $\varphi_c = 39,3^\circ \rightarrow$ RGa
 $ИП_1 = 109,5^\circ \rightarrow$ RGc

7. Решить задачу согласно табл. 5.23 на $T_c = 22^\circ 13,9' - 2'' = 20^\circ 14''$.

Таблица 5.23

Порядок решения примера 5.10

Команда	Индикация	Комментарий
1057684	1057684	Набрать на индикаторе адрес программы
∇	39,200458	$\varphi_0 = 39^\circ 20,0' \text{ N}$
С/П	-31,134676	$\lambda_0 = 31^\circ 13,5' \text{ W}$

Задача 29. Решение задачи двух высот по методу линий положения

В основе решения задачи вычисления наблюдаемых или счислимо-наблюдаемых координат места корабля по элементам двух высотных линий положения лежат формулы (4.4)—(4.5).

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.24 и вводится в ППЗУ по адресу 1057684; содержимое регистровой памяти представлено в табл. 5.25.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.11. Перед решением задачи 29 решается задача 26 для вычисления n_1 , $ИП_{с_1}$ и n_2 , $ИП_{с_2}$. При решении задачи 29 вводятся следующие исходные данные:

φ_c , λ_c — координаты расчетной точки или второго счислимого места (порядок выбора расчетных точек указан в § 4);

n_1, n_2 — величины переносов двух высотных линий положения;
 $ИП_{с1}, ИП_{с2}$ — счислимые истинные пеленги светил.



В зависимости от величины интервала времени между первыми и вторыми наблюдениями высот в задаче 29 будут получены:

- координаты обсервованного места корабля, если в интервале времени между наблюдениями высот величина ошибок счисления оценивается как пренебрежимо малое,
- координаты счислимо-обсервованного места, если погрешности счисления оказывали существенное влияние на точность приведения первой высотной линии положения к месту вторых наблюдений.

Таблица 5.24

Программа вычисления обсервованных или счислимо-обсервованных координат места корабля по двум высотным линиям положения

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	K +	26		28	F sin	1C		56	Пх 1	61	
01	xП b	4L	λ_0	29	xП 2	42		57	+	10	
02	\leftrightarrow	14		30	:	13		58	xП 1	41	λ_0
03	K +	26		31	Пх a	6-		59	Пх 6	66	
04	xП a	4-	φ_0	32	F cos	1Г		60	Пх 9	69	
05	0	00		33	:	13		61	F sin	1C	
06	C/П	50		34	xП 3	43	$\Delta\lambda_0$	62	×	12	
07	K +	26		35	6	06		63	Пх 8	68	
08	xП 9	49	$ИП_2$	36	0	00		64	Пх 7	67	
09	F 	25		37	:	13		65	F sin	1C	
10	xП 8	43	n_2	38	Пх b	6L		66	×	12	
11	F 	25		39	+	10		67	-	11	
12	K +	26		40	xП 1	41		68	Пх 2	62	
13	xП 7	47	$ИП_1$	41	K x	31		69	:	13	
14	\leftrightarrow	14		42	1	01		70	xП 2	42	$\Delta\varphi_0$
15	xП 6	46	n_1	43	8	08		71	6	06	
16	Пх 8	68		44	0	00		72	0	00	
17	Пх 7	67		45	\leftrightarrow	14		73	:	13	
18	F cos	1Г		46	-	11		74	Пх a	6-	
19	×	12		47	F x < 0	5C		75	+	10	
20	Пх 6	66		48	59	59		76	xП 0	40	φ_0
21	Пх 9	69		49	Пх 1	61		77	K 6	33	
22	F cos	1Г		50	K 3H	32		78	Пх 1	61	
23	×	12		51	—/	0L		79	K 6	33	
24	-	11		52	3	03		80	\leftrightarrow	14	
25	Пх 9	69		53	6	06		81	C/П	50	
26	Пх 7	67		54	0	00		82	БП	51	
27	-	11		55	×	12		83	80	80	
										F АВТ	

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$\varphi_0 \downarrow$
	1	$\lambda_0 \downarrow$
	2	$\Delta\varphi_0 [\dots]'$
	3	$\Delta\lambda_0 [\dots]'$
	6	
$n_1 [\dots]' \uparrow$	7	
$ИП_1 \uparrow$	8	
$n_2 [\dots]' \uparrow$	9	
$ИП_2 \uparrow$	a	
$\varphi_c \uparrow$	b	
$\lambda_c \uparrow$		

Пример 5.11. По условию примера 5.10 согласно задаче 26 для точки с координатами $\varphi_c = 39^\circ 20,0' N$ и $\lambda_c = 31^\circ 15,0' W$ получены элементы высотных линий положения, приведенные к месту вторых наблюдений:

α Девы	α Змееносца
$n_1 = -0,4'$	$n_2 = +1,0'$
$ИП_1 = 197^\circ 06,0'$	$ИП_2 = 109^\circ 00,0'$

Определить obserвованные координаты места корабля.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1057684 ввести в ППЗУ программу, приведенную в табл. 5.24.
2. Выполнить:

$$\begin{aligned} D/P &\rightarrow P, \\ C/Z/C &\rightarrow C, \\ P/G/D/G &\rightarrow G, \\ 0 &\rightarrow xP 0 - xP e. \end{aligned}$$

3. Решить задачу согласно табл. 5.26.

Таблица 5.26

Порядок решения примера 5.11

Команда	Индикация	Комментарий
1057684	1057684	Набрать на индикаторе адрес программы
A \uparrow $\uparrow\downarrow$	1057684	
Cx	0	
39,2	39,2	Ввести $\varphi_c = 39^\circ 20,0' N$
B \uparrow	39,2	
31,15 /—/	—31,15	Ввести $\lambda_c = 31^\circ 15,0' W$
V/O C/P	0	
0,4 /—/	—4 —01	Ввести $n_1 = -0,4'$
B \uparrow	—4 —01	
197,06	197,06	Ввести $ИП_1 = 197^\circ 06,0'$
B \uparrow	197,06	
1	1	Ввести $n_2 = +1,0'$
B \uparrow	1	
109	109	Ввести $ИП_2 = 109^\circ 00,0'$
C/P	39,200842	$\varphi_0 = 39^\circ 20,1' N$
C/P	—31,135952	$\lambda_0 = 31^\circ 13,6' W$

Задача 30. Аналитическое решение задач трех и более высот

В основе решения задачи вычисления обсервованных координат места корабля по элементам трех и более высотных линий положений аналитическим методом лежат формулы (4.6)—(4.7).

Программа для решения задачи состоит из двух блоков. Первый блок программы приводится в табл. 5.27, второй блок — в табл. 5.28. Для сохранения в ППЗУ программы вычисления элементов высотной

Таблица 5.27

Программа вычисления обсервованных координат места корабля по высотам трех и более светил (блок № 1)

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	К +	26		33	Пх 5	65		66	Пх 0	60	
01	хП 7	47	$ИП_l$	34	×	12		67	Пх 6	66	
02	↔	14		35	Пх 8	68		68	×	12	
03	хП 5	45	n_l	36	+	10		69	—	11	
04	↔	14		37	хП 8	48	$\Sigma a_l n_l$	70	хП 8	48	L_1
05	F cos	1Г		38	Пх 7	67		71	Пх с	6С	
06	хП е	4Е	a_l	39	Пх 5	65		72	Пх 9	69	
07	Пх 0	60		40	×	12		73	×	12	
08	+	10		41	Пх 9	69		74	Пх 2	62	
09	хП 0	40	Σa_l	42	+	10		75	Пх 6	66	
10	Пх е	6Е		43	хП 9	49	$\Sigma b_l n_l$	76	×	12	
11	F x ²	22		44	Пх 5	65		77	—	11	
12	Пх 1	61		45	Пх 6	66		78	хП 9	49	L_2
13	+	10		46	+	10		79	Пх с	6С	
14	хП 1	41	Σa_l^2	47	хП 6	46	Σn_l	80	Пх 4	64	
15	Пх 7	67		48	С/П	50		81	×	12	
16	F sin	1С		49	Пх с	6С		82	Пх 0	60	
17	хП 7	47	b_l	50	Пх 1	61		83	Пх 2	62	
18	Пх 2	62		51	×	12		84	×	12	
19	+	10		52	Пх 0	60		85	—	11	
20	хП 2	42	Σb_l	53	F x ²	22		86	хП 6	46	A_2
21	Пх 7	67		54	—	11		87	2	02	
22	F x ²	22		55	хП 5	45	A_1	88	0	00	
23	Пх 3	63		56	Пх с	6С		89	8	08	
24	+	10		57	Пх 3	63		90	0	00	
25	хП 3	43	Σb_l^2	58	×	12		91	0	00	
26	Пх е	6Е		59	Пх 2	62		92	8	08	
27	Пх 7	67		60	F x ²	22		93	4	04	
28	×	12		61	—	11		94	С/П	50	
29	Пх 4	64		62	хП 7	47	B_2	95	БП	51	
30	+	10		63	Пх с	6С		96	94	94	
31	хП 4	44	$\Sigma a_l b_l$	64	Пх 8	68		F АВТ			
32	Пх е	6Е		65	×	12					

Программа вычисления обсервованных координат места корабля по высотам трех и более светил (блок № 2)

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	К +	26		28	—	11		56	Пх 1	61	
01	хП b	4L	λ_c	29	Пх e	6E		57	+	10	
02	↔	14		30	:	13		58	хП 1	41	λ_0
03	К +	26		31	Пх a	6—		59	Пх 5	65	
04	хП a	4—	φ_c	32	F cos	1Г		60	Пх 7	67	
05	Пх 5	65		33	:	13		61	+	10	
06	Пх 7	67		34	хП 3	43	$\Delta\lambda_0$	62	Пх c	6C	
07	×	12		35	6	06		63	×	12	
08	Пх 6	66		36	0	00		64	Пх e	6E	
09	F x ²	22		37	:	13		65	:	13	
10	—	11		38	Пх b	6L		66	F $\sqrt{\quad}$	21	
11	хП e	4E	D	39	+	10		67	Пх d	6Г	
12	Пх 7	67		40	хП 1	41		68	×	12	
13	Пх 8	68		41	К x	31		69	хП 4	44	M_0
14	×	12		42	1	01		70	Пх 2	62	
15	Пх 6	66		43	8	08		71	6	06	
16	Пх 9	69		44	0	00		72	0	00	
17	×	12		45	↔	14		73	:	13	
18	—	11		46	—	11		74	Пх a	6—	
19	Пх e	6E		47	F x < 0	5C		75	+	10	
20	:	13		48	59	59		76	хП 0	40	φ_0
21	хП 2	42	$\Delta\varphi_0$	49	Пх 1	61		77	К 6	33	
22	Пх 5	65		50	К 3H	32		78	Пх 1	61	
23	Пх 9	69		51	/—/	0L		79	К 6	33	
24	×	12		52	3	03		80	↔	14	
25	Пх 6	66		53	6	06		81	С/П	50	
26	Пх 8	68		54	0	00		82	БП	51	
27	×	12		55	×	12		83	80	80	
									F АВТ		

линии положения (см. задачу 26) первый блок программы вводится в ППЗУ по адресу 1057698, второй блок — по адресу 2080084. В этом случае при решении задачи 26 исходные данные из табл. 1, 2 или 3 вводят непосредственно в регистровую память, не используя ППЗУ.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.12. При решении задачи вводятся следующие исходные данные:

$n_i, ИП_i$ — элементы высотных линий положения, вычисленные согласно задаче 26; $i \geq 3$;

$(N + k)$ — где N — число исходных высотных линий положения, $k = \left(\frac{m_{nc}}{m_0}\right)^2$, m_{nc}^2 — дисперсия случайных погрешностей высотных линий положения, m_0^2 — дисперсия повторяющихся погрешностей высотных линий положения; (см. с. 46, 57);

φ_c, λ_c — координаты точки, принятой для вычисления элементов высотных линий положения.

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.29, второго блока — в табл. 5.30.

Таблица 5.29

Содержимое информации в регистрах первого блока

Исходные данные	Регистр	Результат счета
$n_i [..'] \uparrow$	5	A_1
	6	$A_2 = B_1$
$ИП_i \uparrow$	7	B_2
	8	L_1
	9	L_2
$(N + k) \rightarrow$	e	$(N + k)$
$m_{пс} [..'] \rightarrow$	d	$m_{пс} [..']$

Таблица 5.30

Содержимое информации в регистрах второго блока

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$\varphi_0 \downarrow$
	1	$\lambda_0 \downarrow$
	2	$\Delta\varphi_0 [..']$
	3	$\Delta\lambda_0 [..']$
	4	$M_0 [..']$
A_1	5	
$A_2 = B_1$	6	
B_2	7	
L_1	8	
L_2	9	
$\varphi_c \uparrow$	a	
$\lambda_c \uparrow$	b	
$-(N + k)$	c	
$m_{пс} [..']$	d	

Пример 5.12. Вычислить обсервованные координаты места корабля и оценить точность места по элементам четырех высотных линий положения: $n_1 = 2,0'$, $ИП_1 = 139^\circ 30,0'$; $n_2 = 6,2'$, $ИП_2 = 186^\circ 12,0'$; $n_3 = 5,8'$, $ИП_3 = 278^\circ 00,0'$; $n_4 = -1,1'$, $ИП_4 = 0^\circ 00,0'$. Счислимые координаты места корабля $\varphi_c = 47^\circ 12,5' N$ и $\lambda_c = 13^\circ 05,5' W$, $m_{пс} = 0,8'$, $m_0 = 1,1'$.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1057698 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.27, по адресу 2080084 — второй блок программы из табл. 5.28.

2. Выполнить:

Д/П \rightarrow П,
 С/З/СЧ \rightarrow СЧ,
 Р/ГРД/Г \rightarrow Г,
 0 \rightarrow xП 0 — xП e.

3. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.29 следующие исходные данные:

$$(N + k) = N + \left(\frac{m_{nc}}{m_0}\right)^2 = 4 + \left(\frac{0,8}{1,1}\right)^2 = 4,5289256 \rightarrow \text{RGc},$$

$$m_{nc} = 0,8' \rightarrow \text{RGd}.$$

4. Решить задачу согласно табл. 5.31.

Таблица 5.31

Порядок решения примера 5.12

Команда	Индикация	Комментарий
1057698	1057698	Набрать на индикаторе адрес первого блока
A↑ ↑↓	1057698	
Cx	0	
2	2	Ввести $n_1 = 2,0'$
B↑	2	
139,3	139,3	Ввести $ИП_1 = 139^\circ 30,0'$
B/O C/П	2	$\Sigma n_i = 2'$
6,2	6,2	Ввести $n_2 = 6,2'$
B↑	6,2	
186,12	186,12	Ввести $ИП_2 = 186^\circ 12,0'$
B/O C/П	8,2	$\Sigma n_i = 8,2'$
5,8	5,8	Ввести $n_3 = 5,8'$
B↑	5,8	
278	278	Ввести $ИП_3 = 278^\circ 00,0'$
B/O C/П	14	$\Sigma n_i = 14'$
1,1 /-/-	-1,1	Ввести $n_4 = -1,1'$
B↑	-1,1	
0	0	Ввести $ИП_4 = 0^\circ 00,0'$
B/O C/П	12,9	$\Sigma n_i = 12,9'$
C/П	2080084	Адрес второго блока
A↑ ↑↓	2080084	
Cx	0	
47,125	47,125	Ввести $\varphi_c = 47^\circ 12,5' \text{ N}$
B↑	47,125	
13,055 /-/-	-13,055	Ввести $\lambda_c = 13^\circ 05,5' \text{ W}$
B/O C/П	47,090083	$\varphi_0 = 47^\circ 09,0' \text{ N}$
C/П	-13,118191	$\lambda_0 = 13^\circ 11,8' \text{ W}$
Пх 2	-3,4915799	$\Delta\varphi_0 = -3,5'$
Пх 3	-6,3191174	$\Delta\lambda_0 = -6,3'$
Пх 4	8,9629848-01	$M_0 = 0,9'$

Задача 31. Определение поправки курсоуказателя и оценка ее точности

В основе решения задачи определения поправки курсоуказателя и оценки ее точности лежат формулы (2.1)—(2.2), (2.5)—(2.6), (5.1)—(5.2), (3.19) и формулы вида:

$$\Delta K = ИП_c - КП; \quad (5.9)$$

$$m_z = M_{сч} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^2 h_c - 2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} h_c \cos ИП_c} : 60; \quad (5.10)$$

$$m_{\Delta K} = \sqrt{m_{КП_0}^2 + m_{инстр}^2 + m_z^2}, \quad (5.11)$$

где ΔK — поправка курсоуказателя в градусах и долях градуса;
 $m_{\Delta K}$ — СКП поправка курсоуказателя в градусах и долях гра-
 дуса;
 $КП$ — компасный пеленг светила в градусах и долях градуса;
 $h_c, ИП_c$ — счислимые высота и пеленг светила в градусах и долях градуса;

$m_{КП_0} = \frac{m_{КП}}{\sqrt{N}}$ — СКП среднего компасного пеленга светила, выведенного из N его измерений в данной серии в градусах и долях градуса; $m_{КП}$ — СКП единичного измерения компасного пеленга в данных условиях, вычисляется согласно задаче 32Б;

$m_{инстр}$ — инструментальная СКП средства пеленгования в долях градуса;

$M_{сч}$ — СКП места корабля, принятого для расчета $ИП_c$, в ми-
 лях.

Программа для решения задачи состоит из трех блоков. Первый блок программы включает в себя вычисление δ и $t_{гр}$ светила, второй блок — вычисление h_c и $ИП_c$, третий блок — вычисление ΔK и $m_{\Delta K}$. Первый блок программы приводится в табл. 5.2 или 5.7 и вводится в ППЗУ по адресу 1000098, второй блок программы приводится в табл. 5.11 и вводится в ППЗУ по адресу 2020877, третий блок программы приводится в табл. 5.32 и вводится в ППЗУ по адресу 3057649.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.13.

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.3 или 5.8, второго блока — в табл. 5.12, третьего блока программы — в табл. 5.33.

Таблица 5.32

Программа вычисления поправки курсоуказателя и оценки ее точности

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	Пх 7	67		15	F tg	1E		30	F x ²	22	
01	Пх 5	65		16	×	12		31	Пх с	6C	
02	—	11		17	Пх 7	67		32	F x ²	22	
03	хП 0	40	ΔK	18	F cos	1Г		33	+	10	
04	С/П	50		19	×	12		34	Пх d	6Г	
05	Пх а	6—		20	2	02		35	F x ²	22	
06	F tg	1E		21	×	12		36	+	10	
07	F x ²	22		22	—	11		37	F √	21	
08	Пх 6	66		23	F √	21		38	хП 1	41	$m_{\Delta K}$
09	F tg	1E		24	Пх e	6E		39	Пх 0	60	
10	F x ²	22		25	×	12		40	↔	14	
11	+	10		26	6	06		41	С/П	50	
12	Пх а	6—		27	0	00		42	БП	51	
13	F tg	1E		28	:	13		43	40	40	
14	Пх 6	66		29	хП 2	42			F АВТ		

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$\Delta K \downarrow$
	1	$m_{\Delta K} \downarrow$
	5	
$KП \rightarrow$	6	
h_c	7	
$ИП_c$		
φ_c	a	
	b	
	c	
$m_{КП0} \rightarrow$	d	
$m_{инстр} \rightarrow$	e	
$0,7M_{сч} [миля] \rightarrow$		

Примечание. Если заданы готовые значения величин φ_c , λ_c , h_c и $ИП_c$, для вычисления ΔK и $m_{\Delta K}$ необходимо:

- набрать на индикаторе адрес третьего блока программы 3057649,
- нажать клавиши $\Delta \uparrow$ и $\uparrow \downarrow$ для считывания программы в ОЗУ,
- ввести в регистровую память согласно табл. 5.33 следующие исходные данные:

$KП \rightarrow RG5$	$\varphi_c \rightarrow RGa$
$h_c \rightarrow RG6$	$m_{КП0} \rightarrow RGc$
$ИП_c \rightarrow RG7$	$m_{инстр} \rightarrow RGd$
	$0,7M_{сч} \rightarrow RGe$

- нажать клавиши В/О и С/П; после вычислений на индикаторе высвечивается значение ΔK , в градусах и долях градуса;
- нажать клавишу С/П; после вычислений на индикаторе высвечивается значение $m_{\Delta K}$, в градусах и долях градуса.

Пример 5.13. Вычислить поправку курсоуказателя по наблюдениям КП Солнца и оценить ее точность. 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 12^{\circ}31'58''$ в точке с координатами $\varphi_c = 59^{\circ}55,6' N$ и $\lambda_c = 27^{\circ}10,8' E$ получили $KП = 212,2^{\circ}$; $m_{КП} = 0,18^{\circ}$, $N = 9$, $m_{инстр} = 0,3^{\circ}$ и $M_{сч} = 6$ миль.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020877 — второй блок программы из табл. 5.11, по адресу 3057649 — третий блок программы из табл. 5.32.
2. По дате 24 февраля 1988 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_T , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца.
3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:	по адресу —2092842:
$a_0 = 176,6489^{\circ}$	$d_0 = -12,4575^{\circ}$
$a_1 = 5760,1684^{\circ}$	$d_1 = 5,4382^{\circ}$
$a_2 = 0,1890^{\circ}$	$d_2 = 0,2183^{\circ}$
$a_3 = -0,0070^{\circ}$	$d_3 = -0,0201^{\circ}$
$a_4 = -0,0007^{\circ}$	$d_4 = -0,0001^{\circ}$
$a_5 = -0,0002^{\circ}$	$d_5 = 0,0001^{\circ}$
$n = 5$	
$\tau_T = 32$	
$T_0 = 0$	

4. Выполнить:

Д/П \rightarrow П,
 С/З/СЧ \rightarrow СЧ,
 Р/ГРД/Г \rightarrow Г,
 0 \rightarrow xП 0 — xП e.

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.3 следующие исходные данные: 97

$$D = 24^a \rightarrow xPd,$$

$$T_{гр} = 12,532776^a \rightarrow xPe,$$

где перевод $T_{гр}$ из часов, минут и секунд в часы и доли часа выполнить нажатием клавиш К и \leftrightarrow .

6. Решить задачу согласно табл. 5.34.

Таблица 5.34

Порядок решения примера 5.13

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
A \uparrow \uparrow \downarrow	2020898	
Cx	0	
59,556	59,556	Ввести $\varphi_c = 59^\circ 55,6' N$
B \uparrow	59,556	
27,108	27,108	Ввести $\lambda_c = 27^\circ 10,8' E$
B/O C/П	15,572664	$h_c = 15^\circ 57,3'$
C/П	212,44613	$HP_c = 212^\circ 44,6'$
3057649	3057649	Набрать на индикаторе адрес третьего блока
A \uparrow \uparrow \downarrow	3057649	
212,2 \rightarrow RG5		Ввести $KП = 212,2^\circ$
0,06 \rightarrow RGc		Ввести $m_{KПo} = \frac{m_{KП}}{\sqrt{N}} = \frac{0,18^\circ}{\sqrt{9}} = 0,06^\circ$
0,3 \rightarrow RGd		Ввести $m_{инстр} = 0,3^\circ$
4,2 \rightarrow RGe		Ввести $0,7M_{сч} = 4,2$ мили
B/O C/П	5,4355-01	$\Delta K = +0,5^\circ$
C/П	3,3568349-01	$m_{\Delta K} = 0,34^\circ$

Задача 32. Оценка точности измерения астронавигационного параметра

А. Оценка точности измерения высоты светила

В основе решения задачи вычисления СКП измерения высоты светила (единичного отсчета секстана) лежат формулы:

— вычисление скорости изменения высоты светила

$$\omega_h = \frac{\cos \varphi \sin ИП}{4} + \frac{V \cos (ИП - ПУ)}{60 \cdot 60}, \quad (5.12)$$

— приведение высот к одному моменту и к одному месту наблюдений

$$oc_{прив_i} = oc_i - \omega_h \Delta T_i, \quad (5.13)$$

— вычисление вероятнейшего значения отсчета секстана

$$oc_o = \frac{\sum oc_{прив_i}}{N}, \quad (5.14)$$

— вычисление отклонения каждого oc от вероятнейшего oc_0 (5.15)

$$v_i = oc_0 - oc_{прив_i}$$

— вычисление СКП единичного oc (5.16)

$$m_{oc} = k \sqrt{\sum v_i^2}$$

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.35а и вводится в ППЗУ по адресу 1057670; содержимое регистровой памяти при решении задачи представлено в табл. 5.36.

Таблица 5.35

Программа вычисления СКП измерения астронавигационного параметра

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
-----	---------	-----	------	-----	---------	-----	------	-----	---------	-----	------

а) Расчет СКП измерения параметра: $m_{oc}, m_{КП}$

00	хП 7	47		8	Пх 8	68		6	Пх с	6С	
1	↔	14		9	:	13		7	F sin	1С	
2	хП 6	46		30	хП 1	41	oc_0	8	×	12	
3	Пх 8	68		1	F x ²	22		9	4	04	
4	F x = 0	5E		2	Пх 8	68		60	:	13	
5	08	08		3	×	12		1	+	10	
6	ПП	53		4	Пх 4	64		2	хП 9	49	ω_h
7	44	44		5	—	11		63	В/О	52	
8	Пх 7	67		6	К x	31					
9	Пх 6	66		7	F √	21					
10	Пх 9	69		8	Пх e	6E		44	Пх a	6—	
1	×	12		9	×	12		5	F cos	1Г	
2	—	11		40	хП 0	40	m_{oc}	6	Пх с	6С	
3	хП 5	45	$oc_{пр_i}$	1	С/П	50		7	F cos	1Г	
4	Пх 3	63		2	БП	51		8	×	12	
5	+	10		3	41	41		9	Пх b	6L	
6	хП 3	43	Σoc	4	Пх с	6С		50	F tg	1E	
7	Пх 5	65		5	Пх d	6Г		1	×	12	
8	F x ²	22		6	—	11		2	Пх a	6—	
9	Пх 4	64		7	F cos	1Г		3	F sin	1С	
20	+	10		8	Пх b	6L		4	↔	14	
1	хП 4	44	Σoc^2	9	×	12		5	—	11	
2	Пх 8	68		50	6	06		6	2	02	
3	1	01		1	0	00		7	4	04	
4	+	10		2	F x ²	22		8	0	00	
5	хП 8	48	N	3	:	13		9	:	13	
6	С/П	50		4	Пх a	6—		60	хП 9	49	ω_n
7	Пх 3	63		5	F cos	1Г		61	В/О	52	

б) Расчет ω_n

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	m_{oc} [..'] ↓ oc_0 [..'] (на первый момент)
	1	
T_i [с] ↑	6	ω_h
oc_i [..'] ↑	7	
φ →	9	
V [уз] →	a	
ИП →	b	
ПУ →	c	
k →	d	
	e	

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.14. При решении задачи вводятся следующие исходные данные:

- φ — широта места корабля;
- V — скорость корабля;
- ИП — истинный пеленг светила;
- ПУ — путь;
- k — коэффициент для вычисления СКП измерения высоты, приведенный в табл. 5.37;
- T_i — моменты измерения высот;
- oc_i — отсчеты секстана.

Таблица 5.37

Коэффициенты для расчета СКП измерения высоты (oc) и азимута (пеленга) светила

N	5	6	7	8	9
k	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38

Пример 5.14. Выполнены измерения высот Солнца. ПУ = 278°, $V = 22$ уз, $\varphi = 32,7^\circ N$

Начало: $T_c = 14^h 36^m$, ИП = 251°.

Конец: $T_c = 14^h 39^m$, ИП = 252°.

Моменты по секундомеру: $T = 00^m 00^s$ $oc = 21^\circ 44,9'$

20	41,0
34	38,0
46	36,2
01 04	32,3
19	30,2
38	26,7
02 00	21,5
09	20,2

Необходимо определить СКП единичного oc .

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1057670 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.35а.
2. Выполнить:

Д/П → П,
 С/З/СЧ → СЧ,
 Р/ГРД/Г → Г,
 0 → xΠ0 — xΠe.

3. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.36 следующие исходные данные:

$\varphi = 32,7^\circ \rightarrow R\text{Ga}$
 $V = 22 \text{ уз} \rightarrow R\text{Gb}$
 $\text{ИП} = 251^\circ \rightarrow R\text{Gc}$
 $\text{ПУ} = 278^\circ \rightarrow R\text{Gd}$
 $k = 0,38 \rightarrow R\text{Ge},$

где коэффициент k выбран из табл. 5.37 по числу измерений $N=9$.
 4. Решить задачу согласно табл. 5.38.

Таблица 5.38

Порядок решения примера 5.14

Команда	Индикация	Комментарий
1057670 A↑ ↑↓ 0 B↑ 44,9 B/O C/Π	1057670 1057670 0 0 44,9 1	Набрать на индикаторе адрес программы Ввести $T_1 = 00^\circ$ Ввести $oc_1 = 44,9'$ Число введенных измерений высот $i = 1$
20 B↑ 41 B/O C/Π	20 20 41 2	Ввести $T_2 = 20^\circ$ Ввести $oc_2 = 41,0'$ $i = 2$
34 B↑ 38 B/O C/Π	34 34 38 3	Ввести $T_3 = 34^\circ$ Ввести $oc_3 = 38,0'$ $i = 3$
46 B↑ 36,2 B/O C/Π	46 46 36,2 4	Ввести $T_4 = 46^\circ$ Ввести $oc_4 = 36,2'$ $i = 4$
64 B↑ 32,3 B/O C/Π	64 64 32,3 5	Ввести $T_5 = 01^\circ 04' = 64^\circ$ Ввести $oc_5 = 32,3'$ $i = 5$
79 B↑ 30,2 B/O C/Π	79 79 30,2 6	Ввести $T_6 = 01^\circ 19' = 79^\circ$ Ввести $oc_6 = 30,2'$ $i = 6$
98 B↑ 26,7 B/O C/Π	98 98 26,7 7	Ввести $T_7 = 01^\circ 38' = 98^\circ$ Ввести $oc_7 = 26,7'$ $i = 7$
120 B↑ 21,5 B/O C/Π	120 120 21,5 8	Ввести $T_8 = 02^\circ 00' = 120^\circ$ Ввести $oc_8 = 21,5'$ $i = 8$
129 B↑ 20,2 B/O C/Π	129 129 20,2 9	Ввести $T_9 = 02^\circ 09' = 129^\circ$ Ввести $oc_9 = 20,2'$ $i = 9$
C/Π	3,9636747 -01	$m_{oc} = 0,4'$

В основе решения задачи вычисления СКП измерения пеленга светила лежат формулы (5.13)—(5.16), где вместо oc используется $KП$, и формула вычисления скорости изменения пеленга светила

$$\omega_n = \frac{\sin \varphi - \cos \varphi \cos ИП \operatorname{tg} h}{4.60} \quad (5.17)$$

Программа для решения задачи приводится в таблицах 5.35а (с 00 по 43 шаг) и 5.35б (с 44 по 61 шаг) и вводится в ППЗУ по адресу 1057670.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.15. При решении задачи вводятся следующие исходные данные:

- φ — широта места корабля;
- h — высота светила;
- ИП — истинный пеленг светила;
- k — коэффициент для вычисления СКП измерения пеленга, приведенный в табл. 5.37;
- T_i — моменты измерения пеленга;
- $KП_i$ — отсчеты пеленга.

Примечание. Движение корабля не учитывается.

Содержимое регистровой памяти при решении задачи представлено в табл. 5.39.

Таблица 5.39

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	0	$m_n \downarrow$
	1	$KП_0$ (на первый момент)
T_i [с] \uparrow	6	ω_n
$KП_i$ \uparrow	7	
φ \rightarrow	9	
h \rightarrow	a	
ИП \rightarrow	b	
	c	
	d	
k \rightarrow	e	

Пример 5.15. 30 октября 1986 г. выполнены измерения пеленгов Солнца:

$$\begin{aligned}
 T_c &= 08^h 10^m & \varphi_c &= 58^\circ 46,0' \text{ N} & KK &= 264^\circ & u_{xp} &= +1^m 37^s \\
 N_c &= 11 \text{ E} & \lambda_c &= 168^\circ 40,0' \text{ E} & V &= 18 \text{ уз} & & \\
 h_{\text{набл}} &= 6^\circ 28,6' & & & & & & \\
 ИП_{\text{набл}} &= 131,0^\circ & & & & & &
 \end{aligned}$$

Секундомер пущен в момент $T_{\text{хр}} = 08^{\text{ч}}00^{\text{м}} - 11^{\text{с}} = 21^{\text{ч}}00^{\text{м}}00^{\text{с}}$ 29 октября 1986 г.
Измерения пеленгов: $3^{\text{м}}57^{\text{с}}$ $KП = 131,0^{\circ}$

4 14	130,9
4 35	131,3
4 51	131,4
5 06	131,6
5 19	131,6
5 40	131,5
5 59	131,6
6 19	131,6

$$\begin{array}{r} \text{Первый} \\ + \\ \hline T_{\text{хр}} = 21\ 03\ 57 \\ u_{\text{хр}} = +1\ 37 \\ \hline \end{array} \quad KП_0 = 131,1^{\circ}$$

$$T_{\text{гр}} = 21^{\text{ч}}05^{\text{м}}34^{\text{с}} \quad 29 \text{ октября } 1986 \text{ г.}$$

Определить СКП единичного измерения пеленга.

Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 1057670 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.35а (с 00 по 43 шаг) и 5.35б (с 44 по 61 шаг).
- Выполнить:

$$\begin{array}{l} \text{Д/П} \rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} \rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} \rightarrow \text{Г}, \\ 0 \rightarrow \text{хП0} - \text{хПе}. \end{array}$$

- Ввести в регистровую память согласно табл. 5.39 следующие исходные данные:

$$\begin{array}{ll} \varphi = 58,766666^{\circ} & \rightarrow \text{RGa} \\ h_{\text{набл}} = 6,4766666^{\circ} & \rightarrow \text{RGb} \\ ИП_{\text{набл}} = 131,0^{\circ} & \rightarrow \text{RGc} \\ k = 0,38 & \rightarrow \text{RGe}, \end{array}$$

где коэффициент k выбран из табл. 5.37 по числу измерений $N = 9$.

- Решить задачу согласно табл. 5.40.

Используя результаты примера 5.15, согласно задаче 31 имеем:

$$\begin{array}{ll} ИП_{\text{с}} = 130,6^{\circ} & M_{\text{сч}} = 6 \text{ миль} \\ \text{средн: } KП_0 = 131,1 & m_{\text{инстр}} = 0,3^{\circ} \\ \text{Ответ: } \Delta K = -0,5^{\circ} & m_{\text{КП}} = 0,18^{\circ} \end{array}$$

$$\text{Ответ: } m_{\Delta K} = 0,33^{\circ}$$

Задача 33. Опознавание светила

В основе решения задачи вычисления гринвичского часового угла, прямого восхождения и склонения светила с целью его опознаания лежат формулы из задачи 22.

Программа для решения задачи приводится в табл. 5.41 и вводится в ППЗУ по адресу 1057698; содержание регистровой памяти при решении задачи представлено в табл. 5.42.

Порядок ввода программы в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примере 5.16. Перед решением задачи 33 вычисляется значение $t_{\text{гр}}^{\text{ч}}$ либо по формуле (5.1), либо согласно примеру 5.3.

Порядок решения примера 5.15

Команда	Индикация	Комментарий
1057670 Л↑ ↑↓ 0 В↑ 131 В/О С/П	1057670 1057670 0 0 131 1	Набрать на индикаторе адрес программы Ввести $T_1 = 0^\circ$ Ввести $KП_1 = 131,0^\circ$ Число введенных измерений пеленгов $i = 1$
17 В↑ 130,9 В/О С/П	17 17 130,9 2	Ввести $T_2 = 4^\circ 14' - 3^\circ 57' = 17'$ (относительно T_1) Ввести $KП_2 = 130,9^\circ$ $i = 2$
38 В↑ 131,3 В/О С/П	38 38 131,3 3	Ввести $T_3 = 38^\circ$ Ввести $KП_3 = 131,3^\circ$ $i = 3$
54 В↑ 131,4 В/О С/П	54 54 131,4 4	Ввести $T_4 = 54^\circ$ Ввести $KП_4 = 131,4^\circ$ $i = 4$
69 В↑ 131,6 В/О С/П	69 69 131,6 5	Ввести $T_5 = 69^\circ$ Ввести $KП_5 = 131,6^\circ$ $i = 5$
82 В↑ 131,6 В/О С/П	82 82 131,6 6	Ввести $T_6 = 82^\circ$ Ввести $KП_6 = 131,6^\circ$ $i = 6$
103 В↑ 131,5 В/О С/П	103 103 131,5 7	Ввести $T_7 = 103^\circ$ Ввести $KП_7 = 131,5^\circ$ $i = 7$
122 В↑ 131,6 В/О С/П	122 122 131,6 8	Ввести $T_8 = 122^\circ$ Ввести $KП_8 = 131,6^\circ$ $i = 8$
142 В↑ 131,6 В/О С/П	142 142 131,6 9	Ввести $T_9 = 142^\circ$ Ввести $KП_9 = 131,6^\circ$ $i = 9$
С/П	1,782358—01	$m_{кп} = 0,18^\circ$

Пример 5.16. Опознать светило, наблюдавшееся 23 октября 1989 г. в момент $T_{гр} = 13^{\text{h}}06^{\text{m}}00^{\text{s}}$ в точке $\varphi_c = 50^\circ 18,7' \text{ N}$, $\lambda_c = 171^\circ 02,3' \text{ E}$ из высоты $h = 48^\circ 46,3'$ по пеленгу $ИП = 134^\circ 28,0'$.

Порядок подготовки и решения примера

- По адресу 1057698 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.41.
- Выполнить:

Д/П → П,
С/З/СЧ → СЧ,
Р/ГРД/Г → Г,
0 → xП0 — xПе.

Программа опознавания светила

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итого	Шаг	Команда	Код	Итого	Шаг	Команда	Код	Итого
00	K +	26		31	+	10		63	78	78	
01	xП 7	47	ИП	32	F sin ⁻¹	19	б	64	xП 8	48	t _{гр}
02	F	25		33	xП 9	49		65	Пх 4	64	
03	K +	26		34	F sin	1C		66	↔	14	
04	xП 6	46	h	35	Пх a	6-		67	-	11	
05	F	25		36	F sin	1C		68	ПП	53	
06	K +	26		37	×	12		69	78	78	
07	xП b	4L	λ	38	Пх 6	66		70	xП 5	45	a
08	↔	14		39	F sin	1C		71	K 6	33	
09	K +	26		40	↔	14		72	Пх 9	69	
10	xП a	4-	φ	41	-	11		73	K 6	33	
11	Пх 8	68		42	Пх 9	69		74	↔	14	
12	xП 4	44	t _{гр}	43	F cos	1Г		75	C/П	50	
13	Пх b	6L		44	:	13		76	БП	51	
14	+	10		45	Пх a	6-		77	74	74	
15	ПП	53		46	F cos	1Г		78	xП 1	41	
16	78	78		47	:	13		79	3	03	
17	xП 2	42	t _м	48	F cos ⁻¹	1-		80	6	06	
18	Пх 6	66		49	xП 3	43		81	0	00	
19	F sin	1C		50	Пх 7	67		82	xП 0	40	
20	Пх a	6-		51	F sin	1C		83	-	11	
21	F sin	1C		52	/-/	0L		84	F x ≥ 0	59	
22	×	12		53	F x < 0	5C		85	87	87	
23	Пх 6	66		54	59	59		86	B/O	52	
24	F cos	1Г		55	Пх 0	60		87	Пх 1	61	
25	Пх 7	67		56	Пх 3	63		88	F x < 0	5C	
26	F cos	1Г		57	-	11		89	92	92	
27	Пх a	6-		58	xП 3	43	t _{ст}	90	Пх 0	60	
28	F cos	1Г		59	Пх 3	63		91	+	10	
29	×	12		60	Пх b	6L		92	B/O	52	
30	×	12		61	-	11					
				62	ПП	53			F АВТ		

3. По дате 23 октября 1989 г. выбрать из табл. 1 исходные данные a_0 и a_1 для вычисления $t_{гр}^{\wedge}$.

4. Вычислить $t_{гр}^{\wedge}$ по формуле (5.1)

$$t_{гр}^{\wedge} = a_0 + a_1 \left(-1 + \frac{D + T_{гр}^3/24}{16} \right) = 24,4908^\circ + 5775,7703^\circ \cdot \left(-1 + \frac{23 + 13,1^3/24}{16} \right) = 2748,4278^\circ = 228,4278^\circ.$$

Содержимое информации в регистрах

Исходные данные	Регистр	Результат счета
	2	t_m^{\wedge}
	3	t_m
	4	$t_{гр}^{\wedge}$
$h \uparrow$	5	$\alpha \downarrow$
$ИП \uparrow$	6	h
$t_{гр}^{\wedge} \rightarrow$	7	$ИП$
	8	$t_{гр}$
	9	$\delta \downarrow$
$\varphi \uparrow$	a	
$\lambda \uparrow$	b	

Примечание. Для вычисления только $t_{гр}$ и δ светила нужно в регистр RG8 ввести значение $t_{гр}^{\wedge} = 0^\circ$, затем начать решение задачи. В процессе вычисления сперва высвечивается значение $(360 - t_{гр})$, затем — значение δ . В регистре RG5 будет содержаться значение $(360 - t_{гр})$.

5. Ввести в регистр RG8 значение $t_{гр}^{\wedge}$:

$$t_{гр}^{\wedge} = 228,4278^\circ \rightarrow \text{хП8.}$$

6. Решить задачу согласно табл. 5.43.

Таблица 5.43

Порядок решения примера 5.16

Команда	Индикация	Комментарий
1057698	1057698	Набрать на индикаторе адрес программы
$A \uparrow \updownarrow$	1057698	
Cx	0	
50,187	50,187	Ввести $\varphi_c = 50^\circ 18,7' N$
$B \uparrow$	50,187	
171,023	171,023	Ввести $\lambda_c = 171^\circ 02,3' E$
$B \uparrow$	171,023	
48,463	48,463	Ввести $h = 48^\circ 46,3'$
$B \uparrow$	48,463	
134,28	134,28	Ввести $ИП = 134^\circ 28,0'$
$B/O \ C/\Pi$	68,505014	$\left. \begin{array}{l} \alpha = 68^\circ 50,5' \\ \delta = 16^\circ 29,7' \end{array} \right\} \rightarrow \text{По табл. 3: } \alpha \text{ Тельца}$
C/Π	16,296871	

Задача 34. Вычисление моментов восхода или захода светил, начала утренних или конца вечерних сумерек

1. Алгоритм решения задачи

Решение задачи вычисления моментов восхода или захода Солнца, Луны и планет, начала утренних или конца вечерних сумерек на заданную дату в заданном месте (φ , λ) с точностью до 1—2 мин осуществляется методом последовательных приближений:

- Шаг 0. а) принимается начальная оценка $T_{гр_0}$ момента восхода или захода светила либо начала утренних или конца вечерних сумерек: $T_{гр_0} = 6^h$ — для вычисления моментов восхода и начала утренних сумерек, $T_{гр_0} = 18^h$ — для захода и конца вечерних сумерек;
- б) вычисляется высота светила h на горизонте в градусах и долях градуса:

$$h^{пл} = -0,567^\circ - 0,0293^\circ \sqrt{e} \text{ — для планет,} \quad (5.18)$$

$$h^{\odot} = -0,833^\circ - 0,0293^\circ \sqrt{e} \text{ — для верхнего края Солнца,} \quad (5.19)$$

$$h^{\overline{\odot}} = -0,567^\circ + 0,7276^\circ (p_0/60) - 0,0293^\circ \sqrt{e} \text{ — для верхнего края Луны,} \quad (5.20)$$

где e — высота глаза наблюдателя в метрах,

p_0 — параллакс Луны в угл. мин, выбирается из табл. 2 на момент $T_{гр} = 0^h$ гринвичской даты наблюдения.

При наступлении навигационных сумерек утром $h^{\overline{\odot}} = -12^\circ$, вечером $h^{\overline{\odot}} = -6^\circ$; при окончании навигационных сумерек утром $h^{\overline{\odot}} = -6^\circ$, вечером $h^{\overline{\odot}} = -12^\circ$.

- Шаг 1. По данным табл. 1 или 2 на момент $T_{гр_0}$ вычисляются значения гринвичского часового угла $t_{гр}$ и склонения δ светила в градусах и долях градуса (см. задачу 23).

- Шаг 2. Вычисляется часовой угол светила по высоте h в градусах и долях градуса:

$$t = \arccos\left(\frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta}\right). \quad (5.21)$$

- Шаг 3. Вычисляется приближенное значение $T_{гр_1}$ момента восхода или захода светила либо начала утренних или конца вечерних сумерек:

$$T_{гр_1} = [\pm t/15 - \lambda^h] - (t_{гр}/15 - T_{гр_0}^h), \quad (5.22)$$

где [. . .] — значение в пределах [0; 24];

— t — часовой угол светила при восходе светила или начале утренних сумерек;

+ t — часовой угол светила при заходе светила или конце вечерних сумерек.

- Шаг 4. Сравниваются значения $T_{гр_1}$ и $T_{гр_0}$. Если $|T_{гр_1} - T_{гр_0}| > 0,02^h$, принимается $T_{гр_0} = T_{гр_1}$ и производится возврат на шаг 1, иначе — переход на шаг 5.

Шаг 5. Если $|\cos t| < 1$, то $T_{гр}$ — момент восхода или захода светила либо начала утренних или конца вечерних сумерек на заданном месте (φ, λ). Судовое время $T_c = T_{гр} + N_c$, где N_c^k положительное и N_c^w отрицательное. Если после нескольких пригоризонта либо сумерки полные сутки находится ниже светила $\cos t > 1$, то светило полные сутки находится ниже горизонта либо сумерки отсутствуют. Если $\cos t < -1$, то светило полные сутки находится над горизонтом либо сумерки длятся всю ночь.

Таблица 5.44

Программа вычисления моментов восхода и захода светил, начала утренних и конца вечерних сумерек

В/О F ПРГ

Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог	Шаг	Команда	Код	Итог
00	Пх а	6-		33	/-/	0L		66	F 1/x		23
01	F sin	1C		34	×	12		67	-		11
02	Пх 9	69		35	Пх 8	68		68	F x ≥ 0		59
03	F sin	1C		36	-	11		69	79		79
04	×	12		37	1	01		70	Пх 7		67
05	Пх с	6C		38	5	05		71	хП е		4E
06	F sin	1C		39	:	13		72	6		06
07	↔	14		40	Пх е	6E		73	F 10*		15
08	-	11		41	+	10		74	9		09
09	Пх а	6-		42	хП 7	47		75	8		08
10	F cos	1Г		43	F x < 0	5C		76	+		10
11	:	13		44	50	50		77	БП		51
12	Пх 9	69		45	2	02		78	94		94
13	F cos	1Г		46	4	04		79	Пх 6		66
14	:	13		47	+	10		80	К x		31
15	хП 6	46	cos t	48	БП	51		81	1		01
16	К x	31		49	42	42		82	-		11
17	1	01		50	2	02		83	F x ≥ 0		59
18	-	11		51	4	04		84	92		92
19	F x ≥ 0	59		52	-	11		85	Пх 6		66
20	29	29		53	F x ≥ 0	59		86	К ЗН		32
21	Пх 6	66		54	56	56		87	/-/		0L
22	F x < 0	5C		55	хП 7	47		88	Пх 5		65
23	26	26		56	Пх 7	67		89	×		12
24	1	01		57	Пх b	6L		90	БП		51
25	8	08		58	-	11		91	94		94
26	0	00		59	хП 7	47	$T_{гр}$	92	Пх е		6E
27	БП	51		60	Пх е	6E		93	К 6		33
28	31	31		61	-	11		94	С/П		50
29	Пх 6	66		62	К x	31		95	БП		51
30	F cos ⁻¹	1-	t	63	5	05		96	94		94
31	Пх d	6Г		64	0	00		F АВТ			
32	К ЗН	32		65	хП 5	45					

Примечания: 1. В зависимости от широты и склонения Луны в течение суток может не иметь восхода или захода.

2. В высоких широтах возможно более одного восхода или захода Луны. В этом случае необходимо один момент $T_{гр_0}$ выбрать вблизи начала дня (например, $T_{гр_0} = 6^h$), а другой — вблизи конца дня ($T_{гр_0} = 18^h$).

2. Программа решения задачи

Программа решения задачи состоит из двух блоков. Первый блок программы включает в себя вычисление δ и $t_{гр}$ светила, второй блок — вычисление $T_{гр}$. Первый блок программы приводится в табл. 5.2 и вводится в ППЗУ по адресу 1000098, второй блок программы приводится в табл. 5.44 и вводится в ППЗУ по адресу 2020898.

Примечание. При вводе в ППЗУ по адресу 2020898 второго блока программы решения задачи 34 стираются второй и третий блоки программы решения одной из задач 25, 26, 27 или 31, введенные ранее в ППЗУ по адресам 2020877 и 3036898.

3. Порядок решения задачи

Порядок ввода программы и исходных данных (из табл. 1 или 2) в ППЗУ, а также порядок подготовки и решения задачи показаны в примерах 5.17—5.19. При решении задачи после ввода в ППЗУ исходных данных из табл. 1 или 2 вводятся следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} \varphi & \rightarrow \text{RGa} \\ \lambda \text{ [ч]} & \rightarrow \text{RGb} \\ h & \rightarrow \text{RGc} \\ \pm D \text{ [сут]} & \rightarrow \text{RGd} \\ T_{гр_0} \text{ [ч]} & \rightarrow \text{RGe}, \end{aligned}$$

где φ — широта места, $\varphi_N > 0$ и $\varphi_S < 0$,

λ — долгота места, $\lambda_E > 0$ и $\lambda_W < 0$,

h — высота светила, вычисляется согласно формулам (5.18) — (5.20).

При наступлении навигационных сумерек утром $h^{\odot} = -12^\circ$, вечером $h^{\odot} = -6^\circ$; при окончании навигационных сумерек утром $h^{\odot} = -6^\circ$, вечером $h^{\odot} = -12^\circ$;

$\pm D$ — номер дня месяца. При определении моментов восхода светил и начала утренних сумерек вводится число $+D$, при определении моментов захода светил и конца вечерних сумерек вводится число $-D$. При вычислении моментов восхода или захода Луны, если интервал представления охватывает конец одного месяца и начало последующего месяца и дата наблюдения приходится на первые дни нового месяца, то вместо даты $\pm D$ необходимо вводить величину $\pm(D + M^a)$, где M^a — число дней предыдущего месяца. Например, на 2 февраля 1986 г. вводится вместо даты значение $\pm(2 + 31) = \pm 33$;

$T_{гр_0}$ — начальное время: $T_{гр_0} = 6^h$ — для определения моментов восхода светил и начала утренних сумерек, $T_{гр_0} = 18^h$ — для захода светил и конца вечерних сумерек.

Решение задачи осуществляется методом последовательных приближений. Для решения задачи достаточно 2—4 приближения. Решение продолжается до тех пор, пока не высветится на индикаторе значение, отличное от целых семизначных адресов. Индикация значения $0 \leq T_{гр} \leq 24^h$ означает гринвичское время на заданную дату в заданном месте (φ , λ). Индикация $T_{гр} < 0^h$ означает гринвичское время

$T_{гр} = T_{гр} + 24^ч$ на предыдущую дату в заданном месте. Индикация $T_{гр} > 24^ч$ означает гринвичское время $T_{гр} = T_{гр} - 24^ч$ на последующую дату в заданном месте. Время $T_{гр}$ высвечивается в часах, минутах и долях минуты. Например, индикация числа 3,1052487 означает приближенно $T_{гр} = 3^ч 11^м$. Для определения судового времени необходимо к результату вычислений прибавить номер часового пояса, принятого на корабле.

Индикация числа 50 означает: светило постоянно находится над горизонтом либо сумерки длятся всю ночь. Индикация числа -50 означает: светило постоянно находится под горизонтом либо сумерки отсутствуют.

Всегда имеют место случаи, когда Луна не заходит вблизи первой четверти и когда Луна не восходит вблизи последней четверти. В этом случае задача будет решаться бесконечно долго без индикации значения $T_{гр}$, поскольку содержимое регистра RGe ($T_{гр}$) при каждом приближении резко меняет свое значение и сходимости нет. Если в процессе вычислений после четвертого приближения не высветится значение $T_{гр}$, то необходимо обратить внимание на поведение величины в регистре RGe в ходе последующих приближений.

В высоких широтах возможно более одного восхода или захода Луны в сутки (см. прим. 2).

Если в процессе вычислений при решении первого блока программы высветится информация об ошибке ЕГГОГ, то необходимо перейти на предыдущий интервал представления, если D — начальный день исходного интервала представления, и перейти на последующий интервал, если D — последний день исходного интервала представления. В первом случае необходимо выполнить следующие операции:

$$\lambda : = \lambda - 24 \quad \rightarrow \text{RGb}$$

$$\pm D : = \pm (D - 1) \rightarrow \text{RGd}$$

$$T_{гр} : = T_{гр} + 24 \quad \rightarrow \text{RGe}$$

Таблица 5.45

Содержимое информации в регистрах первого блока

Исходные данные	Регистр	Результат счета
$a_0 (d_0)$	0	
$a_1 (d_1)$	1	
$a_2 (d_2)$	2	
$a_3 (d_3)$	3	
$a_4 (d_4)$	4	
$a_5 (d_5)$	5	
n	6	
τ_r	7	
T_0	8	$t_{гр}$
	9	δ
$\varphi \rightarrow$	a	φ
$\lambda [ч] \rightarrow$	b	$\lambda [ч]$
$h \rightarrow$	c	h
$\pm D [сут] \rightarrow$	d	$\pm D [сут]$
$T_{гр_0} [ч] \rightarrow$	e	$T_{гр_0} [ч]$

Во втором случае:

$$\begin{aligned} \lambda &:= \lambda + 24 && \rightarrow \text{RGb} \\ \pm D &:= \pm (D + 1) && \rightarrow \text{RGd} \\ T_{\text{гр}} &:= T_{\text{гр}} - 24 && \rightarrow \text{RGe} \end{aligned}$$

После указанных операций необходимо записать в ППЗУ новые данные из табл. 1 или 2 на новый интервал представления. В процессе вычислений индикация значения $T_{\text{гр}}$ будет соответствовать новой дате D . Новая дата $D := (D - 1)$ должна соответствовать последнему дню предыдущего интервала представления, а $D := (D + 1)$ — началу следующего интервала представления. Например, если для Солнца 31 октября 1986 г. $\pm D = \pm 31$, то на последующий интервал $\pm D := \pm (D + 1) = \pm (31 + 1) = \pm 1$.

Содержимое регистровой памяти при решении первого блока программы представлено в табл. 5.45, второго блока — в табл. 5.46.

Таблица 5.46

Содержимое информации в регистрах второго блока

Исходные данные	Регистр	Результат' счета
$t_{\text{гр}}$	8	$t_{\text{гр}}$
δ	9	δ
φ	a	φ
λ [ч]	b	λ [ч]
h	c	h
$\pm D$ [сут]	d	$\pm D$ [сут]
$T_{\text{гр}0}$ [ч]	e	$T_{\text{гр}0}$ [ч] ↑

Пример 5.17. 13 мая 1986 г. Часы на корабле установлены по времени часового пояса $N_c = +10$ Е. Вычислить судовое время захода Солнца в точке $\varphi = 30^\circ 13,7' \text{ N}$ и $\lambda = 150^\circ 09,0' \text{ E}$.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020898 — второй блок программы из табл. 5.44.

2. По дате 13 мая 1986 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{\text{гр}}$ и δ Солнца.

3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:

$$a_0 = 180,7767^\circ$$

$$a_1 = 5759,9518^\circ$$

$$a_2 = -0,1446^\circ$$

$$a_3 = 0,0027^\circ$$

$$a_4 = 0,0005^\circ$$

$$a_5 = -0,0001^\circ$$

$$n = 5$$

$$\tau = 32$$

$$T_0 = 0$$

по адресу —2092842:

$$d_0 = 13,6405^\circ$$

$$d_1 = 3,6982^\circ$$

$$d_2 = -0,3414^\circ$$

$$d_3 = -0,0128^\circ$$

$$d_4 = 0,0006^\circ$$

$$d_5 = 0,0000^\circ$$

4. Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{RG0} - \text{RGe}. \end{aligned}$$

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned} \varphi &= +30^{\circ}13,7' = 30,228332^{\circ} \rightarrow \text{RGa} \\ \lambda &= +150^{\circ}09,0' = 10,01^{\circ} \rightarrow \text{RGb} \\ h &= -0,833^{\circ} \rightarrow \text{RGc} \\ \pm D &= -13^{\circ} \rightarrow \text{RGd} \\ T_{\text{гр}0} &= 18^{\circ} \rightarrow \text{RGe} \end{aligned}$$

6. Решить задачу согласно табл. 5.47.

Таблица 5.47

Порядок решения примера 5.17

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
∇	1000098	Конец первого приближения
∇	-1080063	
*	-2092842	
*	2020898	
∇	8,4467606	$T_{\text{гр}} = 8^{\text{h}}45^{\text{m}} - 13 \text{ мая } 1986 \text{ г.}$

После второго приближения на индикаторе высветилось значение гринвичского времени захода Солнца $T_{\text{гр}} = 8^{\text{h}}45^{\text{m}} - 13 \text{ мая } 1986 \text{ г.}$

Заход Солнца по судовому времени $T_{\text{с}} = T_{\text{гр}} + N_{\text{с}} = 8^{\text{h}}45^{\text{m}} + 10^{\text{m}} = 18^{\text{h}}45^{\text{m}}$.

Пример 5.18. 19 марта 1986 г. Часы на корабле установлены по времени часового пояса $N_{\text{с}} = +6 \text{ E}$. Вычислить судовое время начала утренних навигационных сумерек в точке $\varphi = 32^{\circ}42,0' \text{ S}$ и $\lambda = 89^{\circ}19,5' \text{ E}$.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020898 — второй блок программы из табл. 5.44.

2. По дате 19 марта 1986 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , $\tau_{\text{г}}$, T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{\text{гр}}$ и δ Солнца.

3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:

по адресу -1080063: по адресу -2092842:

$$\begin{aligned} a_0 &= 177,8402^{\circ} & d_0 &= -1,9271^{\circ} \\ a_1 &= 5761,0883^{\circ} & d_1 &= 6,2684^{\circ} \\ a_2 &= 0,0609^{\circ} & d_2 &= 0,0177^{\circ} \\ a_3 &= -0,0138^{\circ} & d_3 &= -0,0179^{\circ} \\ a_4 &= -0,0006^{\circ} & d_4 &= 0,0004^{\circ} \\ a_5 &= -0,0001^{\circ} & d_5 &= 0,0001^{\circ} \\ n &= 5 \\ \tau_{\text{г}} &= 32 \\ T_0 &= 0 \end{aligned}$$

4. Выполнить:

$$\begin{aligned} \text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, \\ 0 &\rightarrow \text{RG0} - \text{RGe}. \end{aligned}$$

5. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:

$$\begin{aligned}\varphi &= -32^{\circ}42,0' = -32,7^{\circ} \rightarrow \text{RGa} \\ \lambda &= +89^{\circ}19,5' = 5,955^{\text{ч}} \rightarrow \text{RGb} \\ h &= -12^{\circ} \rightarrow \text{RGc} \\ \pm D &= +19^{\text{д}} \rightarrow \text{RGd} \\ T_{\text{гРв}} &= 6^{\text{ч}} \rightarrow \text{RGe}.\end{aligned}$$

6. Решить задачу согласно табл. 5.48.

Таблица 5.48

Порядок решения примера 5.18

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
∇	1000098	Конец первого приближения
∇	-1080063	
*	-2092842	
*	2020898	
∇	-4,832064 -01	$T_{\text{гР}} = -0^{\text{ч}}48^{\text{м}} = 23^{\text{ч}}12^{\text{м}} - 18 \text{ марта } 1986 \text{ г.}$

После второго приближения на индикаторе высветилось значение гринвичского времени начала утренних навигационных сумерек $T_{\text{гР}} = -0^{\text{ч}}48^{\text{м}} = 23^{\text{ч}}12^{\text{м}} - 18 \text{ марта } 1986 \text{ г.}$

$T_{\text{с}} = T_{\text{гР}} + N_{\text{с}} = -4,832064 \cdot 10^{-01} + 5,6 = 5,1167936 = 5^{\text{ч}}12^{\text{м}}$ — начало утренних сумерек на заданном месте 19 марта 1986 г. Принималось, что $N_{\text{с}} = +6^{\text{ч}} = +5^{\text{ч}}60^{\text{м}}$.

Пример 5.19. 2 октября 1986 г. Часы установлены по времени часового пояса $N_{\text{с}} = 9 \text{ W}$. Вычислить судовое время захода Луны в точке $\varphi = 25^{\circ}43,7' \text{ S}$, $\lambda = 130^{\circ}30,0' \text{ W}$.

Порядок подготовки и решения примера

1. По адресу 1000098 ввести в ППЗУ первый блок программы из табл. 5.2, по адресу 2020898 — второй блок программы из табл. 5.44.

2. По дате 2 октября 1986 г. выбрать из табл. 2 исходные данные $a_0 - a_5$, n , $\tau_{\text{г}}$, T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{\text{гР}}$ и δ Луны.

3. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:

по адресу -1080063: по адресу -2092842:

$$\begin{aligned}a_0 &= 39,3633^{\circ} & d_0 &= 15,4650^{\circ} \\ a_1 &= 871,4760^{\circ} & d_1 &= -12,2629^{\circ} \\ a_2 &= 0,4322^{\circ} & d_2 &= -1,3301^{\circ} \\ a_3 &= -0,0745^{\circ} & d_3 &= 0,1311^{\circ} \\ a_4 &= -0,0174^{\circ} & d_4 &= 0,0075^{\circ} \\ a_5 &= 0,0012^{\circ} & d_5 &= 0,0000^{\circ} \\ n &= 5 \\ \tau_{\text{г}} &= 5 \\ T_0 &= 28\end{aligned}$$

4. Выполнить:

$$\begin{aligned}\text{Д/П} &\rightarrow \text{П}, \\ \text{С/З/СЧ} &\rightarrow \text{СЧ}, \\ \text{Р/ГРД/Г} &\rightarrow \text{Г}, 0 \rightarrow \text{RG0} - \text{RGe}.\end{aligned}$$

5. По дате 2 октября 1986 г. выбрать из табл. 2 значение параллакса ρ_0 на момент $T_{гр} = 0^h$; $\rho_0 = 57,4'$.
 6. По формуле (5.20) вычислить значение h при $e=0$:

$$h = 1,2907066^\circ \cdot 10^{-01}$$

7. Ввести в регистровую память согласно табл. 5.45 следующие исходные данные:
 $\varphi = -25^\circ 43,7' = -25,728332^\circ \rightarrow \text{RGa}$
 $\lambda = -130^\circ 30,0' = -8,7^h \rightarrow \text{RGb}$
 $h = 1,2907066^\circ \cdot 10^{-01} \rightarrow \text{RGc}$
 $\pm D = -(D + M^a) = -(2 + 30) = -32^d \rightarrow \text{RGd}$
 $T_{гр0} = 18^h \rightarrow \text{RGe}.$
8. Решить задачу согласно табл. 5.49.

Таблица 5.49

Порядок решения примера 5.19

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
∇	-1080063	Выполнить команды ∇ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
∇	1000098	Конец первого приближения
∇	-1080063	Информация об ошибке
*	ЕГГОГ	

9. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.45 новые исходные данные из табл. 2 на дату 3 октября 1986 г.:

по адресу -1080063:	по адресу -2092842:
$a_0 = 340,9180^\circ$	$d_0 = -13,0727^\circ$
$a_1 = 868,6425^\circ$	$d_1 = -14,2616^\circ$
$a_2 = -1,2208^\circ$	$d_2 = 1,0863^\circ$
$a_3 = -0,1065^\circ$	$d_3 = 0,2701^\circ$
$a_4 = 0,0242^\circ$	$d_4 = 0,0041^\circ$
$a_5 = 0,0048^\circ$	$d_5 = -0,0019^\circ$
$n = 5$	
$\tau_T = 5$	
$T_0 = 3$	

10. Учитывая, что значения λ , $-D$ и $T_{гр}$ содержатся в регистрах RGb (λ), RGd ($-D$) и RGe ($T_{гр}$), выполнить следующие действия:

$$\lambda = \lambda + 24 = -8,7 + 24 = 15,3^h \rightarrow \text{RGb}$$

$$-D = -(D + 1) = -(32 + 1) = -33 = -3^d \rightarrow \text{RGd}$$

$$T_{гр} = T_{гр} - 24 = 25,643835 - 24 = 1,643835^h \rightarrow \text{RGe}.$$

11. Продолжить решение задачи согласно табл. 5.50.

Команда	Индикация	Комментарий
1000098	1000098	Набрать на индикаторе адрес первого блока
▽	-1080063	Выполнить команды ▽ (см. табл. 5.1)
*	-2092842	Выполнить команды * (см. табл. 5.1)
*	2020898	Адрес второго блока
▽	1000098	Конец второго приближения
▽	-1080063	$T_{гр} = 1^{\circ}57^m - 3$ октября 1986 г.
*	-2092842	
*	2020898	
▽	1,5672616	

После третьего приближения на индикаторе высветилось значение гриничского времени захода Луны $T_{гр} = 1^{\circ}57^m - 3$ октября 1986 г.
 Заход Луны по судовому времени $T_c = T_{гр} + N_c = 1,5672616 - 9 + 24 = 16,5672616 = 16^{\circ}57^m - 2$ октября 1986 г.
 Примечание. Момент захода Луны приходится на 2 октября 1986 г. (т. е. на предыдущую дату), поскольку $T_c = T_{гр} + N_c = 1,5672616 - 9 < 0$.

§ 6. Решение задач морской астронавигации с помощью штурманского вычислительного комплекта (ШВК)

Штурманский вычислительный комплект — ШВК «Электроника МК-52-Астро» — построен на базе микрокалькулятора «Электроника МК-52» с блоком расширения памяти БРП-2 «Электроника-Астро». Блок БРП-2 представляет собой внешний модуль постоянной памяти (ПЗУ), в котором постоянно хранятся программы решения основных астронавигационных задач. В частности, ШВК позволяет вычислять значения δ и $t_{гр}$ Солнца, Луны и планет с использованием данных из табл. 1 или 2 Астронавигационного альманаха для решения последующих необходимых штурману задач.

При соединении блока БРП-2 с микрокалькулятором МК-52 информацию можно считывать из ППЗУ микрокалькулятора либо из ПЗУ блока БРП-2 в зависимости от установки переключателя ВКЛ блока. Если переключатель находится в положении ВКЛ, информация считывается из ПЗУ блока; если в положении ВЫКЛ — из ППЗУ микрокалькулятора. В связи с вышеизложенным ШВК можно использовать в трех режимах:

РЕЖИМ I. Работа ШВК без использования ППЗУ для хранения программ и данных.

При работе ШВК в режиме I для вычисления значений δ и $t_{гр}$ Солнца, Луны или планет первоначально вводятся из табл. 1 или 2 исходные данные $d_0 - d_5$, n , τ_t , T_0 , затем — исходные данные $a_0 - a_5$. Результаты вычислений — δ и $t_{гр}$ содержатся в регистрах RG8 (δ) и RG9 ($t_{гр}$). Работу ШВК в режиме I смотри в примере 6.1.

РЕЖИМ II. Работа ШВК с использованием ППЗУ для хранения только исходных данных из табл. 1 или 2.

При работе ШВК в режиме II ППЗУ микрокалькулятора условно подразделяется на четыре части:

1. В первой части ППЗУ хранятся в течение месяца исходные данные d_0-d_5 , n , τ_r , T_0 и a_0-a_5 из табл. 1 для вычисления δ и $t_{гр}$ Солнца по следующим адресам:

$\boxed{-1000063}$ — исходные данные d_0-d_5 , n , τ_r и T_0

$\boxed{-2012842}$ — исходные данные a_0-a_5 .

2. Во второй части ППЗУ хранятся в течение пяти дней исходные данные d_0-d_5 , n , τ_r , T_0 и a_0-a_5 из табл. 2 для вычисления δ и $t_{гр}$ Луны по следующим адресам:

$\boxed{-1022463}$ — d_0-d_5 , n , τ_r и T_0

$\boxed{-2035242}$ — a_0-a_5 .

3. В третьей части ППЗУ хранятся в течение месяца исходные данные d_0-d_5 , n , τ_r , T_0 и a_0-a_5 из табл. 1 для вычисления δ и $t_{гр}$ планеты по следующим адресам:

$\boxed{-1044863}$ — d_0-d_5 , n , τ_r и T_0

$\boxed{-2057642}$ — a_0-a_5 .

4. В четвертой части ППЗУ хранятся в течение месяца исходные данные d_0-d_5 , n , τ_r , T_0 и a_0-a_5 из табл. 1 для вычисления δ и $t_{гр}$ второй планеты по следующим адресам:

$\boxed{-1080063}$ — d_0-d_5 , n , τ_r и T_0

$\boxed{-2092842}$ — a_0-a_5 .

Четвертую часть ППЗУ можно использовать как вспомогательную для хранения исходных данных Солнца или Луны. ППЗУ можно также использовать по своему усмотрению.

Работу ШВК в режиме II смотри в примере 6.2.

РЕЖИМ III. Работа ШВК с использованием ППЗУ для хранения программ и исходных данных из табл. 1 или 2.

Рассмотрим использование ШВК для решения задач 23—34.

Использование в блоке БРП-2 программы вычисления δ и $t_{гр}$ Солнца, Луны или планеты позволяет освободить часть ППЗУ по адресу 1000098 для хранения:

— программы решения задачи 24, 28, 29, 32 или 33;

— второго блока программы решения задачи 30; в этом случае, если в ППЗУ хранятся, кроме программы решения задачи 30, программа решения задачи 26 при вычислении элементов высотной линии можно использовать ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 1 или 2; при использовании части ППЗУ по адресу 1000098 для хранения второго блока программы решения задачи 30 необходимо в табл. 5.27 ввести с 87 по 93 шаг вместо адреса 2080084 новый адрес 1000098;

— третьего блока программы решения задачи 31;

— четвертого блока программы решения задачи 27.

При работе ШВК в режиме III для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца, Луны или планеты первоначально вводятся из табл. 1 или 2 исходные данные a_0-a_5 , n , τ_r и T_0 , затем — d_0-d_5 . Результаты вычислений — $t_{гр}$ и δ содержатся в регистрах RG8 ($t_{гр}$) и RG9 (δ). Работу ШВК в режиме III смотри в примерах 6.3 и 6.4. В примере 6.3 используется ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 1 или 2; в примере 6.4 ППЗУ не используется для хранения исходных данных.

При работе ШВК в режиме III наиболее целесообразно использовать ППЗУ для решения задач 28, 29, 30, 31, 32 и 34, программы которых не хранятся в блоке БРП-2.

Пример 6.1. Вычислить счислимые высоту h_c и пеленг $ИП_c$ Луны 2 октября 1986 г. в момент $T_{гр} = 0^{\circ}19'03''$, если счислимые координаты места корабля $\tau_c = 30^{\circ}12,1' N$ и $\lambda_c = 160^{\circ}10,4' E$. Решение выполнить в режиме I работы ШВК.


Порядок подготовки и решения примера

1. Присоединить к МК-52 блок БРП-2.
2. Выполнить:
 - Д/П → П,
 - С/З/СЧ → СЧ,
 - Р/ГРД/Г → Г,
 - 0 → RG0 — RGe.
3. По дате 2 октября 1986 г. выбрать из табл. 2 исходные данные $d_0 - d_5, n, \tau_T, T_0$ и $a_0 - a_5$ для вычисления δ и $ИП_c$ Луны.
4. Решить задачу согласно табл. 6.1.

Таблица 6.1

Порядок решения примера 6.1

Команда	Индикация	Комментарий
Переклю­чател­ь ВКЛ блока БРП-2 пере­вести в по­ложе­ние ВКЛ		
Переклю­чател­ь 1/2 блока БРП-2 пере­вести в по­ложе­ние 1		
$d_0 = 15,4650^{\circ}$	→ RG0	Ввести в регистровую память следующие исходные данные из табл. 2: $d_0 - d_5, n, \tau_T$ и T_0 .
$d_1 = -12,2629^{\circ}$	→ RG1	
$d_2 = -1,3301^{\circ}$	→ RG2	
$d_3 = 0,1311^{\circ}$	→ RG3	
$d_4 = 0,0075^{\circ}$	→ RG4	
$d_5 = 0,0000^{\circ}$	→ RG5	
$n = 5$	→ RG6	
$\tau_T = 5$	→ RG7	
$T_0 = 28^{\Delta}$	→ RG8	
2152642	2152642	
∇	1	Диалоговый символ даты Д
32	32	Ввести $D = 2 + 30 = 32^{\Delta}$
С/П	2	Диалоговый символ $T_{гр}$
0,1903	0,1903	Ввести $T_{гр} = 0^{\circ}19'03''$
С/П	2161098	Адрес второго блока
∇	8,161781	$\delta^D = 8^{\circ}16,2' N$
$a_0 = 39,3633^{\circ}$	→ RG0	Ввести в регистровую память следующие исходные данные из табл. 2: $a_0 - a_5$.
$a_1 = 871,4760^{\circ}$	→ RG1	
$a_2 = 0,4322^{\circ}$	→ RG2	
$a_3 = -0,0745^{\circ}$	→ RG3	
$a_4 = -0,0174^{\circ}$	→ RG4	
$a_5 = 0,0012^{\circ}$	→ RG5	

Команда	Индикация	Комментарий
В/О С/П	206,49734	$t_{\text{ГР}}^{\text{Д}} = 206^{\circ}49,7'$
С/П	10	Диалоговый символ радиуса $R_{\text{Д}}$
15,6	15,6	Ввести $R_{\text{Д}} = 15,6'$
С/П	11	Диалоговый символ параллакса $\rho_{\text{Г}}^{\text{Д}}$
57,4	57,4	Ввести $\rho_{\text{Г}}^{\text{Д}} = 57,4'$
С/П	3180677	Адрес третьего блока
	3	Диалоговый символ широты $\varphi_{\text{с}}$
30,121	30,121	Ввести $\varphi_{\text{с}} = 30^{\circ}12,1' \text{ N}$
С/П	4	Диалоговый символ долготы $\lambda_{\text{с}}$
160,104	160,104	Ввести $\lambda_{\text{с}} = 160^{\circ}10,4' \text{ E}$
С/П	67,065576	$h_{\text{с}} = 67^{\circ}06,6'$
С/П	198,04091	$\text{ИП}_{\text{с}} = 198^{\circ}04,1'$

Пример 6.2. Вычислить счислимые высоту $h_{\text{с}}$ и пеленг $\text{ИП}_{\text{с}}$ Юпитера 3 августа 1989 г. в момент $T_{\text{ГР}} = 21^{\circ}12'46''$, если счислимые координаты места корабля $\varphi_{\text{с}} = 30^{\circ}41,5' \text{ N}$ и $\lambda_{\text{с}} = 159^{\circ}02,8' \text{ E}$. Решение выполнить в режиме II работы ШВК.

Порядок подготовки и решения примера

1. Присоединить к МК-52 блок БРП-2.
2. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ.
3. По дате 3 августа 1989 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $d_2 - d_5$, n , τ_1 , T_0 и $a_0 - a_5$ для вычисления δ и $t_{\text{ГР}}$ Юпитера.
4. Ввести в ППЗУ следующие исходные данные:




по адресу -1044863:	по адресу -2057642:
$d_0 = 23,0693^{\circ} \rightarrow \text{RG0}$	$a_0 = 231,0753^{\circ} \rightarrow \text{RG0}$
$d_1 = -0,0497^{\circ} \rightarrow \text{RG1}$	$a_1 = 5772,5777^{\circ} \rightarrow \text{RG1}$
$d_2 = -0,0143^{\circ} \rightarrow \text{RG2}$	$a_2 = 0,1018^{\circ} \rightarrow \text{RG2}$
$d_3 = 0,0012^{\circ} \rightarrow \text{RG3}$	$a_3 = 0,0047^{\circ} \rightarrow \text{RG3}$
$d_4 = 0,0000^{\circ} \rightarrow \text{RG4}$	$a_4 = 0,0002^{\circ} \rightarrow \text{RG4}$
$d_5 = 0,0000^{\circ} \rightarrow \text{RG5}$	$a_5 = 0,0001^{\circ} \rightarrow \text{RG5}$
$n = 5 \rightarrow \text{RG6}$	
$\tau_1 = 32 \rightarrow \text{RG7}$	
$T_0 = 0 \rightarrow \text{RG8}$	

5. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ.
6. Выполнить:

Д/П \rightarrow П,
 С/З/СЧ \rightarrow СЧ,
 Р/ГРД/Г \rightarrow Г,
 0 \rightarrow RG0 - RGe.

7. Решить задачу согласно табл. 6.2.

Порядок решения примера 6.2

Команда	Индикация	Комментарий
Переклю­чател ь ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ		
—1044863	—1044863	Набрать на индикаторе адрес —1044863
Д/П→Д	—1044863	Перевести переключатель Д/П МК-52 в по­ложение Д
А↑ ↑↓	—1044863	Нажать клавиши А↑ и ↑↓
Д/П→П	—1044863	Перевести переключатель Д/П МК-52 в по­ложение П
Сх	0	
Переклю­чател ь ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ		
Переклю­чател ь 1/2 блока БРП-2 пе­ревести в положение 1		
2152642	2152642	Набрать на индикаторе адрес первого блока
	1	Диалоговый символ даты Д
3	3	Ввести Д = 3 ^а
С/П	2	Диалоговый символ T _{гр}
21,1246	21,1246	Ввести T _{гр} = 21 ^ч 12 ^м 46 ^с
С/П	2161098	Адрес второго блока
	23,063286	$\delta^2 = 23^{\circ}06,3' N$
Переклю­чател ь ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ		
—2057642	—2057642	Набрать на индикаторе адрес —2057642
Д/П→Д	—2057642	
А↑ ↑↓	—2057642	
Д/П→П	—2057642	
Сх	0	
Переклю­чател ь ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ		
В/О С/П	179,45552	$t_{гр}^2 = 179^{\circ}45,6'$
С/П	10	Диалоговый символ полудиаметра R
0	0	Ввести R = 0
С/П	11	Диалоговый символ параллакса ρ_0
0	0	Ввести $\rho_0 = 0$
С/П	3180677	Адрес третьего блока
	3	Диалоговый символ широты φ_c
30,415	30,415	Ввести $\varphi_c = 30^{\circ}41,5' N$
С/П	4	Диалоговый символ долготы λ_c
159,028	159,028	Ввести $\lambda_c = 159^{\circ}02,8' E$
С/П	69,406084	$h_c = 69^{\circ}40,6'$
С/П	106,46733	$ИП_c = 106^{\circ}46,7'$

Пример 6.3. Вычислить числимые высоту h_c и пеленг $ИП_c$ Солнца 24 февраля 1988 г. в момент $T_{гр} = 12^{\circ}31'58''$, если числимые координаты места корабля $\varphi_c = 59^{\circ}55,6' N$ и $\lambda_c = 27^{\circ}10,8' E$. Решение выполнить в режиме III работы ШВК при использовании ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 1.

Порядок подготовки и решения примера

1. Присоединить к МК-52 блок БРП-2.
2. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ.
3. По адресу 2020877 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.11.
4. По дате 24.02.88 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, n , τ_r , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Солнца.
5. Ввести в ППЗУ согласно табл. 5.3 следующие исходные данные:

по адресу —1080063:

$$\begin{aligned} a_0 &= 176,6489^\circ \\ a_1 &= 5760,1684^\circ \\ a_2 &= 0,1890^\circ \\ a_3 &= -0,0070^\circ \\ a_4 &= -0,0007^\circ \\ a_5 &= -0,0002^\circ \\ n &= 5 \\ \tau_r &= 32 \\ T_0 &= 0 \end{aligned}$$

по адресу —2092842:

$$\begin{aligned} d_0 &= -12,4575^\circ \\ d_1 &= 5,4382^\circ \\ d_2 &= 0,2183^\circ \\ d_3 &= -0,0201^\circ \\ d_4 &= -0,0001^\circ \\ d_5 &= 0,0001^\circ \end{aligned}$$

6. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ.
7. Выполнить:

Д/П → П,
С/З/СЧ → СЧ,
Р/ГРД/Г → Г,
0 → RGO — RGe.

8. Решить задачу согласно табл. 6.3.

Таблица 6.3

Порядок решения примера 6.3

Команда	Индикация	Комментарий
Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ		
—1080063	—1080063	Набрать на индикаторе адрес —1080063
Д/П → Д	—1080063	Перевести переключатель Д/П МК-52 в положение Д
А↑ ↓	—1080063	Нажать клавиши А↑ и ↓
Д/П → П	—1080063	Перевести переключатель Д/П МК-52 в положение П
Сх	0	
Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ		
Переключатель 1/2 блока БРП-2 перевести в положение 1		
2152642	2152642	Набрать на индикаторе адрес первого блока
▽	1	Диалоговый символ даты Д

Команда	Индикация	Комментарий
24	24	Ввести $D = 24^a$
С/П	2	Диалоговый символ $T_{гр}$
12,3158	12,3158	Ввести $T_{гр} = 12^h 31^m 58^s$
С/П	2161098	Адрес второго блока
∇	4,39348	$t_{гр}^{\odot} = 4^{\circ} 39,3'$
Переклю­чател­ь ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ		
—2092842	—2092842	Набрать на индикаторе адрес —2092842
Д/П→Д	—2092842	
А↑ ↑↓	—2092842	
Д/П→П	—2092842	
Сх	0	
В/О С/П	—9,3811692	$\delta^{\odot} = 9^{\circ} 38,1' S$
2020877	2020877	Набрать на индикаторе адрес третьего блока (второго блока в ППЗУ)
А↑ ↑↓	2020877	Нажать клавиши А↑ и ↑↓
Сх	0	
59,556	59,556	Ввести $\varphi_c = 59^{\circ} 55,6' N$
В↑	59,556	
27,108	27,108	Ввести $\lambda_c = 27^{\circ} 10,8' E$
В/О С/П	15,572663	$h_c = 15^{\circ} 57,3'$
С/П	212,44614	$ИП_c = 212^{\circ} 44,6'$

Пример 6.4. Вычислить счислимые высоту h_c и пеленг $ИП_c$ Юпитера 3 августа 1989 г. в момент $T_{гр} = 21^h 12^m 46^s$, если счислимые координаты места корабля $\varphi_c = 30^{\circ} 41,5' N$ и $\lambda_c = 159^{\circ} 02,8' E$. Решение выполнить в режиме III работы ШВК, не используя ППЗУ для хранения исходных данных из табл. 1.

Порядок подготовки и решения примера

1. Присоединить к МК-52 блок БРП-2.
2. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВЫКЛ.
3. По адресу 2020877 ввести в ППЗУ программу из табл. 5.11.
4. Переключатель ВКЛ блока БРП-2 перевести в положение ВКЛ.
5. Выполнить:

Д/П → П,

С/З/СЧ → СЧ,

Р/ГРД/Г → Г,

0 → RG0 — RGe.

6. По дате 3 августа 1989 г. выбрать из табл. 1 исходные данные $a_0 - a_5$, b , τ_r , T_0 и $d_0 - d_5$ для вычисления $t_{гр}$ и δ Юпитера.
7. Решить задачу согласно табл. 6.4.