

ВЫСШИЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОФИЦЕРСКИЕ КЛАССЫ
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА

С. Ю. ЗИНОВЬЕВ

**ПОСОБИЕ ПО РЕШЕНИЮ И СОСТАВЛЕНИЮ
СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ МОРСКОЙ АСТРОНАВИГАЦИИ**

Утверждено начальником ВСОК ВМФ

в качестве учебного пособия для слушателей классов

Санкт-Петербург

ИЗДАНИЕ ВСОК ВМФ

1996

Искусство навигации состоит не в том, чтобы уметь высчитывать, а в том, чтобы уметь добывать навигационные параметры.

Г. П. Попеко

ВВЕДЕНИЕ

Вся деятельность штурмана в море направлена на обеспечение безопасного плавания. Для выполнения этой задачи необходим непрерывный контроль за счислением пути: координатами места, курсом, временем. Что достигается путем постоянного выполнения большого числа различных, в том числе весьма сложных вычислений. Научно-техническая революция, пришедшая на флот, существенно облегчила вычислительную работу штурманов. Современные корабельные приемоиндикаторы радионавигационных систем (КПИ РНС), построенные на базе вычислительной техники, позволяют сократить до минимума затраты времени на определение места. Но на надежность работы РНС существенное дестабилизирующее влияние оказывают грозы, полярные сияния, магнитные бури, колебания питающих напряжений, неисправности аппаратуры. Даже при дальнейшем развитии глобальных радионавигационных систем автономные астрономические способы определения места надолго останутся в практике навигаторов как резервные благодаря надежности секстана и хронометра, а для определения поправки компаса в, открытом море пока не существует никаких иных способов.

Главной причиной снижения частоты использования астрономических способов в море является необходимость затраты продолжительного времени на наблюдения и обработку астронавигационной информации. Отсутствие твердых навыков в измерении и обработке приводит к тому, что при осуществлении астронавигационных способов появляются ошибки и промахи, что рождает неуверенность в возможности их осуществления.

Уверенное владение всеми способами измерения, обработки и анализа астронавигационной информации способствует повышению навигационной безопасности плавания.

Вопросам оптимизации работы штурмана по измерению, обработке и анализу на промах астронавигационной информации посвящается эта книга.

Глава 1

ИСПРАВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕННЫХ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

§ 1.1. Исправление высот светил, измеренных в различных условиях

Крупный успех составляется из множества предусмотренных и обдуманных мелочей

В. О. Ключевский

Всякого рода наблюдения (навигационные, астрономические, или другие) всегда и неизбежно сопровождаются погрешностями большей или меньшей величины. В случае, когда причины возникновения погрешностей и характер их воздействия известны, влияние погрешностей может быть скомпенсировано поправками.

Необходимость исправления высот

При астронавигационных наблюдениях основными факторами, влияющими на точность определения навигационного параметра, являются: воздействие атмосферы, наклонение горизонта или зрительного луча, геометрические размеры светил, движение корабля, и точность измерения момента времени наблюдения.

Приводимые в «Морском астрономическом ежегоднике» (МАЕ) экваториальные координаты светил отнесены к центру Земли, то есть являются геоцентрическими. Вследствие этого, и измеренные для определения места высоты светил должны быть приведены к центру Земли.

Переход от измеренной высоты к истинной, приведенной к центру Земли, называют **исправлением высоты светила**. Для нахождения геоцентрических истинных высот светил в полученные при наблюдениях отсчеты секстанта должны быть внесены **поправки**.

Значения поправок приведены в «Мореходных таблицах» (МТ-75), МАЕ, а также в табл. ВАС-58 и ТВА-57. Для ускорения вычислений, для Солнца и Луны некоторые таблицы объединены в таблицы общих поправок. Для Солнца—табл. 8 МТ-75:

$$\text{ОП} = \text{г} + \text{р} + \text{Rcp},$$

для Луны — табл. 10 МТ-75:

$$\text{ОП} = \text{г} + \text{р} + \text{Rtц}.$$

Таким образом, возможны два способа исправления высот. Общая формула исправления высот имеет вид:

$$h = OC + i + s - d - r + R + p + \delta h_t + \delta h_B$$

где:

i — поправка индекса секстанта;

s — инструментальная поправка секстанта;

d — поправка за наклонение горизонта;

r — поправка за рефракцию;

R — радиус светила;

p — поправка за параллакс;

δh_t — поправка за несоответствие фактической температуры воздуха стандартным условиям;

δh_B — поправка за несоответствие фактического атмосферного давления стандартным условиям.

Поправки высоты δh_t и δh_B , за счет изменения рефракции от несоответствия фактических температуры и давления стандартным, учитывают для всех светил, имеющих высоту меньше 30 градусов. Способ исправления высот отдельными поправками считается наиболее точным. *При исправлении высот лучше пользоваться таблицами поправок, выпущенными после 1965 года, так как, начиная с этого года, они неоднократно уточнялись.*

Табличное и фактическое значения наклонения горизонта часто не совпадают. Отклонения измеренного наклонения от табличных значений наиболее велики в высоких широтах, в районах действия теплых течений, таяния льдов и менее ощутимы в умеренных и тропических широтах.

В случаях, когда горизонт под светилом виден не четко или вообще не наблюдается, для измерения высот светил используют особые способы. К ним относятся:

- измерение высоты светила через зенит;
- с помощью секстанта с искусственным горизонтом;
- над ватерлинией другого судна или над урезом берега, льда;
- измерение в искусственный горизонт;
- над огнями другого судна.

Особенности исправления высот светил, измеренных через зенит.

При наблюдениях через зенит верхний край Солнца представляется наблюдателю в качестве нижнего. Вначале измеренную через зенит высоту верхнего края Солнца исправляют за наклонение горизонта и результат вычитают из 180 градусов, что соответствует результату обычного измерения и исправления высоты верхнего края Солнца. Затем прибавляют либо раздельные поправки, либо общую поправку для исправления высоты верхнего края Солнца.

Особенности исправления высот светил, измеренных секстаном с искусственным горизонтом. При измерении высот секстаном с искусственным горизонтом наблюдается высота центра светила над плоскостью приборного горизонта. Значит не должны учитываться поправки на полудиаметр и наклонение горизонта.

При работе с табл. 8 МТ-75 для Солнца и табл. 10 МТ-75 для Луны:

$$h^{\Theta} = h_B^{\Theta} + \frac{\Delta h_{\Theta} + \Delta h_{\Theta}}{2} + \delta h_t + \delta h_B$$

$$h^{\alpha} = h_B^{\alpha} + \frac{\Delta h_{\alpha} + \Delta h_{\alpha}}{2} + \delta h_t + \delta h_B$$

При работе с ВАС-58:

$$h^{\Theta} = h_B^{\Theta} + \Delta h_{p+\rho} + \delta h_t + \delta h_B$$

$$h^{\alpha} = h_B^{\alpha} + O\Pi_{\alpha} + \delta h_t + \delta h_B$$

Особенности исправления высот, измеренных над ватерлинией другого судна или береговой чертой. Высоту можно измерять над ватерлинией другого судна, расположенного на одном вертикале со светилом. Практически этот прием удобно применять при совместном плавании, например, в арктических караванах или в экспедиционных рейсах. Можно также измерить высоту над береговой чертой, урезом льда, если они расположены ближе линии видимого горизонта и на берегу нет приметных точечных объектов для определения места по РЛС.

Для получения высоты над истинным горизонтом надо сначала учесть *наклонение зрительного луча*, которое выбирают из табл. 16 МТ-75 по аргументам: высота глаза наблюдателя и расстояние до берега или другого судна (в кабельтовых). Поправка надежна при расстоянии не меньше 10 кабельтовых. Расстояние легко измерить радиолокатором, причем точнее оно будет определено до судна, чем до берега..

Получив величину видимой высоты светила, ее исправляют отдельными поправками или общей поправкой для высоты глаза, равной нулю.

$$h_0 = OC + (i + S) + \Delta + r + p + R + \delta h_t + \delta h_B$$

Необходимо заметить, если расстояние до судна или до берега меньше одной мили, поправку индекса нужно определять по прямовидимому ближнему предмету (судну, берегу), а не по светилу.

Особенности исправления высот, измеренных в искусственный горизонт. В качестве искусственного горизонта можно использовать жидкость, налитую в любой достаточно широкий сосуд.

Для измерения высот сосуд устанавливают на открытом месте, защищенном от ветра. Наблюдатель располагается в одном вертикале со светилом и плоскостью горизонта, смоделированной поверхностью жидкости, так, чтобы в

жидкости было видно отражение светила. Установив алидаду примерно на двойной отсчет высоты, направляют трубу секстана на изображение светила в жидкости. В поле зрения трубы будут два изображения: отраженное от поверхности жидкости и дважды отраженное от зеркал секстана. Если теперь совместить их, то будет измерен угол, равный удвоенной видимой высоте светила. Видимые высоты, измеренные с помощью жидкостного искусственного горизонта, перед исправлением надо разделить на два. Исправлять их можно отдельными поправками или по таблице общих поправок для высоты глаза наблюдателя, равной нулю.

$$h_0 = \frac{OC + i + S}{2} + r + p + R + \delta h_t + \delta h_B$$

Применение искусственного горизонта позволяет обеспечить очень высокую точность измерения высот (до 0,2...0,3').

Особенности исправления высоты светил, измеренных над огнями другого судна. В отличие от высот, измеренных над видимым горизонтом, высоты светил, измеренные над огнями судов, исправляются поправками за наклонение зрительного луча вместо поправки за наклонение видимого горизонта. В остальном порядок исправлений такой же. Поправка за наклонение зрительного луча вычисляется по формуле

$$\Delta = -(0,42D - 1,856) \frac{e - H}{D}$$

где:

d' — поправка за наклонение зрительного луча, дуг. мин;

D — расстояние до судна, мили;

e — возвышение глаза наблюдателя над уровнем моря, м;

H — возвышение огня судна над уровнем моря, м.

При совместном плавании рекомендуется составить таблицу по этой формуле, используя программу.

ВЫВЕРКИ НАВИГАЦИОННОГО СЕКСТАНА

1. Устранение не параллельности оси трубы плоскости лимба

Устранение не параллельности оси трубы плоскости лимба секстана (рис. 1.1). Секстан с отрегулированной по глазу трубой устанавливают горизонтально на устойчивом и ровном основании (удобно использовать ящик из-под секстана). Алидаду располагают в середине лимба. Затем на края лимба ставят два диоптры 1 и 2 так, чтобы соединяющая их линия была примерно параллельна оптической оси трубы.

Выбирают удаленный не менее чем на 50 м предмет, расположенный примерно на том же уровне, и поворачивают секстан так, чтобы горизонтальная линия выбранного предмета ДД оказалась на створе верхних срезов диоптров (положение глаза Г). Затем наблюдают предмет в трубу.

2. Проверка перпендикулярности большого зеркала плоскости лимба

1. Установить секстан на горизонтальное основание (рис. 1.2).

2. Алидаду секстана установить на отсчет 40..50.

3. На лимб секстана у отсчетов 0 и 120 установить диоптры — специальные уголки (рис. 1.2, а).

4. Посмотреть на секстан со стороны большого зеркала таким образом, чтобы:
— луч зрения проходил через правый срез большого зеркала и был параллелен плоскости рамы;

— правый срез большого зеркала «скрывал» левую половину левого диоптра (прямовидимо наблюдается только правая половина левого диоптра).

5. Перемещая правый диоптр по лимбу, добиться такого его положения, чтобы на срезе большого зеркала наблюдалась и половина изображения правого диоптра), половина левого диоптра находится все это время в поле зрения.

Если наблюдаемые верхние срезы диоптров будут на одном уровне (рис. 1.2, б), большое зеркало перпендикулярно лимбу.

Если наблюдаемые верхние срезы диоптров не совпадают (см. рис. 1.2, в), вращением регулировочного винта большого зеркала совместить края диоптров, как показано на рис 1.2.

3. Проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости лимба по Солнцу

1. Навести зрительную трубу на резкость, и установить на секстан.

2. Алидаду и угломерный барабан установить на « $0^{\circ}00,0'$ » (рис. 1.3, а).

. Подобрать и установить светофильтры перед зеркалами.

4. Навести зрительную трубу на Солнце. В ее поле зрения наблюдаем изображение прямовидимого и отраженного зеркалами Солнца.

5. В первом случае (рис. 1.3, б), при вращении угломерного барабана одно изображение Солнца строго проходит через его другое изображение и в какой-то момент эти изображения совмещаются (рис. 1.3, в), что и свидетельствует о том, что малое зеркало перпендикулярно лимбу.

6. В случаях рис. 1.3, г. и 1.3, д малое зеркало неперпендикулярно плоскости лимба. Для устранения не перпендикулярности:

- вращая угломерный барабан, установить изображения на одной горизонтали (рис. 1.3, е);
- вращая верхний регулировочный винт малого зеркала, добиться точного наложения изображений Солнца (рис. 1.3, в).

Примечание. Аналогично (кроме п. 3) выполняется проверка перпендикулярности малого зеркала плоскости лимба по звезде.

4. Определение поправки индекса секстана по звезде

1. Навести зрительную трубу на резкость, и установить ее на секстан.
2. Алидаду и угломерный барабан установить на отсчет « $0^{\circ}00,0'$ » (рис. 1.4, а).
3. Навести зрительную трубу на звезду (вкл. 1 и 2). В поле зрения наблюдаем (рис. 4, б, в, г).
4. В первом случае (рис. 1.4, б), вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала устраниТЬ его не перпендикулярность.
5. В случае рис. 1.4, в, г, вращая угломерный барабан, добиться точного совмещения изображений звезды (рис. 1.4, в) и снять отсчет секстана:
 $OC=359^{\circ}57,8''$ (рис. 1.4, е).
6. Рассчитать поправку индекса секстана по формуле
 $i = 360 - OC$.

Для нашего примера $i = + 2,2$.

5. Определение поправки индекса секстана по Солнцу

1. Навести зрительную трубу на резкость, и установить ее на секстан,
2. Алидаду и угломерный барабан установить на отсчет « $0^{\circ}00,0'$ ».
3. Подобрать и установить светофильтры перед зеркалами.
4. Навести зрительную трубу на Солнце. В поле зрения наблюдаем (рис. 1.5, а, б, в).
5. В первом случае (рис. 1.5) вращением верхнего регулировочного винта малого зеркала устраниТЬ не перпендикулярность малого зеркала.
6. В случае б или в, вращая угломерный барабан, добиться соприкосновения изображений Солнца (рис. 1.5, г) и снять первый отсчет секстана:
 $OC_1=360^{\circ}34,0'$ (рис. 1.5, о).
7. Вращая угломерный барабан, добиться смены изображений Солнца (рис. 1.5, е) и снять второй отсчет секстана: $OC_2 = 359^{\circ}33,2'$ (рис. 1.5, ж).
8. Рассчитать поправку индекса секстана по формуле

$$i = 360 \frac{OC_1 + OC_2}{2}$$

Для нашего примера $i = -5,1$.

6. Контроль точности определения поправки индекса секстана по Солнцу

1. Из МАЕ или табл. ВАС-58 выбрать на дату наблюдений (20.09.89 г.) значение радиуса Солнца ($R=16,0$) и рассчитать значение $4R=64,0$.

2. Рассчитать разность между первым и вторым (большим и меньшим) отсчетами секстана:

$$r = OC_1 - OC_2 = 360^\circ 37,0' - 359^\circ 33,2' = 63,8$$

3. Сравнить величины $4R(64,0)$ и $r(63,8)$:

а) если разность $\Delta = 4R - r$ не превышает значения 0,5, то значения OC_1 и OC_2 соответствуют действительным значениям и поправка индекса секстана определена правильно;

б) если разность $\Delta = 4R - r$ более чем + 0,5 ($4R > r$), то замеры неточны — края изображений Солнца накладывались одно на другое. (Рис. 1.6, о) и поправка индекса рассчитана неправильно;

в) если разность $\Delta = 4R - r$ более чем — 0,5 ($4R < r$), то замеры тоже выполнены неточно — между краями изображений Солнца имелся «разрыв» («зазор») (рис. 1.6,6) и поправка индекса секстана также не соответствует ее действительному значению.

4. В случае рис. 1.6, а или рис. 1.6,6 — повторить определение поправки индекса по Солнцу.

Для нашего примера, $\Delta = +0,2$, т. е. замеры выполнены достаточно точно (при $\Delta = 0$ — отлично).

7. Измерение высоты нижнего края Солнца навигационным секстаном

Измерение высоты светила заключается в точном совмещении дважды отраженного его изображения с прямовидимым горизонтом и снятии отсчета по лимбу и угломерному барабану секстана с точностью до 0,1 (первый наблюдатель) с фиксацией времен замера с точностью до 0,5 с (второй наблюдатель).

Для измерения высоты нижнего края Солнца необходимо:

1. Подготовить секстан к наблюдениям.
2. Установить по лимбу и угломерному барабану секстана от счет « $0^\circ 00,0'$ ».
3. Подобрать и установить светофильтры.
4. Навести зрительную трубу на Солнце. В поле ее зрения наблюдаем (рис. 1.7, а).
5. «Отстопорить» алидаду и плавно двигать ее на увеличение отсчета (от себя).
6. Следить зрительной трубой за тем изображением, которое «уходит» вверх.

7. При горизонтальном положении зрительной трубы «застопорить» али-
даду и убрать светофильтры позади малого зеркала. Наблюдаем (рис. 1.7, б).

8. Вращением угломерного барабана добиться касания дважды отражен-
ного изображения Солнца линии горизонта (рис. 1.7, в, г, д.).

9. Покачивая секстант относительно оси трубы (вправо-влево), убедиться,
что такое касание происходит только в одной точке - и дать команду второму
наблюдателю: «Товсь. Ноль.»

10. Снять отсчет секстана с точностью до 0,1, передать его значение для
записи второму наблюдателю.

11. Еще дважды повторить действия пп. 7—10.

12. Второй наблюдатель записывает в бланк все значения отсчетов секста-
на первого наблюдателя и время измерения каждой высоты с точностью до
0,5.

Примечание. Высота звезды измеряется аналогично (кроме п., 3) и линии го-
ризонта касается «центр» звезды.

8. Особые случаи измерения высот светил

1. Через зенит (рис. 1.8).

2. Над ватерлинией другого судна или береговой чертой (рис. 1.9).

3. В искусственный горизонт (рис. 1.10).

ИСПРАВЛЕНИЕ ВЫСОТЫ СВЕТИЛА

Алгоритм рассчитан на исправление высот более 15° , в прочих случаях истинная h находится по табл. ВАС-58 или МТ-75 обычным путем:

$$h = OC + i + S - 1,76\sqrt{e} - 0,97' ctgh_b + p_0 \cosh_B + 16' + 0,26 \cosh$$

$$h_{npus} = h + V\Delta T \cos[(A - PY) + V\Delta T(\sin PY \operatorname{tg}\varphi + \sin KY \operatorname{tg}h)/2]$$

Пример 1.

Для определения поправки индекса по Солнцу измерили
 ОС₁= $360^\circ 30'$; ОС₂= $359^\circ 25,2'$.

Решение.

$$i = 360^\circ - 1/2(OC_1 + OC_2) = 360^\circ - \frac{1}{2}(360^\circ 30,0' + 359^\circ 25,2') = + 2,4'$$

Проверка i. Вычислить измеренный радиус Солнца

$$R_\odot = 1/4(OC_1 - OC_2) = 1/4(360^\circ 30,0' - 359^\circ 25,2') = 16,2'.$$

2. Из МАЕ по дате выбрать радиус Солнца. На 12.02.93 г $R_\odot = 16,2'$

3. R выбранный из МАЕ не должен расходиться с вычисленным больше чем на $\pm 0,1'$

Задачи на определение поправки индекса навигационного секстана

№ задачи	Дата	Светило	Отсчеты поправки индекса		№ задачи	Светило	Отсчет поправки индекса
			1-Й	2-Й			
1	10.05	солнце	0 33,8'	359 30,6	6	звезда	0 02,2
2	12.02	солнце	0 30,0	359 25,2	7	звезда	359 58,3
3	20.08	солнце	359 31,6	0 45,6	8	звезда	359 59,1
4	3.04	солнце	359 26,9	0 30,7	9	Б.предм.	0 03,5
5	7.06	солнце	0 28,3	359 25,5	10	Б.предм.	359 55,4

*Б.предм. – береговой предмет

ИСПРАВЛЕНИЕ ВЫСОТ СВЕТИЛ, ИЗМЕРЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫМ СЕКСТАНОМ

Исправление высот Солнца, измеренных навигационным секстаном

Пример 2.

15 мая 1993 года измерена высота Солнца (нижний край). ОС = $40^{\circ}36,6'$; $I = -l,2'$; $S = -0,2'$; $e = 14$ м; температура и давление — нормальные. Найти истинную высоту Солнца.

$$h = OC + \Delta OC + \Delta h_d + \Delta h_p + p + R_{\oplus} + \Delta h_t + \Delta h_B$$

Отсчет секстана	40 36,6'
I+S	-1,4
Иzm.h	40 35,2'
Δh_d	-6,6'
Вид.h	40 28,6'
$\Delta h_{\beta+p}$	-10'
R_{\oplus}	+15,8'
Δh_t	0
Δh_B	0
Ист.h	40 43,4'

Приложение 2 МАЕ; табл. 11 МТ-75

Приложение 2 МАЕ; табл. 8 МТ-75

Ежедневные табл. МАЕ

Приложение 2 МАЕ; табл. 14-А, 14-Б МТ-75

Примечание. В том случае, если поправки определяются по МТ-75, R_{\oplus} не учитывается.

Исправление высот Луны, измеренных навигационным секстаном

Исправление высот Луны производится по формуле.

$$h = OC_{(+)I+S} + \Delta h_d + OP_{(+)i} + \Delta h_{(+)S} + \Delta h_t + \Delta h_B$$

Пример 3.

- 10 декабря 1993 года. Тс = $19^{\circ}50' \text{мин}$ (поясное); измерена высота нижнего края Луны: ОС₍₊₎ = $16^{\circ}01,1'$; $i = -1,0'$; $S = +0,6'$; $e = 15,8$ м; $t = +12^{\circ}\text{C}$; $B = 761$ мм. Рассчитать $h_{\text{ист}}$.

Решение.

По дате и Тгр рассчитываем горизонтальный экваториальный параллакс Луны из МАЕ-93 г.

ро = $60,0'$.

OC	$16^{\circ}01,1'$
$i+S$	$-0,4'$
<hr/>	
Изм. h	$16^{\circ}00,7'$
Δh_d	$-7,0'$
<hr/>	
Вид. h	$15^{\circ}53,7'$
OP	$+61,3'$
Δh_c	$+9,4'$
Δh_t	$0,0$
Δh_B	$0,0$
<hr/>	
Изм. h	$17^{\circ}04,4'$

Исправление высот планет, измеренных навигационным секстантом
Исправление высот планет производится по формуле

$$h = OC + (i + s) + \Delta h_d + \Delta h_p + \Delta h_\rho + \Delta h_B + \Delta h_t$$

Пример 4.

7 октября 1993 г. Измерена высота планеты Венера. $OC = 28^{\circ}17,2'$; $i = -2,0'$; $S = -0,2'$; $e = 15$ м; $t = +20^{\circ}\text{C}$; $P = 766$ мм.

Рассчитать $h_{\text{ист}}$.

Решение.

Из МАЕ на дату наблюдения выбирается $p_0 = 0,1'$.	
OC	$28^{\circ}17,2'$
$i+S$	$-2,2'$
<hr/>	
Изм. h	$28^{\circ}15,0'$
Δh_d	$-6,8'$
<hr/>	
Вид. h	$28^{\circ}08,2'$
Δh_p	$-1,8'$
Δh_ρ	$+0,1'$
Δh_t	$+0,1'$
Δh_B	$0,0'$
<hr/>	
Изм. h	$28^{\circ}06,6'$

или Приложение 2 МАЕ

Решение.

ОС	10°11,6'
$i+S$	+ 1,4'
Иzm. h	10°13,0'
Δh_d	- 4,3' → Табл. 11-А МТ-75
Ист. h	10°08,7'
Δh_p	- 5,2' → Табл. 9-А МТ-75
Δh_t	+ 0,3' → Табл. 14-А М-75
Δh_B	+ 0,1' → Табл. 14-Б МТ-75
Ист. h	10°03,9'

или Приложение 2 МАЕ

Исправление высот звезд, измеренных навигационным секстаном.

Исправление высот звезд производится по формуле

$$h = OC + (i + S) + \Delta h_d + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B$$

Пример 5.

Измерена высота звезды. ОС = 10 11,6'; $(i + S) = 1,4'$; $e = 6$ м; $t = + 24^\circ\text{C}$; $P = 751$ мм.

Рассчитать $h_{\text{ист.}}$.

Решение.

Решение.

ОС	10°11,6'
$i+S$	+ 1,4'
Иzm. h	10°13,0'
Δh_d	- 4,3' → Табл. 11-А МТ-75
Ист. h	10°08,7'
Δh_p	- 5,2' → Табл. 9-А МТ-75
Δh_t	+ 0,3' → Табл. 14-А М-75
Δh_B	+ 0,1' → Табл. 14-Б МТ-75
Ист. h	10°03,9'

или Приложение 2 МАЕ

Исправление высот светил, измеренных в искусственный горизонт.

$$\text{Для Солнца } h = \frac{OC + (i + S)}{2} + \Delta h_{p+\rho} + R_\Theta + \Delta h_t + \Delta h_\rho;$$

$$\text{для планет } h = \frac{OC + (i + S)}{2} + \Delta h_p + \Delta h_\rho + \Delta h_t + \Delta h_B;$$

$$\text{для Луны } h = \frac{OC + (i + S)}{2} O\Pi + \Delta h_{\text{ц}} + \Delta h_t + \Delta h_B$$

При изменении верхнего края Луны $\Delta h_{\text{Л}}$ прибавляется к видимой высоте, после чего отнимается $30'$.

Пример 12.

ОС	84°16,5'	
$i+S$	+ 1,7'	
$2h_{\text{изм}}$	84°18,2'	
$h_{\text{изм}}$	42°09,1'	
$\Delta h_{\rho+p}$	- 0,1'	Табл. 8 МТ-75
R_{\odot}	+ 16,3'	Ежедневные табл. МАЕ
Δh_t	-	Табл. 14-А МТ-75
Δh_B	-	Табл. 14-Б МТ-75
Ист. h	42°25,3'	или Приложение 2 МАЕ

15.01.95 г. Измерена высота Солнца. ОС = 84°16,5'; $i + S = 4-1,7^\circ$.

Найти $h_{\text{ист}}$

Пример 13.

26.03.93 г. Измерена высота Луны (верхний край). Т_{тр.} = а 12,00; ОС = 21°16,8'; $i + S = + 1,4'$.

Найти $h_{\text{ист}}$.

Решение.

OC	21°16,8'
$i + S$	+ 1,4'
<hr/>	<hr/>
$2h_{изм}$	21°18,2'
<hr/>	<hr/>
$h_{изм}$	10°39,1'
ОП	+ 60,6' Табл. 10 МТ-75
Δh	+ 2,0' Табл. 10 МТ-75
- 30'	- 30,0' Приложение 2 МАЕ
Δh_t	— Табл. 14-А МТ-75
Δh_B	— Табл. 14-Б МТ-75
<hr/>	<hr/>
$h_{ист}$	11°11,7'

Приложение 2 МАЕ

Исправление высот светил, измеренных над огнями вспомогательного судна

Высоты светил, - измеренных над огнями вспомогательного судна, исправляются поправками за наклонение зрительного луча. В остальном порядок исправления обычный. Поправка вычисляется по формуле

$$\Delta = -(0,42D - 1,856) \frac{e - H}{D}$$

где Δ — поправка за наклонение зрительного луча; D — расстояние до вспомогательного судна, мили; e — возвышение глаза наблюдателя над уровнем моря, м; H — возвышение огня вспомогательного судна над уровнем моря, м.

Пример 14.

Измерена высота звезды. $OC = 31^{\circ}37,3'$; $I + S = 2,0^\circ$; $D = 0,5$ мили; $e = 10$ м; $H = 13$ м; $t = + 20^\circ\text{C}$; $B = 740$, мм.

Найти $h_{ист}$.

Решение.

$$1. \Delta = - \left(0,42 \cdot 0,5 - 1,856 \frac{10 - 13}{0,5} \right) = -11,3'$$

2.	OC	$31^{\circ}37,3'$
	$i + S$	$+ 2,0'$
	Изм. h	$31^{\circ}39,3'$
	Δ	$- 11,3'$

По формуле

Вид. h	$31^{\circ}28,0'$
Δh_p	$- 1,6'$
Δh_t	$0,0'$
Δh_B	$0,0'$
Ист. h	$31^{\circ}26,4'$

или табл. 8 МТ-75 по разности e и H

Табл. 9-А МТ-75

Табл. 14-А МТ-75 Приложение 2 МАЕ

Табл. 14-Б М-75

§ 1.2. Оценка точности астронавигационного параметра и выявление промахов в наблюдениях

Трудных предметов нет, но есть бездна вещей, которые мы просто не знаем, и еще больше таких, которые мы знаем дурно, бессвязно, отрывочно, даже ложно. И эти-то ложные сведения еще больше нас останавливают и сбивают, чем те, которых мы совсем не знаем.

А. И. Герцен

Хорошо известно, что никакие измерения не могут быть абсолютно точными (Кондрашихин В. Т. Определение места судна: М.: Транспорт, 1989).

Заметим, что в судовождении, как и в других технических дисциплинах, ранее применялся термин «ошибка». Вместо него ГОСТ 16263-70 предписывает термин «погрешность».

Напомним, что погрешности измерений по характеру их проявления подразделяются на случайные, систематические и грубые.

Систематические погрешности могут и должны быть определены и исключены из результатов измерений путем ввода поправок или использования компенсационных устройств измерительных приборов.

Случайные погрешности астронавигационных параметров подчиняются массовым статистическим закономерностям. В качестве основной характеристики точности в судовождении принято *среднее квадратическое отклонение*, которое обозначается E , (t и m с индексом, указывающим на величину, точность которой характеризуется, например, *точность*).

Величину среднего квадратического отклонения нельзя использовать как поправку для улучшения или исправления результатов измерений, так как она показывает лишь диапазон, в котором с той или иной вероятностью заключены значения (реализации) случайных погрешностей, остающиеся неизвестными. Так, при нормальном распределении значения погрешностей не выходят за пределы величины среднего квадратического отклонения с вероятностью 0,683 или 68,3%.

Если обнаруживаются погрешности с абсолютным значением более трех средних квадратических отклонений, то их относят к *грубым погрешностям* (промахам). Такие погрешности возникают из-за недостаточной внимательности или квалификации наблюдателя, а также вследствие непредвиденных резких изменений условий наблюдений, включая среду и аппаратуру. Измерения с грубой погрешностью расценивают как бракованные, их необходимо выявлять и отбрасывать.

Величина среднего квадратического отклонения характеризует рассеивание или кучность результатов измерений. *Оценочное значение величины среднего квадратического отклонения* является статистической характеристикой. Она не может быть определена из одиночного измерения, а выводится из серии измерений, выполненных в одинаковых условиях. Если измеряют величину, которая изменяется во времени, то полученные результаты должны быть

приведены к одному моменту измерения по скорости ее изменения. Например, при измерении серии высот светила на ходу судна отсчеты секстана приводят к одному моменту и к одному месту (зениту), используя табл. 16 МТ-75.

По результатам измерений навигационного параметра Ui (при $i = 1, 2, \dots, n$) оценка средней квадратической погрешности измерения может быть получена по формуле Бесселя или по размаху способами аналитическим, графоаналитическим или с помощью ЭВМ.

1. По формуле Бесселя

$$m_u = \sqrt{\frac{V_i^2}{n-1}}$$

где $V_i = (Ui - U_{ср})$ — отклонения результатов измерений от их среднего значения.

2. По размаху R , которым называется разность между наибольшим и наименьшим из результатов измерений, т. е. $R = U_{\max} - U_{\min}$, рассчитывается по формуле

$$m_u = K_1 R_1$$

где K — коэффициент, выбираемый в зависимости от числа измерений в серии из табл. 1.1.

Таблица 1.1

Коэффициент размаха							
n	5	6	7	8	9	t Ю	11
K_m	0,430	0,395	0,370	0,351	0,337	0,325	0,315

РАСЧЕТ СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ АСТРОНАВИГАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА

Расчет средней квадратической погрешности астронавигационного параметра (СКП АНП) может быть выполнен:

1) аналитически по формуле Бесселя, для чего удобнее использовать схему расчета (см. схему и вкл. 3);

2) графически с использованием планшета ПЛАКАН.

Для расчета точности измерения астронавигационных параметров с помощью планшета ПЛАКАН выполняют следующие действия:

— измеряют, первый компасный пеленг на светило $KП$;

- измеряют высоты светила и соответствующие им моменты времени, моменты времени удобнее регистрировать по секундомеру, пущенному в ход при измерении первой высоты светила);
- по окончании измерения высот измеряют второй компасный пеленг KP_2 на светило;
- вычисляют средний KP светила в период измерений, а затем его истинный пеленг $IP = KP + PK$ и курсовой угол $KU = IP - PU$;
- IP светила выражают в форме азимута полукруглого счета Ap ;
- из табл. 17 МТ-75 по широте и азимуту выбирают изменение высоты светила вследствие вращения Земли за 10 секунд и At (оно имеет знак плюс при восточных пеленгах светила и знак минус при западных пеленгах светила);
- из табл. 16 МТ-75 по скорости и курсовому углу выбирают скорость изменения высоты светила вследствие перемещения корабля ωh_z ; оно имеет знак, указанный в таблице (при движении на светило — знак плюс, при движении от светила — знак минус);
- вычисляют полную скорость изменения высоты $\omega h_{\Sigma} = \omega h_t + \omega h_z$;
- наносят соответственно моментам измерений на планшет все полученные отсчеты (если это не было сделано в ходе измерений);
- по направлению оси абсцисс прокладывают отрезок, равный одной минуте;
- по направлению оси ординат прокладывают отрезок, равный полной скорости изменений высоты;
- соединив концы построенных отрезков, получают линию теоретического изменения высоты в период наблюдений
- с помощью параллельной линейки проводят через крайние в нанесенном ряду отметки отсчетов две линии, параллельные линии теоретического измерения высоты: одну (ВВ) через ОС с наибольшим отклонением вверх, другую (НН) — через ОС с наибольшим отклонением вниз; рекомендуется при построениях пользоваться масштабом: 10 с в 1 см и 1 угл. мин. в 1 см;
- между полученными линиями по направлению оси ординат измеряют наибольший размах измерений R ;
- из табл. 1.2 по числу измерений N в серии выбирают коэффициент Kg для расчета средней квадратической погрешности единичного отсчета m_{oc} или коэффициент K_r для расчета средней квадратической погрешности *t.e.* среднего (вероятнейшего) отсчета sextana по результатам данной серии измерений;

Таблица. 1.2 Коэффициенты размаха

Число измерений	N	5	7	9	11
Для единичного отсчета	Kr	0,43	0,37	0,34	0,32
Для среднего отсчета	Kr_B	0,19	0,14	0,11	0,095

— вычисляют:

$$m_{OC} = m_u K_r R ; \\ m_{uB} = Kr_B R .$$

Точность среднего арифметического (вероятнейшего) отсчета астронавигационного параметра из всех измеренных в данной серии оценивается средней квадратической погрешностью вероятнейшего отсчета, которая может быть рассчитана по формуле

$$m_{uB} = \frac{m_u}{\sqrt{N}}$$

где m_u — СКП единичного измерения АНП; N — число наблюдений в серии.

3) Расчет средней квадратической погрешности астронавигационного параметра может быть выполнен по программе на программируемом микрокалькуляторе.

Выявление аномальных, необычно больших, экстремальных значений в серии измеряемых навигационных параметров может быть произведено тремя способами: по отклонению экстремального значения U_m от среднего в серии U_{cp} и по разности экстремальных (максимального U_{max} и минимального U_{min}) значений.

При первом способе рассматривают отношение

$$\frac{U_m - U_{cp}}{m_u} = X$$

где m_u — среднее квадратическое отклонение (погрешность), и сравнивают полученную величину с критическим значением X_{uz} , выбираемым из табл. 1.3.

Если полученное фактическое значение X_f больше приведенного в таблице значения для заданного уровня значимости X_{uz} , то значение U_m содержит экстремальную погрешность.

При втором способе рассматривают отношение

$$\frac{U_{max} - U_{min}}{m_u} = Z_\phi$$

и сравнивают величину 2ϕ с критическим значением $Z_{\text{уз}}$, выбираемым из табл. 1.3. Если $Z > Z_{\text{уз}}$, то значение U_{max} или U_{min} содержат грубую погрешность.

Таблица 1.3

Критерии аномальности

Число измерений	3	4	5	6	7	8	9	10	20
X для $Y_3=0,05$	1,41	1,69	1,87	2,00	2,09	2,17	2,24	2,29	2,62
Z для $Y_3 = 0,05$	3,31	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29	4,39	4,47	5,00
K для $Y_3 = 0,05$	0,94	0,76	0,64	0,56	0,51	0,47	0,44	0,41	0,30

где Y_3 —вероятность, которую называют *уровнем значимости* и обычно принимают равной от 0,05 (5%) до 0,005 (0,5%). В навигации, из-за важности обнаружения промахов, целесообразно принять $Y_3 == 0,05$.

Величину среднего квадратического отклонения обычно рассчитывают по этой же серии измерений без учета подозреваемого на аномальность измерения или принимают априорное значение.

При третьем (самом простом) способе рассматривают отношение разности между наибольшим U_{max} (или наименьшим U_{min}) значением и предшествующим ему $U_{\text{max}-1}$ [или $U_{\text{min}+1}$] к разностям $U_{\text{max}-1} — U_{\text{min}}$:

$$\frac{|U_{\text{max}} - U_{\text{max}-1}|}{U_{\text{max}-1} - U_{\text{min}}} = Y\phi$$

и сравнивают величину $Y\phi$ с критическим значением $Y_{\text{уз}}$, выбираемым из табл. 1.3.

Доверительный интервал вероятнейшего навигационного элемента. Зная вероятнейшее значение навигационного параметра, его среднюю квадратическую погрешность и предполагая нормальность распределения случайной погрешности вероятнейшего значения Пив=Ув— U_o , можно сделать заключение, что истинная величина навигационного параметра с вероятностью Р==0,683 заключена в пределах от $I_1=U_o - m_i$ до $I_2=U_o + m_i$.

Если рассматривать произвольную погрешность $\Pi = zm_u$, то ей будет соответствовать равенство

$$P(U_B - zm_u < U_{ucm} < U_B + zm_u) = P,$$

несущее информацию о том, что истинный навигационный параметр U ист заключен в пределах от

$$\begin{aligned} I_1 &= U_B - zm_u \\ I_2 &= U_B + zm_u \end{aligned}$$

с вероятностью P .

Здесь z —нормированная погрешность вероятнейшего значения, выраженная в долях средней квадратической погрешности

$$Z = \frac{m_B}{m_u}$$

Вероятность того, что истинное значение навигационного параметра находится в заданном интервале, называется *доверительной вероятностью*.

Интервал $I_1 I_2$, в пределах которого находится истинное значение навигационного элемента, называется *доверительным интервалом*.

Границы интервала $I_1 = U_B - zm_u$ и $I_2 = U_B + zm_u$ называются *доверительными границами*

Таким образом, с помощью доверительного интервала указывается полоса возможных значений истинного навигационного параметра и определяется степень достоверности нашего суждения о возможных границах этой полосы.

Решение о выборе доверительных границ и доверительной вероятности принимается, как правило, компромиссно, с учетом характера выполняемой задачи.

Для независимых навигационных элементов значение m_{uB} определяется формулой

$$m_{uB} = \frac{m_u}{\sqrt{n}}$$

Поэтому

$$z = \frac{m_B}{m_u} \sqrt{n}$$

При малом числе измерений статическая оценка средней квадратической погрешности, определяемая по случайным результатам измерений, может существенно отличаться от самой средней квадратической погрешности, соответствующей бесконечно большой совокупности измерений. Поэтому, заме-

нив величину t на ее оценку t' и учитывая существенность их различия при малом числе измерений, вместо величины z получим другое отношение:

$$t = \frac{m_B}{m_u} \sqrt{n}$$

Случайная величина t распределяется уже не по нормальному закону, а по закону распределения, которое называют распределением Стьюдента (по псевдониму английского статистика Госсета, исследовавшего распределение в 1908 г.),

При малом количестве наблюдений в серии распределение Стьюдента сильно отличается от нормального, вследствие чего его роль особенно велика при анализе точности вероятнейших значений навигационных элементов, рассчитанных по малому числу измерений.

Значения t , соответствующие различным вероятности P и количеству наблюдений в серии n , представлены в табл. 1.4. Следовательно, использование нормального закона распределения при ограниченном числе измерений неизбежно ведет к завышению точности, т. е. неоправданно оптимистическим выводам относительно величины доверительного интервала или доверительной вероятности. При навигационных расчетах безопасности плавания завышение точности навигационной информации недопустимо. Поэтому в практических ситуациях для оценки надежности вероятнейших навигационных элементов при малом числе измерений целесообразно пользоваться распределением Стьюдента.

Значение коэффициента Стьюдента

n	P = 0,8	P = 0,9	P = 0,95	P = 0,99	P = 0,999
2	3,08	6,31	12,71	63,7	636,6
3	1,89	2,92	4,30	9,92	31,6
4	1,64	2,35	3,18	5,84	12,94
5	1,53	2,13	2,77	4,60	8,61
6	1,48	2,02	2,57	4,03	6,86
7	1,44	1,94	2,45	3,71	5,96
8	1,41	1,89	2,36	3,50	5,40
9	1,40	1,86	2,31	3,36	5,04
10	1,38	1,83	2,26	3,25	4,78

11	1,37	1,81	2,23	3,17	4,59
15	1,34	1,76	2,14	2,98	8,12

С помощью распределения Стьюдента решаются две практические астронавигационные задачи:

A. Определение доверительного интервала вероятнейшего навигационного элемента при малом числе независимых равноточных измерений. Например, для определения допустимого диапазона изменения мгновенных поправок компаса.

Эта задача решается так:

- рассчитывается вероятнейший навигационный параметр U_B и его средняя квадратическая погрешность m_{ub} ;
- по числу измерений и заданной доверительной вероятности из табл. 1.4 выбирается величина t ;
- рассчитываются границы доверительного интервала:

$$I_1 = U_B - tm_u$$

$$I_2 = U_B + tm_u$$

B. Определение вероятности того, что истинное значение навигационного элемента находится в заданном интервале. Например, для анализа стабильности постоянной поправки компаса по результатам определения мгновенной поправки компаса.

Эта задача решается так:

- по результатам измерений рассчитывают величины вероятнейшего значения параметра U_B и средней квадратической погрешности его определения m_{ub} ;
- по заданной границе интервала определяется погрешность

$$m_u = I_2 - U_B$$

- рассчитывается значение t , соответствующее искомой вероятности P ,

$$t = \frac{m_{ub}}{m_u};$$

- по значениям t и P из табл. 1.4, обратным входом в таблицу определяется искомая вероятность.

Для оценки точности расчета высотной линии положения кроме знания средней квадратической погрешности измерения высоты, необходимо знать точность измерения наклонения горизонта и точность определения поправки часов.

Оценка точности измерения наклонения горизонта. При использовании наклономера Н5 средняя квадратическая погрешность единичного измерения

наклонения горизонта m получается равной 0,1... 0,2, тогда как погрешность наклонения, выбранного из таблиц, в некоторых случаях может достигать 10^7 .

Оценка точности определения поправки часов. Опыт показывает, что при длине секундной стрелки часов не менее 1 сек. момент слухового приема радиосигнала времени регистрируется со средней квадратической погрешностью $m_t=0,17$ секунды. Такая погрешность во времени при выполнении астронавигационной обсервации ведет к долготному выносу до 230 м, что несущественно по сравнению с другими погрешностями. Тренировке в регистрации моментов времени производится попутно с тренировкой в измерении высот светил. Фиксирование моментов измерения высот и пеленга светила всегда должно производиться с большой тщательностью, так как ошибка во времени приводит к неизбежной ошибке в астронавигационном параметре.

ПОГРЕШНОСТЬ ВЫСОТНОЙ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

Характер погрешности	Меры по ее исключению
<i>Погрешности измерения высоты</i>	
Субъективные погрешности наблюдателя: $m_1=0,1...0,7'$.	Определять личную поправку.
Погрешности, связанные с отклонением секстанта от вертикала светила:	Покачивать секстант при измерениях
$\Delta_2 = 0,262 \sin 2h + 0,207 \operatorname{tgh} h/2$, $m_2=0,5$.	.
Погрешности, связанные с четкостью видимого горизонта: $m_3 = 0,3...1,0$.	При нечетком горизонте измерять с меньшей высоты.
Погрешности, обусловленные разрешающей способностью глаза: $m_4 = m_{\text{гл}} / W$.	Использовать оптику.
Погрешность снятия отсчета со шкалой угломерного барабана $m_5 = 0,15$.	Измерять серию высот.
Погрешности, связанные с воздействием качки: $m_6 = 0,2$.	На качке измерять с меньшей высоты.

Погрешности измерения момента наблюдений

При определении поправки часов по эталонным сигналам времени непосредственно перед наблюдениями погрешность минимальна:
 $m_7 = 0,06 \dots 0,2$.

Определять поправку часов непосредственно перед наблюдениями.

Погрешность определения поправки секстанта:
 $m_8 = 0,2 \dots 1,5$.

Регулярно проверять приборы, соблюдать правила эксплуатации

Погрешность определения наклона видимого горизонта m
— при использовании наклономера
 $= 0,1 \dots 0,2$;
— при выборе из таблиц:

Всегда использовать наклономер.

в малых и умеренных широтах =
 $0,4 \dots 0,6$;
в высоких широтах = $1,0 \dots 2,0$.

Погрешность определения рефракции, параллакса и
 $m_{10} = 0,1 \dots 0,2$.

поправок за полудиаметр:

Погрешности задания аргументов в вычислительное средство: $m_\phi = 0,03$; $m_\lambda = 0,04$
 $m_i = 0,06$; $m_{11} = 0,05$.

Задавать аргументы с точностью до десятых долей.

Погрешности вычислительного средства

ВАС-58 и ТВА-57: $m_{12} = 0,1 \dots 0,2$.

Погрешности, связанные с ошибками вычислителя.

Быть аккуратнее в работе
(см. поиск ошибок при расчетах и построениях).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Чтобы хорошо делать наблюдения и решать астрономические задачи,

требуется большая практика как в производстве наблюдений, так и (особенно) в вычислениях. При этом мало того, чтобы и наблюдения и вычисления были абсолютно безошибочны, но совершенно необходимо, чтобы они делались быстро: было бы очень нехорошо, если бы обсервованное место корабля стало известным через 2 часа, за которое корабль прошел, быть может, 30.. 40 миль.

Быстрота же вычислений при непременном условии их безошибочности достигается также путем постоянной тренировки.

Поэтому каждому командиру на корабле следует непременно тренироваться в производстве астрономических наблюдений и вычислений при различных обстоятельствах, пользуясь для этого всеми возможными случаями. Особое внимание следует обратить наочные наблюдения, как наиболее трудные и требующие особой сноровки.

В нормальных условиях плавания корабля в открытом море может быть установлен следующий *порядок, и минимум суточной работы* по части мореходной астрономии, начиная с утра.

1. При видимом восходе Солнца или вскоре после восхода Солнца, когда оно имеет еще небольшую высоту, нужно определить поправку компаса для курса, которым идет корабль.

2. Утром, в 8 или 9 часов следует завести хронометры; заводить их надо ежедневно в одно и то же время. При этом следует сделать сличение часов с хронометрами до и после их завода, чтобы убедиться, что при заводе поправка хронометра не изменилась.

3. Утром, когда Солнце будет недалеко от 1-го вертикала, следует сделать первые наблюдения для задачи Сомнера и их немедленно обработать, т. е. вычислить A_s и A_{sc} , не дожидаясь вторых наблюдений.

4. В полдень необходимо определить широту по меридиальной высоте Солнца и использовать эти наблюдения совместно с утренними для получения обсервованного места корабля в полдень. Место корабля будет при этом получено через короткое время после наблюдений, так как 1-я линия уже обработана.

5. При сложной обстановке плавания, когда обсервованное место корабля желательно иметь несколько раз в сутки, первые наблюдения надо делать раньше, как только высота Солнца станет не меньше 15 градусов; вторые же наблюдения, не дожидаясь полдня, делать тогда, когда азимут Солнца изменится на 40.. 50 градусов. Подобные наблюдения могут быть произведены и после полудня. При разности азимутов менее 30 градусов результаты наблюдений следует обрабатывать способом эквивалентной линии положения.

6. При видимом заходе Солнца (или перед заходом), когда Солнце имеет малую высоту, рекомендуется определить поправку компаса.

7. В сумерки следует определить место по трем или четырем звездам.

8. Ночью необходимо определять поправку компаса по звезде один-два раза, и, кроме того, обязательно при каждой перемене курса.

9. Поправку хронометров следует определять ежедневно по радиосигналам времени. Ночью прием сигналов обычно лучше, чем днем.

При всех наблюдениях:

10. Определять поправку индекса i и попутно обращать внимание и, если надо, исправлять положение малого "зеркала в секстане".

11. Если наблюдения требуют замечания моментов по часам, то при каждом наблюдении нужно сличать часы с хронометром и рассчитывать поправку часов для данных наблюдений. При этом если хронометр имеет сколько-нибудь значимый суточный ход, то последнюю поправку хронометра, полученную непосредственно (по сигналам времени), следует приводить суточным ходом к моменту наблюдений.

12. Первое время наблюдения необходимо проводить с помощником (моменты, запись отсчетов); приобретя навыки в измерении высот, следует приучаться обходиться без помощника, работая с секундомером или часами.

13. При каждом наблюдении замечать Te и лаг, особенно, если наблюдения делаются для определения места корабля.

14. Прокладку в задаче Сомнера при определении места сначала лучше делать на карте, после приобретения навыка — перейти к прокладке на клетчатой или белой бумаге, нанося на карту лишь обсервованное место.

Запись результатов наблюдений и их контроль

Фиксирование момента наблюдения (секунды, минуты, часы) производится по команде «Ноль» оператора на секстане; записи T и ОС ведутся в ЗКШ.

Важное предупреждение. Во избежание промаха при считывании или записи ОС и Т немедленно после окончания записи измерений данной серии выполняется контроль: первый номер передает секстан второму, который измеряет значение последнего ОС, второй номер передает часы (секундомер) первому, который проверяет правильность отсчета и записи времени (минут и часов).

Обязательным приближенным способом контроля качества измерений и расчетов является сравнение и близкое совпадение третьего ОСз и третьего момента T_3 регистрации (в серии из пяти измерений) со средними ОС и Т, выведенными из пяти измерений.

Одиночный наблюдатель может регистрировать моменты измерений по секундомеру или по часам, отсчитывая в последнем случае в уме интервал времени от команды «Ноль» до регистрации момента по часам, а затем отбрасывая этот интервал от зафиксированного показания часов.

По окончании измерения высот в серии измеряют и записывают компасный пеленг КП светила. Он используется далее в процессе приведения высот к одному месту наблюдений для оценки четверти горизонта при расчетах счислимого азимута, для расчета правильности прокладки высотных линий положения и т. п. Длительность измерения в одной серии не должна превышать 5 мин.

Результатом наблюдений в одной серии являются вероятнейшие (средние арифметические) значения высоты (отсчета секстана) и момента измерения T , вычисляемые по формулам:

$$OC = \frac{\sum OC_i}{N}; \quad T = \frac{\sum T_i}{N}$$

где N — число отсчетов.

Графическое определение вероятнейшего отсчета секстана определяется чаще всего при выполнении обсервации методом предвычислений (для получения среднего ОС непосредственно на момент предвычислений Тп): в масштабе не мельче 1=1 см по высоте и не мельче 10 с=1 см по времени строят график высот, на который наносят отметки всех ОС. Далее вычисляют полную скорость измерения высоты светила ωh из табл. 17 и 16 МТ-17;

$\omega h = \omega h_T + \omega h_Z$ в размерности '/мин, затем строят треугольник изменения высот (h' за 1 мин). Ориентируясь по наклону линии ωh , проводят осредняющую линию О—О между отметками одиночных ОС. Далее на заданный момент Тп по осредняющей считывают осредняющий ОС.

Глава 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Желательно, чтобы все приемы, которые приходится делать в бою, частой практикой вошли в привычку и могли, делаться даже бессознательно.

C. O. Макаров

Поправку компаса ($ПК$) при плавании вне видимости берегов можно определить только астрономическим методом. Рассчитывается она по формуле (см. вкл. 4).

$$ПК = ИП - КП,$$

где $ИП$ — истинный пеленг светила в момент пеленгования; $КП$ — компасный пеленг.

Точность определения $ПК$ астрономическим методом в основном зависит от точности измерения компасного пеленга светила и качества пеленгационного устройства.

Рекомендуется следующая последовательность действий при определении поправки компаса.

1. Произвести выверки пеленгационного устройства:

- проверить выставку в диаметральную плоскость;
- проверить правильность работы оптической и микроскопической систем;
- определить поправки для всех курсовых углов (эксцентризитет);
- проверить установку откидного зеркала пеленгатора (перпендикулярность отражающей поверхности зеркала визирной плоскости пеленгатора).

2. Выбирая время и условия наблюдений, необходимо учитывать, что для определения $ПК$:

- надо выбрать светило, которое будет прямовидимо в оптическую систему пеленгатора, т. е. будет иметь высоту не более 20 градусов;
- если погрешность счислимого места велика, предпочтительно наблюдать светило при малой величине азимута, т. е. вблизи северной части мериана;
- если предполагается снять большую серию пеленгов, светило лучше подбирать вблизи первого вертикала;
- в малых и умеренных широтах Северного полушария наилучшим объектом для определения $ПК$ является Полярная звезда;
- если обстоятельства заставят наблюдать светило с использованием откидного зеркала, очень важно точно совмещать визирную плоскость пеленгатора с плоскостью вертикала светила, для чего необходимо удерживать пузырь.

рек уровня в поле зрения визирного устройства и увеличить количество пеленгов в серии;

— подбирать светила, расположенные по носу или по корме, чтобы дифферент не вносил в компасный пеленг ошибку;

— отсчеты *КП* снимать, когда дифферент и крен равны нулю.

3. Произвести выверки рабочих часов, учитывая, что при определении поправки компаса по методу часовых углов (методу моментов), момент наблюдения необходимо фиксировать с точностью до 0,5 секунды.

4. Измерить серию компасных пеленгов светила, фиксируя пеленг с точностью до 0,1 градуса.

5. Зафиксировать *Te* наблюдений, снять счислимые координаты.

6. Проанализировать результаты наблюдений на промах и рассчитать вероятнейшее значение *ИП* и момента наблюдений.

7. Рассчитать истинный пеленг светила.

ИП светила может быть рассчитан следующими способами:

— аналитически по формулам сферической тригонометрии;

— по таблицам ТВА-57;

— по таблицам ВАС-58;

— по номограмме 90199;

* — по МАЕ с использованием таблицы «Азимут Полярной»;

— по МТ с использованием таблицы «Азимут видимого восхода или захода Солнца», табл. 20 а, б МТ-75;

Причем необходимо помнить, что табл. 20 а, б рассчитана для высоты глаза, равной 12 метрам. Если условия наблюдения отличаются от принятых при составлении табл. 20а,б, то необходимо вычислить изменение высоты Солнца в момент наблюдения нижнего края $\Delta h = -\Delta h_d + 6,1' + 2R_{\odot} + \Delta h_t + \Delta h_B$, центра $\Delta h = -\Delta h_d + 6,1' + R + \Delta h_t + \Delta h_B$,

верхнего

края $\Delta h = -\Delta h_d + 6,1' + R + \Delta h_t + \Delta h_B$ и рассчитать поправку к азимуту видимого восхода Солнца.

$$\Delta A_h = 0,0167 \Delta h \operatorname{tg} \varphi \cos eCA_n,$$

где *ИП*=*An*± ΔA_h , *An*—азимут полукруговой.

В случае пеленгования светил в произвольном азимуте и на оптимальной высоте, отличающейся от нуля, азимут рассчитывается по формуле

$$A_C = \operatorname{arctg} \left[\frac{\sin t_M}{\operatorname{tg} \delta \cos \varphi - \cos t_M \sin \varphi} \right]$$

Так как в формулу входит часовой угол, а для его расчета предъявляются повышенные требования к знанию времени, то данный способ получил название «метод моментов или часовых углов». Формула может быть решена с использованием ПМК (см. Приложения к гл. 2), по таб-

лицам ВАС-58 (см. Приложения к гл. 3), по таблицам ТВА-57 (см. Приложения к гл. 3), по карте-номограмме 90199 (см. Приложения к гл. 2).

В случае неточного знания времени наблюдения применяется способ («метод высот») одновременного измерения пеленга светила и высоты светила, тогда

$$A_c = \arccos \left(\frac{\sin \delta}{\cos \varphi \cosh} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{th} h \right)$$

Если при пеленговании светила измерена или заранее известна его высота h , то азимут светила можно получить по формуле

$$A = 2 \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\cos(\varphi + h) - \sin \delta}{\cos(\varphi - h) + \sin \delta}}$$

Этот способ применяется в частных случаях, когда высоту светила можно вычислить заранее, например, видимый восход (заход) Солнца, используя табл. 20 а, б, МТ-75 или Приложение МТ-75.

В средних и особенно в малых широтах удобным ориентиром для определения поправки компаса (Я/С) является ось Малой Медведицы — Полярная звезда. По формуле

$$A' = \Delta' \sin(t_M^r - 32^0) \sec \varphi,$$

где Δ' — полярное расстояние Полярной ($\Delta' \approx 52'$), рассчитана таблица «Азимут Полярной», помещенная в МАЕ. При этом способе достаточно знать только широту места и местный часовой угол точки Овна, причем ошибка в координатах на 5 градусов, а в моменте наблюдений даже на 1 час, приводят к ошибке в азимуте не более 0,1 градуса.

Для определения постоянной поправки курсоуказателя необходимо при движении корабля постоянным курсом и скоростью (вкл. 5):

- 1) в течение полутора—трех часов с интервалом 10... 15 минут измерять серии из трех-пяти пеленгов светил (10...12 серий);
- 2) рассчитать вероятнейшее значение мгновенной поправки компаса (Я/С) и ее точность для каждой серии m_i ;
- 3) рассчитать постоянную поправку компаса по формуле

$$\PiPK = \frac{p_i \PiK_i}{p_i}$$

и ее точность по формуле

$$m_{\PiPK} = K_r R_{\PiKi}$$

$$\text{где } p_i = \frac{1}{m_{\PiKi}};$$

$$m_{\PiKi} = K_r R_{\PiPi}$$

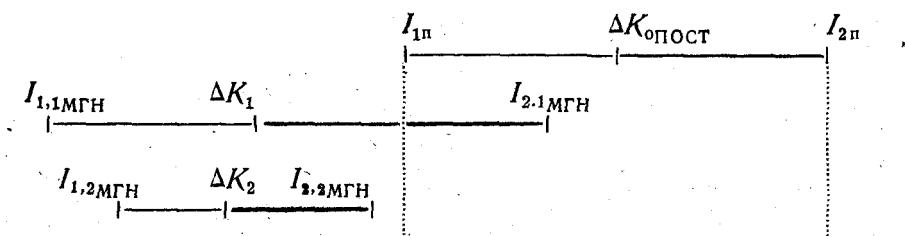
причем ri — вес каждой вероятной мгновенной поправки СКУ; m_{nki} — средняя квадратическая погрешность определения мгновенной поправки компаса; Kr — коэффициент размаха; $R \text{ кн}$ — размах компасных пеленгов в г-серии;

4) рассчитать доверительный интервал постоянной поправки компаса:

$$I_1 = ППК + tm_{ППК};$$

$$I_2 = ППК - tm_{ППК};$$

5) построить график мгновенных поправок и доверительный интервал. График наглядно демонстрирует устойчивость работы компаса. Доверительный интервал, нанесенный на график, позволяет в последствии анализировать неизменность поправки компаса. Компас работает устойчиво, если доверительные интервалы постоянной и мгновенной поправок перекрываются.



Моделирование КП светил производится, как описано в главе 4 с учетом требований к точности измерений времени и дискретности наблюдений.

НОМОГРАММА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИСТИННОГО АЗИМУТА СВЕТИЛА

(карта, адмиралтейский № 90199)

Назначение номограммы.

На карте 90199 представлена сетчатая номограмма с бинарным полем, известная по имени ее составителя Вейра (1890 г.).

Номограмма предназначена для определения начального курса при плавании по дуге большого круга. Эта расшифровка не исчерпывает всех возможностей номограммы. Ее сетка позволяет решать сферические треугольники, расположенные на одной половине сферы при разности долгот до 180° и разности широт до 150 градусов. То есть позволяет решать астрономические задачи в диапазоне широт и склонений от 0 до 75° , а при дополнительном построении шкалы склонений за рамку номограммы—до 78 градусов. При решении различных задач вычисления по формулам сферической тригонометрии - заменяются простым графическим построением на номограмме, чем обеспечивается значительный выигрыш в скорости получения ответа, и упрощается труд штурмана. Особенно ценно, что на номограмме просто решаются самые трудоемкие задачи штурманских вычислений.

Необходимо указать три группы таких задач.

1. Астрономическая: расчет азимута светила (см. задачу 1).
2. Навигационные, по выбору пути при плавании по дуге большого круга (порядок действий описан на карте).
3. Навигационные, определения места по радиопеленгам (см. задачу 2).

Если расстояние между двумя точками, определяющими искомую изоазимуту, будет не менее шести сантиметров, ее направление будет найдено до десятой доли градуса, то есть на порядок выше радиопеленгования.

Карта особенно удобна для курсоуказания по светилу, так как она наглядно и быстро позволяет получить изменение истинного пеленга светила с течением времени, помня, что каждые 4 минуты времени западный часовой угол возрастает (восточный—убывает) на 1 градус. Изменение координат места и склонения менее заметно, но оно также может быть учтено по мере необходимости. На номограмме не существует постоянной определенности для понятий *направление к востоку* и *направление к западу*. Эти направления каждый раз определяются наименованием и направлением счета разности долгот от осевого меридиана по красной шкале. Например, для северной (верхней половины номограммы) При счете разности долгот к западу по красной шкале расположение понятий будет обычное: восток справа от каждого красного меридиана, запад—слева. В той же северной широте, но при счете разности долгот к востоку по красной шкале расположение понятий будет зеркальное: восток слева от каждого красного меридиана, запад—справа.

Аналогичные рассуждения позволяют определить расположение востока и запада для каждого красного меридиана южной, нижней половины номограммы,

каждый раз в соответствии с направлением счета разности долгот для Южного полушария. Номограмма позволяет решать две типовые задачи.

Задача 1.

Определение счислимого азимута светила.

Дано: Склонение светила и его наименование; счислимая широта и ее наименование; местный часовой угол светила и его наименование.

Порядок действий.

1. Осевой меридиан номограммы принимаем за меридиан светила. Пользуясь зеленой шкалой, находим параллель склонения (эллипс) и засекаем на осевом меридиане географическое место светила, его полюс освещения. При северном склонении делаем засечку на нижней, при южном — на верхней, половине осевого меридиана (рис 2.1, точка 1).

2. Наносим на поле номограммы счислимое место судна. Если широта северная, то справа, если южная, то слева от осевого меридиана, для чего на красной шкале находим значение местного часового угла. По найденному красному меридиану (параболе) двигаемся к середине номограммы до зеленой параллели (эллипса) счислимой широты. В пересечении красной и зеленой линий отмечаем счислимое место (точка 2).

3. Прикладываем к отмеченным точкам срез параллельной линейки, сдвигаем, ее к центральной точке и делаем засечку в той же, соответственно широте, верхней или нижней половине черной шкалы направлений. Круговой отсчет счислимого азимута считается: при ℓ'' -м часовом угле по внутренней, при W_y — по внешней черной оцифровке.

Задача 2.

Определение места по радиопеленгам.

Дано: Координаты радиомаяков и значения истинных радиопеленгов с наблюдения на маяк.

Порядок действий.

1. На осевом меридиане по широте наносим места радиомаяков (рис. 2.2 и 2.3).

2. Прикладываем параллельную линейку к центральной точке и отсчету истинного радиопеленга на черной шкале направлений (для Северного полушария справа), сдвигаем линейку к месту радиомаяка и проводим изоазимуту.

3. Решение задачи определения места заключается в приведении на поле номограммы одной изолинии к другой на величину разности долгот между радиомаяками, так как при первоначальном построении осевой меридиан использовался для радиомаяков, расположенных на различных долготах. Приведение выполняется посредством перенесения двух произвольных точек изоазимуты по своим параллелям (зеленым эллипсам) в нужную сторону на величину разности долгот между радиомаяками (отсчитывается по красной оцифровке парабол).

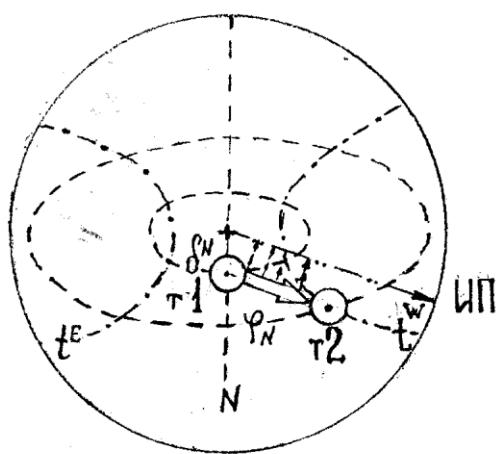


Рис. 2.1. Определение счислимого
азимута светила по номо-
грамме Вейра (карта,
адм. № 90199)

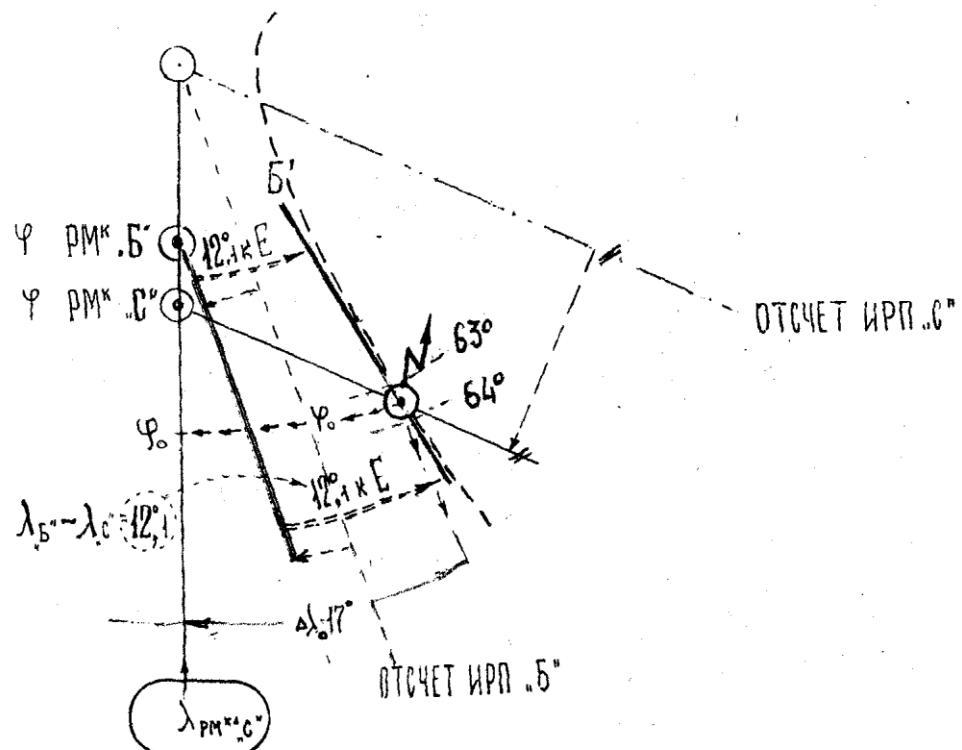


Рис. 2.2. Определение места по радиопеленгам.
Изоазимут маяка Б приводится к изоазимуту
маяка С

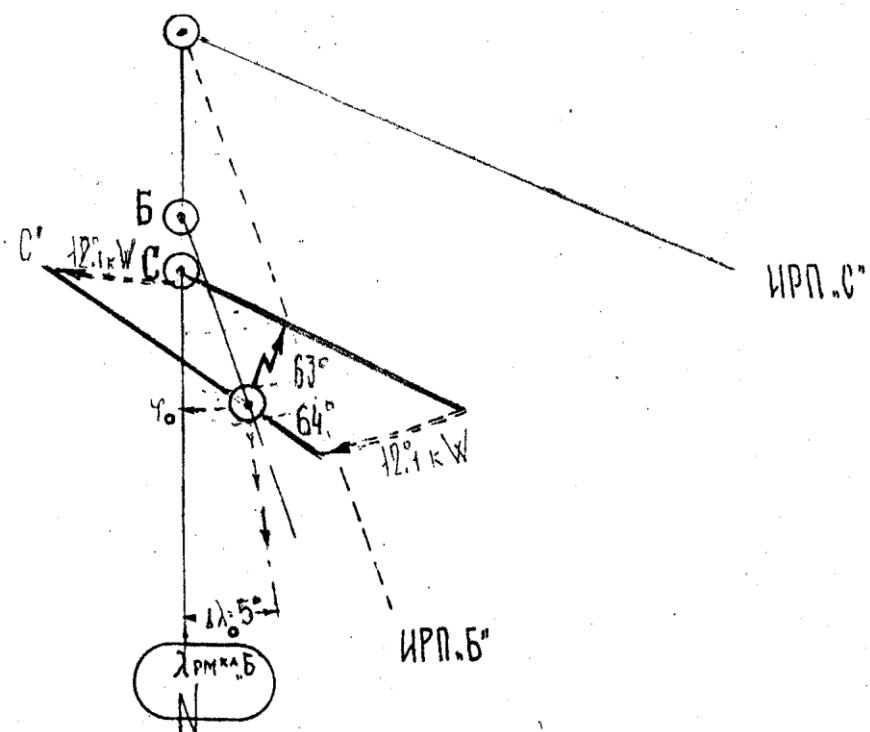


Рис. 2.3. Приведение изоазимута маяка С к изоазимуту
маяка Б

Глава 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ АСТРОНОМИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ

Судебная практика, к сожалению, по-прежнему свидетельствует, что никакая электронная техника и утонченная технология не являются непреодолимой преградой для глупости.

Р. А. Кейхилл, капитан

Несмотря на развитие радионавигации, астрономические способы - определения места не утратили своего значения для обеспечения навигационной безопасности плавания. Действительно, рабочие зоны РИС «Декка» обслуживают только некоторые районы интенсивного судоходства в прибрежных водах; РНС «Лоран-А» и «Лоран-С» — только воды Северного полушария и то не полностью. По признанию E. R. Swanson'a—одного из разработчиков радионавигационной системы «Омега» и Центра военно-морских океанских систем США, Сан-Диего, Калифорния, в рабочей зоне РНС «Омета» существуют районы, где «удовлетворительная работа системы не ожидается ни днем, ни ночью...». (Navigation. V. 26, 1979, № 3). К этим районам относятся:

- Датский полив у о. Гренландия;
- район от южной оконечности Индии до Мальдивских островов;
- о. Гаити;
- Малаккский пролив;
- море Уэдделла у побережья Антарктиды;
- Южное побережье Австралии.

Кроме того, на надежность работы радионавигационной системы существенное дестабилизирующее влияние оказывают грозы, полярные сияния, колебания питающих напряжений, неисправности аппаратуры. Даже при дальнейшем развитии глобальных навигационных систем автономные астрономические способы определений места надолго останутся резервными благодаря надежности секстанта и хронометра, а для определения поправки компаса в открытом море пока не существует никаких иных способов.

Вновь возрастающий интерес к астронавигации вызван тем, что она реализует независимый контроль счисления пути судна и обсерваций по светилам. Характерна в этом случае рекомендация, изложенная в руководстве по эксплуатации современной спутниковой радионавигационной аппаратуры FNS-70 (Япония). «Предусмотрительный судоводитель никогда не должен полностью полагаться только на один электронный прибор, а использовать всю имеющуюся информацию, в том числе данные астрономических наблюдений.

Определение места по результатам наблюдений небесных светил возможно высотным, высотно-азимутальным, азимутальным, разностно-азимутальным способами. Наблюденные астронавигационные параметры высота и азимут

имеют на поверхности Земли изолинии — круг равных высот и изоазимуту, построение которых на морской навигационной карте весьма сложно. Использование ЭВМ позволяет решить задачу определения места путем отыскания точки пересечения кругов равных высот так называемым прямым аналитическим методом.

Для получения обсервованного места судна достаточно нанести на карту небольшие участки кругов равных высот в районе точки их пересечения. При этом с допустимой для практики погрешностью небольшие отрезки - кривых могут заменяться касательными к ним прямыми линиями, так называемыми высотными линиями положения (ВЛП).

В разное время американец Сомнер, француз Сен-Илер и русский Акимов предложили способы прокладки высотных линий положения на карте.

Наибольшее распространение получил графоаналитический способ определения места с использованием линий положения высотных, азимутальных, разностно-азимутальных.

Для построения ВЛП необходимо определить элементы линий положения: направление градиента, линии положения—азимут светила (L) и величину переноса линии положения от счислимой к обсервированной точке ($n = h_0 - h_c$) ; где h_0 — обсервованное значение геоцентрической высоты светила; h_c —счислимое значение геоцентрической высоты светила.

Можно выделить следующие этапы решения задачи определения места астрономическим способом:

- 1) оценка астронавигационной обстановки и подготовка к наблюдениям;
- 2) производство наблюдений;
- 3) расчет счислимого значения астронавигационного параметра;
- 4) построение линий положения;
- 5) отыскание вероятнейшего места в фигуре погрешности;
- 6) анализ линий положения и места на промахах;
- 7) оценка точности места.

Рекомендации по *подготовке и проведению наблюдений* приведены в Приложениях к § 1.2. Рекомендации по выявлению промахов в наблюдениях были изложены ранее в главе 1.

Для *расчета счислимых значений высоты и азимута* необходимо определить местный часовой угол t_a и склонение б светила. Расчеты t_a и б светила можно производить с использованием:

- Морского астрономического ежегодника;
- программируемого микрокалькулятора;
- штурманского вычислительного комплекта: ПМК МК-52 с блоком расширения памяти «Астро».

Рекомендации по расчету счислимых значений астронавигационных параметров приведены в Приложениях к таб. 3.

Этап расчетов является наиболее трудоемким, и именно в нем чаще всего допускаются ошибки. Для ускорения расчетов, практика морской астронавигации выработала способы ускорения обработки наблюдений. К ним относятся:

- способ перемещенного места (вкл. 6);
- способ предвычислений (вкл. 7).

Способ перемещенного места реализуется с помощью табл. ВАС-58, которые относятся к таблицам готовых ответов и состоят из основных таблиц и таблиц поправок (рис. 3.1). Основные таблицы позволяют определить счислимое значение высоты и азимута светила по цело градусным значениям аргументов (широта, часовой угол, склонение светила). Таблицы поправок к высоте и азимуту компенсируют несовпадение табличных и фактических значений аргументов основных таблиц. Перемещая счислимое место по широте и долготе можно добиться сокращения количества выборок из таблиц с 10 до 5. Наибольшую сложность представляет перемещение счислимого места по долготе.

Существуют два способа выполнения этой операции.

В первом способе (рис. 3.2) для достижения цело градусного значения местного часового угла рекомендуется изменить принятую последовательность вычисления tm (бланк Ш-8), поменяв местами долготу счислимого места и звездное дополнение светила. Полученная сумма не имеет собственного названия, но позволяет в уме подобрать - значение долготы таким образом, чтобы получить в сумме целочисленное значение местного часового угла. Подбор долготы в уме, особенно при западном (отрицательном) значении долготы, вызывает наибольшую сложность. Подбор приходится осуществлять для каждого светила.

При втором способе (рис. 3.3) счислимая долгота изменяется для всех светил на 30 минут. Производится расчет местного часового угла по традиционной схеме. Из полученного значения местного часового угла целое количество градусов используется для расчета высоты и азимута, а оставшиеся минуты местного часового угла используются для построения перемещенных мест на карте или бланке.

Отсутствие расчетов в уме делают второй способ более надежным.

Суть способа предвычислений состоит в том, что все вычисления счислимых высот и азимутов, выбор поправок производятся до начала наблюдений в спокойной обстановке. В назначенные моменты производят наблюдения высот светил. Наибольшую сложность представляет приведение предвычислений значений к моментам наблюдений, возможны два способа: либо результаты измерения высот привести к моментам предвычислений счислимых hc и Ac , либо результаты предвычислений привести к фактическим моментам измерений высот. Возможны два пути реализации этих способов: аналитический и графический. Приведение результатов измерения высот светил к моментам предвычислений является самым эффективным вариантом в методе предвычислений. Графический способ его осуществления не только прост и надежен, но и позволяет проанализировать наблюдения на промахах.

Рекомендации по выявлению промахов в вычислениях приведены в Приложениях к гл. 3.

ТРАДИЦИОННАЯ СХЕМА РАСЧЕТОВ **РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА РАСЧЕТА МЕСТНОГО ЧАСОВОГО УГЛА № 1**

T_{rp}	t_T	T_{rp}	t_T
$\Delta_1 t$		$\Delta_1 t$	
$\Delta_2 t$		$\Delta_2 t$	
t_{rp}		t_{rp}	
$\lambda \frac{o +}{w - \pi}$		τ^*	
t_M^Y		$\sum(t_{rp} + t)$	ГГГ°ММ'Δ
τ^*		$\lambda \frac{o +}{w - \pi}$	$\lambda \pi i$
t_w		t_w	ГГГ°00'0
t_o		t_o	

Изменить значение долготы
так, чтобы сумма $(t_{rp} + t + \lambda \pi)$
дала величину, равную
ближайшему табличному
часовому углу

Рис. 3.1. Способ перемещенного места.
Схема расчета № 1

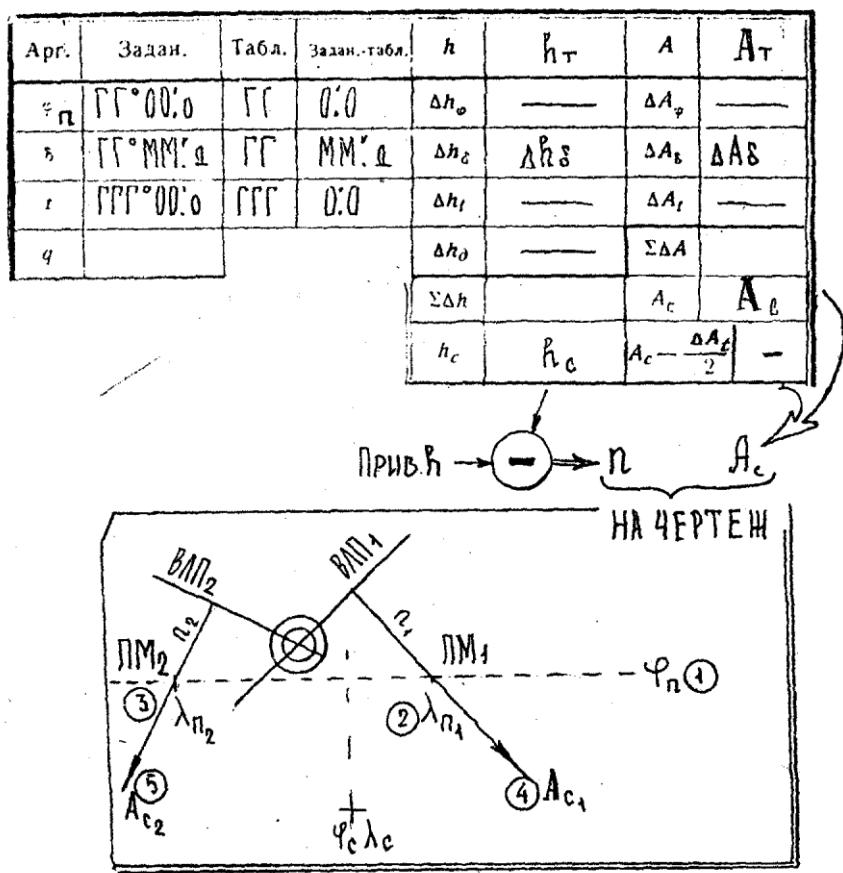


Рис. 3.2. Способ перемещенного места.
Построение по схеме № I

**РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА РАСЧЕТА
МЕСТНОГО ЧАСОВОГО УГЛА №2**

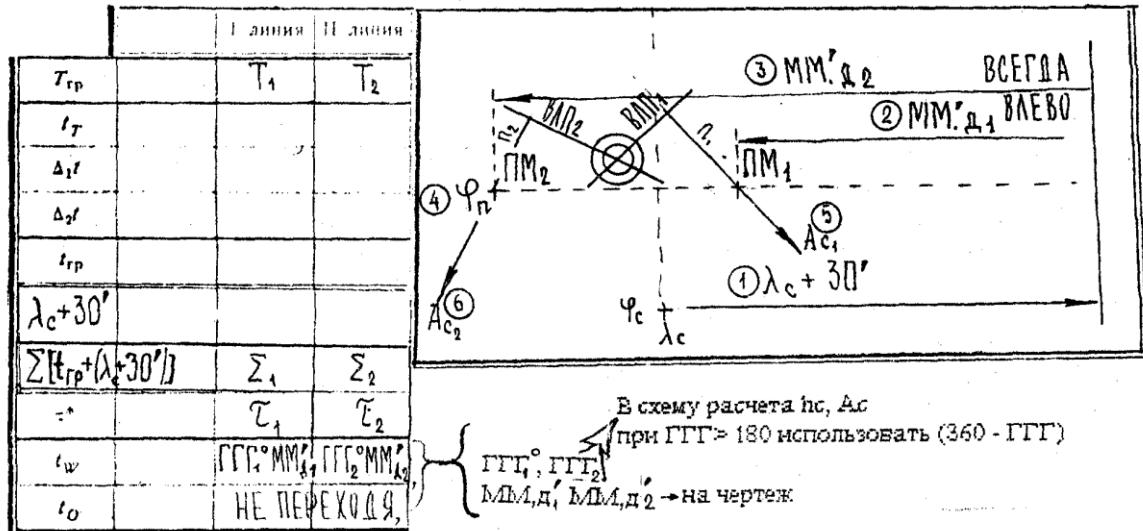
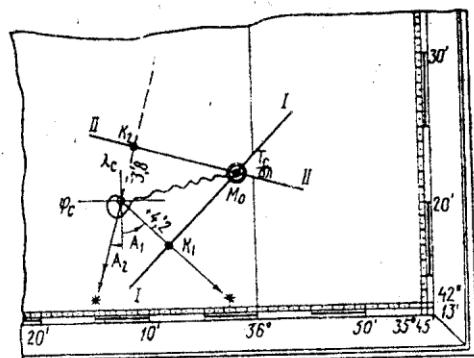
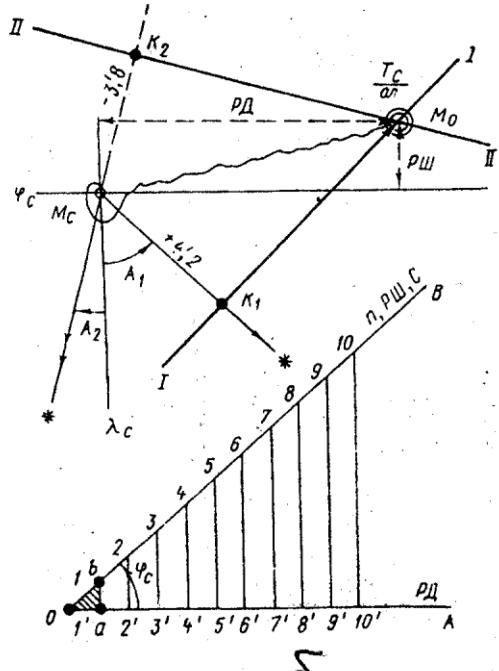


Рис. 3.3. Способ перемещенного места.
Расчеты и построения по схеме № 2



а



б

Рис. 3.4. Прокладка высотных линий положения:
а) на карте; б) на листе бумаги

Приведение измеренных высот светила к одному месту. Обсервованное место судна принимается в пересечении двух линий положения, которые вычисляются по результатам наблюдений каждого из светил. Обяза-

тельным условием при этом является соответствие каждой из этих линий одному и тому же положению наблюдателя на поверхности Земли.

Серии высот и моментов наблюдения осредняют. Между средними моментами измерений проходит определенный промежуток времени, в течение которого судно перемещается. Этот промежуток в зависимости от опытности судоводителя, числа высот в каждой серии и условий наблюдения может составить от 5 до 15 минут и более. Поэтому высоты светил необходимо приводить к одному месту наблюдений или, как принято говорить в мореходной астрономии, к одному зениту. Для этого в результаты наблюдений необходимо вносить поправку h , учитывающую изменение высоты светила за счет перемещения судна. В табл. 16 МТ-75 приведены значения изменения высоты светила за 1 минуту плавания. Для получения поправки необходимо величину, выбранную из табл. 16, умножить на промежуток времени между измерениями в минутах.

Можно сформулировать *практические правила, которыми следует руководствоваться при прокладке высотных линий положения* в различных случаях (рис. 3.4):

- провести из счислимого места C линии вычисленных азимутов светил, отметив направления к светилам (полюсам освещения) стрелками;
- отложить по линии азимутов от счислимой точки переносы ($h_0 - h_c$) к светилу, если $(h_0 - h_c) > 0$, или от светила, если $(h_0 - h_c) < 0$, полученные точки, называются *определяющими точками K'_i* .
- через, полученные определяющие точки K_i , K_2 перпендикулярно направлениям, азимутов провести линии положения I—I и II—II. При $(h_0 - h_c) = 0$ линию положения следует провести перпендикулярно направлению азимута непосредственно через счислимое место;
- в точке пересечения линий положения нужно принять обсервованное место M_o .

Наивыгоднейшая разность азимутов светил для решения задачи двух высот при различном ожидаемом соотношении случайных и систематических составляющих СКП высотной линии положения показана в табл. 3.1.

В реальных условиях обстановка не всегда позволяет дождаться изменения азимута Солнца на оптимальную или допустимую величину, в этом случае *наблюдения, произведенные при малой разности азимутов, рекомендуется обрабатывать способом эквивалентной линии положения*. Элементами эквивалентной линии положения являются m , n , A_{cp} .

$$m = \frac{n_2 - n_1}{2} \cos ec \frac{\Delta A}{2};$$

$$n = \frac{n_1 + n_2}{2} \sec \frac{\Delta A}{2};$$

$$A_{cp.} = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

Построение линий может производиться как на бумаге, так и на карте в следующем порядке:

- a)* из счислимого места Mc на второй момент прокладывается линия среднего азимута $Acp.$;
- б)* по ней откладывается величина n к светилу, если имеем $+n$, и от светила, если $-n$ в масштабе расстояний;
- в)* через полученную определяющую точку K проводится прямая $I — I$, перпендикулярная линии среднего азимута;
- г)* по ней вправо или влево откладывается величина m в том же масштабе. Если смотреть из счислимого места Mc на линию $I — I$, то m откладывается вправо, когда пит имеют одинаковые знаки, и влево, когда знаки n и m разные. В конце отрезка m получается обсервованное место Mo .

Чтобы получить более точную и надежную обсервацию, необходимо определять место по наблюдениям не менее трех светил.

Так как в наблюдениях неизбежно будут присутствовать систематические и случайные погрешности, то при прокладке нескольких линий положения, они, как правило, не пересекаются в одной точке. Образованная ими фигура называется фигурой погрешностей. Задача судоводителя — отыскать наиболее вероятное место судна.

Анализ расположения линий и размеров фигуры погрешностей позволяет выявить промах и систематическую погрешность. Если размеры сторон в фигуре больше пяти — семи миль, то, вероятно, имеются промахи.

Рекомендации по анализу результатов наблюдений на промахах приведены в гл. 1.

Рекомендации по обнаружению промахов в вычислениях приведены в Приложениях к гл. 3 (вкл. 8).

При определении места по двум линиям положения отыскание промахов весьма затруднено, так как информация о точности счисления не всегда надежна. Поэтому определение места по двум высотным линиям положения в сумерки не рекомендуется, а днем требует тщательного контроля. В случае, если невязка места не превышает величины

$$C \leq 2,1 \sqrt{M_{Cq}^2 + M_0^2};$$

то с вероятностью 0,997 можно считать, что промахов в прокладке нет.

Для анализа фигуры погрешностей при вершинах углов пересечения линий положения расставляют стрелки в направлении азимутов светил. Если все стрелки направлены одинаково внутрь или наружу от центра фигуры, то в линиях положения есть погрешность одинакового знака, а промахи, по-видимому, отсутствуют.

При определении по трем светилам только чрезмерная величина треугольника (больше пятнадцати-двадцати миль) укажет на явный промах. Для отыскания вероятнейшего места в треугольнике следует применить метод астрономических биссектрис или графоаналитический метод наименьших квадра-

тov. Астрономической биссектрисой называется линия, делящая острый угол между линиями положения или направлениями градиентов высотных линий положения пополам. Причем, так как астрономическая биссектриса позволяет исключить систематические погрешности в наблюденных высотах, то светила желательно подбирать в разных частях горизонта, с разностью азимутов между соседними светилами, близкой к 120 градусам. Если светила наблюдались в одной части горизонта, точка пересечения биссектрис оказывается вне треугольника, причем необходимо помнить, что при трех линиях положения только одна биссектриса независима, две другие зависят от уже примененных линий. Это делает положение биссектрис в задаче трех высот не вполне надежным от промаха. В данном случае, место, полученное способом весов, или противомедиан, получается внутри треугольника, место, полученное способом биссектрис, — вне треугольника. Решение о выборе места принимается, исходя из конкретных требований данного случая (всегда считай *себя* ближе к опасности).

Когда требуется отыскать вероятнейшее место, надо учитывать статистические данные о величинах и действии погрешностей и их соотношении. Место принимается на линии, соединяющей точки внутри и снаружи треугольника пропорционально коэффициенту корреляции. Точность обсервованного места рассчитывается, как и при навигационных определениях в зависимости от числа линий положения.

Наилучшую точность и надежность астрономической обсервации дают измерения четырех светил, наблюдаемых примерно на равных высотах и в противоазимутах. Обсервованное место при этом находится в точке пересечения разностно-высотных линий положения (астрономических биссектрис).

Решение задач по звездам

19 г. $\varphi_1 = \left. \begin{array}{l} \varphi_1 \\ \lambda_1 \end{array} \right\}$ Счислимые
Район _____

$\varphi_2 =$ _____ $e =$ (возвышение глаза) $t_B =$ (температура)
 $\lambda_2 =$ _____ $V =$ (скорость хода) $B_B =$ (давление)

Наименования светил			
1 линия	2 линия	3 линия	1 линия
Расчет всемирного времени			
Приб. T_c	По корабельным часам с точностью до 1 мин		
$\frac{O^{st}}{W+}$	$\#$ пояса, по которому поставлены корабельные часы		
Приб. T_{rp}	Если $T_c + \#_W > 24$ ч, принимается дата следующего дня		
Дата	Если $T_c - \#_W^{st} < 0$, принимается дата предыдущего дня		
T	Средний момент серии		
a	Поправка часов		
T_{rp}	$T_{rp} = T + u + (12 \text{ ч})$		
Расчет часовых углов светил			
t_t	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринвичского времени в столбце «Точка Овна»		

Расчет h_c и A_c по ВАС-58 на бланке Ш-8							
Арг.	Задан.	Табл.	Задан. — табл.	h	ОТ	A	ОТ
φ	φ_c	ОТ	$\Delta\varphi$	Δh_φ	T-1 по h , $\Delta\varphi, A$	ΔA_φ	T-1 по $\Delta\varphi, A$
δ	Из МАЕ	ОТ	$\Delta\delta$	Δh_δ	T-1 по h , $\Delta\delta, q$	ΔA_δ	T-1 по $\Delta\delta, q$: знак — по ОТ
t	t_W или t_O^{st}	ОТ	Δt	Δh_t	T-2 по $\varphi, A_c, \Delta t$	ΔA_t	ОТ
q	ОТ			Δh_δ	T-3 по $\Delta A_\delta, A, \Delta\varphi$	$\Sigma \Delta A$	$\Sigma \Delta A = \Delta A_\varphi + \Delta A_\delta + \Delta A_t$
				$\Sigma \Delta h = \Delta h_\varphi + \Delta h_\delta + \Delta h_t + \Delta h_\delta$		A_c	$A_c = A_t + \Sigma \Delta A$
					(ненужное зачеркнуть)		
				h_c	$h_c = h_t + \Sigma \Delta h$	$A_c - \frac{\Delta A_t}{2}$	

Примечания:

- ОТ — основные таблицы ВАС-58 (вход по φ_T, δ_T, t_T).
T-1 — табл. 1 «Поправки высоты и азимута за широту и склонение».
T-2 — табл. 2 «Поправки высоты за часовой угол».
T-3 — табл. 3 «Дополнительная поправка».
 A_c — первая буква наименования одноименна с широтой, вторая — с местным часовым углом.

Продолжение

Расчет h_c и A_c по ТВА-57 на бланке Ш-86

δ	\rightarrow	$T(\delta)$	По δ из т. II			
t	\rightarrow	$S(t)$	По t из т. II	$T(t)$	По t из т. II	
x	\leftarrow	$T(x)$	$T(\delta) + S(t)$	$S(x)$	В одной строке с $T(x)$	
φ_c				$T(p)$	$T(t) - S(x)$	
$90^\circ + (x - \varphi_c)$	$= y$			$S(y)$	по y из т. II	$T(y)$ по y из т. II
A_c	по $T(A)$			$T(A)$	$T(p) + S(y)$	$S(A)$ по $T(A)$
h_c	по $T(h)$			$T(h)$	$T(y) - S(A)$	

Примечание:

1. Величина x всегда одноименна с δ ; если $t > 90^\circ$, то и $x > 90^\circ$.
2. Знак \sim означает: при одноименных x и φ_c — вычитание меньшей величины и большей; при разноименных x и φ_c — их сложение.
3. Первая буква наименования A_c при x и φ_c одноименна и $x > \varphi_c$ одноименна с φ_c , во все остальных случаях — разноименна; вторая буква наименования A_c всегда одноименна с местным часовым углом.

Продолжение

Исправление высот светил		Расчет широты по высоте Полярной звезды		Расчет поправок Δh_z для приведения высот к одному зениту			
Отчет	ОС						
$i + s$	i — определяется наблюдателем; s — из технического формуляра сектанта		Полярная		1 линия	2 линия	3 линия
Изм. h	Изм. $h = OC + (i + s)$	I попр.	Из таблиц МАЕ „Широта по высоте Полярной»	А круг.	A_c в круговом съете		
Δh_d	Измеряется наблюдателем или из таблицы «Поправка за наклонение»	II попр.		ПУ	$ПУ = KK + \Delta K + \alpha + \beta$		
Вид. h	Вид. $h = \text{изм. } h + \Delta h_d$						
Δh_p	За рефракцию						
Δh_t	За температуру воздуха	III попр.		А — ПУ	Из большего вычесть меньшее		
Δh_B	За давление						
Ист. h	Ист. $h = \text{вид. } h + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B$	Σ	$\Sigma = I + II + III$	Δh	Из таблицы «Приведение высот к одному зениту»		
Δh_z	За приведение к одному зениту		*				
Прив. h	Прив. $h = \text{ист. } h + \Delta h_z$	Прив. h	Ист. $h + \Delta h_z$	ΔT	$\Delta T = T_{\text{задан}} - T$		
h_c	Вычисляется по φ_c , δ , t_w или t_{ost}						
$h - h_c$	Тут прив. $h - h_c$	φ_0	Прив. $h + \Sigma$	Δh_z	$\Delta h_z = \Delta h \Delta T$		

По Солнцу				По Луне	По Марсу или Венере
	1 линия	2 линия	3 линия	4 линия	
Расчет всемирного времени					
Приб. T_c	По корабельным часам с точностью до 1 мин				
$\frac{\text{№ } O^{st}}{W+}$	№ пояса, по которому поставлены корабельные часы				
Приб. T_{rp}	Если $T_c + \text{№ } W > 24$ ч, принимается дата следующего дня				
Дата	Если $T_c - \text{№ } O^{st} < 0$, принимается дата предыдущего дня				
T	Средний момент серии				
u	Поправка часов				
T_{rp}	$T_{rp} = T + u + (12 \text{ ч})$				
Расчет часовых углов светил					
t_t	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринвичского времени в столбце «Солнце»			Из ЕТ МАЕ по гринвичской дате и целому часу T_{rp} для Луны	Из ЕТ по гринвичской дате для Венеры
Δt	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ по числу минут и секунд			Из ИТ МАЕ на ми ^н и с для Луны	И ИТ МАЕ на ми ^н и с для планет

Продолжение

$\Delta_2 t$	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ по квазиразности Δ	Из ИТ МАЕ на мин и с для Луны	Из ИТ МАЕ на мин по $\bar{\Delta}$
t_{rp}	$t_{rp} = t_{\tau} + \Delta_1 t + \Delta_2 t$		
$\lambda \frac{O^{st}}{W} +$	Счислимая долгота		
t_m^T			
τ^*			
t_W	$t_W = t_{rp} + \lambda \frac{O^{st}}{W}$		
t_O^{st}	$t_O^{st} = 360^\circ - t_W$, если $t_W > 180^\circ$	Сумма $t_W = t_{rp} = E/W$ до 360, если > 360 — отнять 360 и остаток записать в t_W ; если $t_W > 180$, то $t = 360 - t_W$	
Расчет склонений светил			
Δ	Из ежедневной таблицы МАЕ внизу столбца «Солнце»	Из ЕТ по дате и целому часу для Луны	Из ЕТ МАЕ по дате внизу для планеты
δ_t	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринв. времени в столбце «Солнце»	Из ЕТ МАЕ по дате и целому часу T_{rp} для Луны	Из ЕТ по дате и целому часу T_{rp} для планеты
$\Delta\delta$	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ в столбце «Попр.» по разности Δ	Из ИТ МАЕ на мин по Δ	Из ИТ МАЕ на мин по Δ
δ	$\delta = \delta_t - \Delta\delta$	ЕТ—ежедневные таблицы МАЕ ИТ—интерполяционные таблицы МАЕ	

Окончание

Исправление высот светил			
Отсчет	Средний ОС серии		
$i + s$	i — определяется наблюдателем; s — из технического формуляра сектанта		
Иzm. h	$\text{Иzm. } h = \text{ОС} + (i+s)$		
Δh_d	Измеряется наблюдателем или из таблицы «Поправка за наклонение»		
Вид. h	$\text{Вид. } h = \text{изм. } h + \Delta h_d$		
Δh_{p+p}	За рефракцию и параллакс	ОП общая поправка наблюдаемого края Луны табл. 10 МТ-75	Δh_p за астрономич. рефракцию табл. 9-а МТ-75
$\Delta h_t, \Delta h_B$	За температуру и давление	Δh_t	Δh_p доп. поправка за параллакс по $h_{\text{вид}}$ и p_0 — из ЕТ МАЕ на дату; табл. 9-б МАЕ
R	Полудиаметр Солнца	Δh_B	$\Delta h + \Delta h_B$ за температуру и давление
Ист. h	$\text{Ист. } h = \text{вид. } h + \Delta h_{p+p} + \Delta h_t + \Delta h_B = R$		
Δh_z		Из табл. 7 МТ-75 по $A - ПУ$, $V, \rightarrow \Delta h$; $\Delta h_z = \Delta h \Delta T$	
Прив. h			
h_c	Вычисляется по φ_c , δ , t_i или t_O^{st}		
$h - h_c$	Тут ист. $h - h_c$		

ПРАВИЛА ПОИСКА ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПО ТАБЛИЦАМ

Ошибки в решении задачи отыскиваются и исправляются по следующим правилам.

1. Признак ошибки: **вычисленный местный часовой угол (превышает величину табличного часового угла** в ВАС-58 (признак расположения вычисленного места светила ниже горизонта).

В этом случае необходимо:

- проверить календарную дату по судовому времени, гринвичскую дату, номер часовогопояса, совпадение приближенного и точного всемирного времени, учет знака долготы, переход от западного часовогого угла к восточному, выборку гринвичского часовогого угла из МАЕ, выборку звездного угла;
- найти арифметические ошибки, допущенные в действиях.

2. Признак ошибки: **выбранная из основных таблиц ВАС-58 табличная высота отличается на несколько градусов от отсчета секстанта или от истинной высоты светила.**

В этом случае необходимо:

- проверить величину и наименование склонения, оценку широты и склонения по признаку «одноименно—разноименно», выбор перемещенной широты и вход в ВАС-58 по широте, подбор высоты при вычислении часовогого угла;
- найти арифметические ошибки, допущенные в расчетах часовогого угла и склонения, выполняя обратные арифметические действия.

3. Признак ошибки: разность истинной приведенной высоты светила и его счисляемой высоты получилась более $60'$ (перенос $n = 1\dots 2$ градуса).

В этом случае необходимо:

- проверить выбор долготы при расчете часовогого угла, гринвичскую дату, запись момента наблюдений и поправку часов, гринвичское время, знак поправки за полудиаметр Солнца или учет общей поправки высоты Луны по ее соответствуанию по фактически наблюдающемуся краю светила, знаки поправки $\Delta h\delta$ (при полном решении—знаки $\Delta h\phi$, Δht), записи табличной высоты и поправок к ней из ВАС-58;

— найти арифметические ошибки, допущенные в расчетах часовогого угла, склонения и счисляемой высоты.

4. Признак ошибки: **после прокладки ВЛП обнаружена несогласованность линий положения в задачах трех или четырех высот** (форма и размеры фигуры погрешностей не могут быть объяснены стандартными оценками ошибок линий положения). В задаче четырех высот, получился слишком вытянутый четырехугольник. При вводе во все переносы однозначной и равновеликой ошибки переноса получилось разнонаправленное смещение пар линий положения (внутрь или вне погрешностей). В задаче двух высот обсервованное место значительно рассогласуется со счислимым местом, и эта невязка не может быть объяснена возможной в конкретных условиях плавания погрешностью счисления (рис. 3.5, 3.6, 3.7). При наличии этих признаков необходимо:

а) проверить:

- прокладку линий азимутов светил и переносов линий положения от перемещенных мест, в соответствии с нумерацией последних;
- расчеты счислимого места с учетом течения и дрейфа;
- расчеты поправки часов и гринвичского времени (особенно если имеется вынос обсервации по долготе);
- расчеты судового времени обсервации;
- расчеты приведения высот к одному месту наблюдений, перевода полукруговых азимутов в истинные пеленги (*ИП*), величин курсовых углов, знаков поправок;
- нанесение перемещенных мест;
- знаки переносов, прокладку переносов от соответствующих им перемещенных мест;
- величины и знаки поправок к высоте светила, выбираемых из ВАС-58;
- исправления высот светил и определение поправки секстанта;

б) найти арифметические ошибки (рис. 3.8).

Никогда не следует подгонять истинные высоты светил к счислимым, каким бы верным ни казалось счисление, а также исправлять записи наблюдений по догадке. Результаты обсервации могут быть опровергнуты только новой обсервацией. Найдите и устранит промахи в наблюдениях или вычислениях. В сомнительных случаях следует считать место корабля ближе к опасности.

ДВЕ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

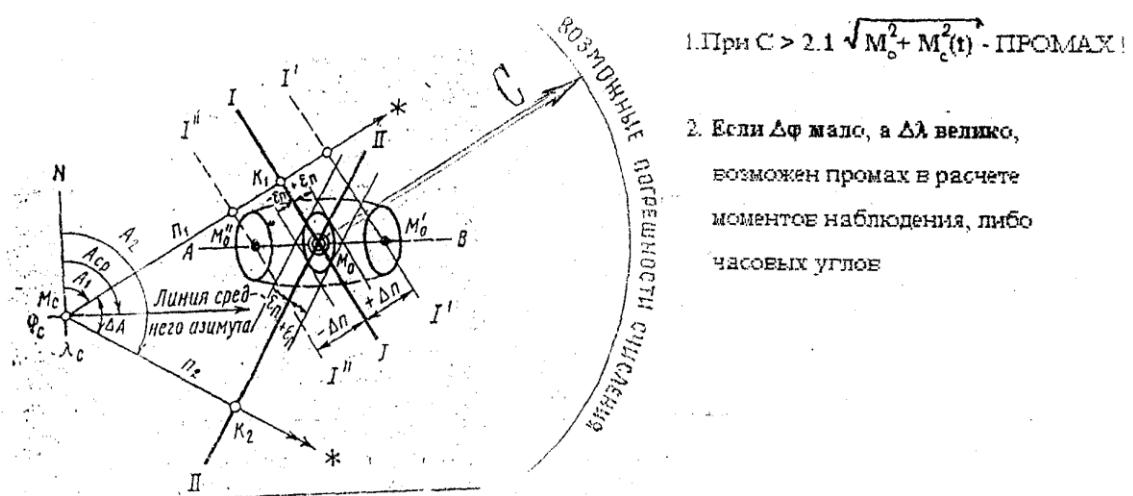
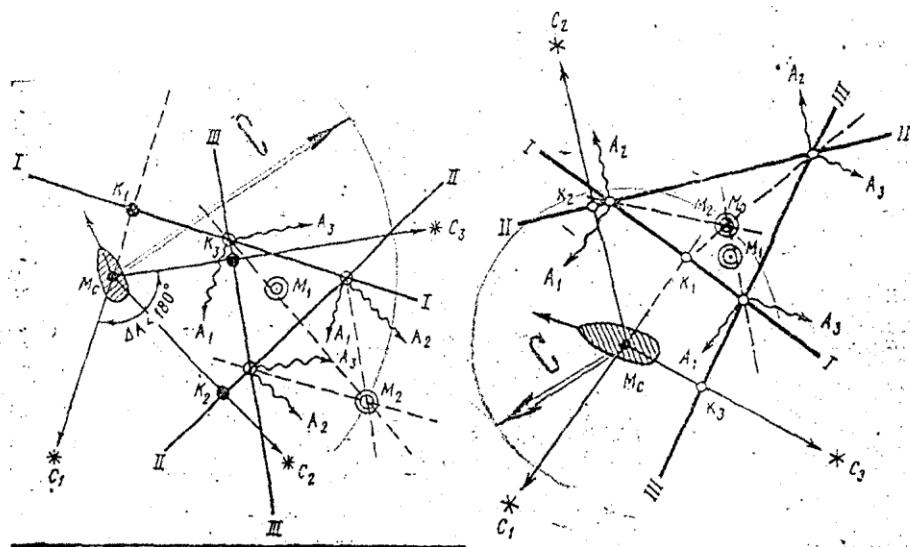


Рис. 3.5. Выявление промахов при графических построениях.
Случай двух линий положения

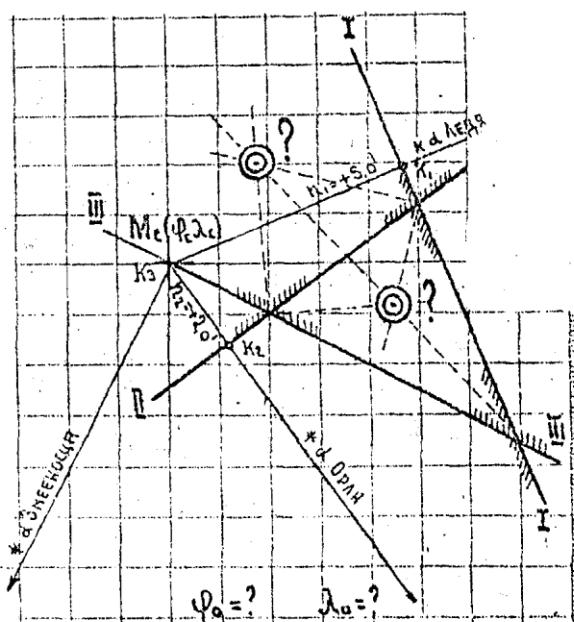


Нахождение обсервованного места при учете систематических ошибок в высотах, когда светила расположены по одну сторону горизонта

Нахождение обсервованного места при учете систематических ошибок в высотах, когда светила расположены по всему горизонту

Рис. 3.6. Выведение промахов при графических построениях. Случай трех линий положения

1. При $C > 1.5m\text{h}$ - ПРОМАХ



ПРОВЕРИТЬ:

- проекцию A_c и переносов;
- расчет $\varphi \lambda$ с учетом дрейфа;
- расчет поправки часов и Тгр., особенно при выносе места по долготе;
- расчет Тс;
- расчет Δh_z ;
- нанесение перемещенных мест;
- определение поправки индекса;
- опознавание светил

Рис. 3.7. Случай неопределенности в задаче трех высот

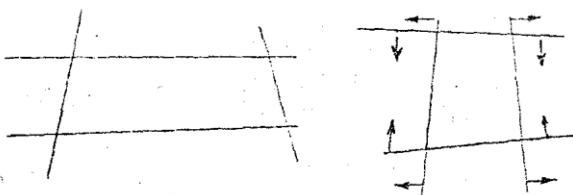
ЧЕТЫРЕ ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ

При $C > 1.2 m/km$ - ПРОМАХ!

ПРОМАХ При

Стороны фигуры не пропорциональны

Азимуты светил направлены в одной паре внутрь фигуры, во второй - наружу



ВЫВОДЫ:

1. Подбирать светила равномерно по всему горизонту,
2. Всегда желательна контрольная пятая линия,
3. Расчеты проверять "в две руки".

В СОМНИТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ

СЛЕДУЕТ СЧИТАТЬ СВОЕ МЕСТО

БЛИЖЕ К ОПАСНОСТИ!

Рис. 3.8. Случай четырех высот

Программа вычисления A_c , h_c , $t_m \delta$

00	ИП 2	20	\times	40	ИП А		
01	ИП 5	21	ИП 8	41	\div		
02	\times	22	F cos	42	ИП В		
03	ИП 1	23	\times	43	F cos		
04	$+$	24	ИП 9	44	\div		
05	ИП 3	25	F sin	45	F arccos		
06	$+$	26	П С	46	П А		
07	ИП 7	27	ИП 0	47	ИП 8		
08	$+$	28	F sin	48	F sin		
09	П 8	29	П Д	49	F x > 0		
10	ИП 2	30	\times	50	5 7		
11	ИП 6	31	$+$	51	3		
12	\times	32	F arcsin	52	6		
13	ИП 4	33	П В	53	0		
14	$+$	34	F Bx	54	ИП А		
15	П 9	35	ИП Д	55	—		
16	F cos	36	\times	56	П А		
17	ИП 0	37	ИП С	57	ИП А		
18	F cos	38	\vec{XY}	58	c/p		
19	П А	39	\leftarrow	59	БП 00		
						[F]	[ABT]

Тест		
П0	φ_c	39°
П1	λ_c	164°
П2	T_{gr}	22°
П3	t_c	183°
П4	δ_0	-3°
П5	$15 + \Delta i$	15,0034
П6	$\Delta \delta$	-0,016
П7	τ	0

Результат

ИП $A \rightarrow A_c$	126,62961
ИП $B \rightarrow h_c$	32,09266
ИП $8 \rightarrow t_m$	317,0748
ИП $9 \rightarrow \delta$	-3,352

*Программа вычисления высоты и азимута светила:
в/о F ПРГ по заданным φ_c , δ , t_m : в/о F ПРГ*

Адрес	Команда	Код	Итог	Адрес	Команда	Код	Итог
00	ИП 1	61		17	F sin	1C	
01	F sin	1C		18	ИП 1	61	
02	ИП 2	62		19	F cos	1Г	
03	F sin	1C		20	:	13	
04	\times	12		21	ИП 4	64	
05	ИП 1	61		22	F cos	1Г	
06	F cos	1Г		23	:	13	
07	ИП 2	62		24	ИП 1	61	
08	F cos	1Г		25	F tg	1E	
09	\times	12		26	ИП 4	64	
10	ИП 3	63		27	F tg	1E	
11	F cos	1Г		28	\times	12	
12	\times	12		29	—	11	
13	$+$	10		30	F arccos	1—	
14	F arcsin	19		31	П5	45	
15	П 4	44	h_c	32	c/p	50	
16	ИП 2	62			F ABT		A_c

Прохождение информации при вычислении высоты и азимута

Адрес	Исход-ная	Пример	Стоп, итог	Счет координат
П1	φ_c	37° 20,0' S		
П2	δ	60 44,1 S		
П3	t_m	82 32,2 E		
П4			$h_c = 35,417971 =$ $= 35^{\circ}25,1'$	
П5			$A_c = N 143,5035^{\circ}$ E	

Правило наименования азимута: первая буква — всегда N , вторая буква — одноименна с местным часовым углом полукругового счета.
 $ИП_c = A_{NE}$ или $ИП_c = 360^{\circ} - A_{NW}$.

Программа вычисления обсервованного места в задаче двух высот (прямой метод Р. А. Скубко): в/о F ПРГ

Адрес	Команда	Код	Итог	Адрес	Команда	Код	Итог
00	ИП 9	69	$\Delta\delta^\odot$	30	F sin	1C	
01	ИП 1	61	T_{rp_1}	31	ИП 0	60	φ_c
02	×	12		32	F sin	1C	
03	ИП 8	63	δ_{00}^\odot	33	ИП A	6—	δ_1
04	+	10		34	F sin	1C	
05	ПА	4—	δ_1	35	×	12	
06	ИП 9	69	$\Delta\delta^\odot$	36	—	11	
07	ИП 4	64	T_{rp_1}	37	ИП 0	60	φ_c
08	×	12		38	F cos	1Г	
09	ИП 8	68	δ_{00}^\odot	39	:	13	
10	+	10		40	ИП A	6—	δ_1
11	П 8	48	δ_2	41	F cos	1Г	
12	ИП 7	67	Δ_t	42	—	13	
13	ИП 1	61	T_{rp_1}	43	F arccos	1—	
14	×	12		44	П 7	47	t_1
15	ИП 6	66	t_{00}	45	ИП 2	62	$ИП_1$
16	+	10		46	ИП В	6L	180
17	ИП 3	63	τ^*	47	—	11	
18	+	10		48	F x < 0	5C	
19	П 3	43	t_{rp_1}	49	54	54	
20	ИП 7	67	Δ_t	50	ИП С	6C	360
21	ИП 4	64		51	ИП 7	67	t_1
22	×	12		52	П 7	47	t_1
23	ИП 6	66	t_{00}	53	ИП 7	67	
24	+	10		54	ИП 3	63	t_{rp_1}
25	ИП 5	65	τ^*	55	—	11	
26	+	10		56	П 1	41	λ_1
27	П 5	45	t_{rp_1}	57	ИП 5	65	t_{rp_1}
28	с/п	50		58	+	10	t_2
				59	F cos	1Г	
				60	ИП 8	68	δ_2
29	ИП 4	64	h_1	61			

Окончание

Прохождение информации при решении задачи двух высот прямым итерационным методом

№ п/п	Адрес	Исходная для звезд	Исходная для Солнца, планет	Пример (звезды)	Промежу- точная	Стоп, итог
1	П2	ИП ₁	ИП ₁	233,7°		
2	П1	T_{rp_1}	T_{rp_1}	22° 13' 07"		
3	П4	T_{rp_2}	T_{rp_2}	22 25 24		
4	П3	t_1^*	0	146°24,3'		
5	П5	t_2^*	0	62 38,6		
6	П6	t_{00}^l	t_{00}	303 02,2		
7	П7	15,0411	Δ_t	15.0411°		
8	П8	$\pm \delta_2$	$\pm \delta_{00}$	$N8^{\circ}47,6' \oplus$		
9	П9	0	$\pm \Delta_\delta$	0		
10	ПА	$\pm \delta_1$	0	$N19^{\circ}19,8' \oplus$		
11	П0	φ_c	φ_c	59°20'		
Команда:						
БП 12 с/п			в/о с/п		БП 12 с/п	
Стоп, контроль: ИПА, ИП8, ИП3, ИП5						Пуск: с/п

Примечания: 1. Время вводится в часах и их долях; углы — в градусах и их долях с учреждением четвертого знака после запятой.

Результат: $T_c = 22^{\circ}25,4\text{мин} - 2^{\circ} = 20^{\circ}25,4\text{мин}$. ИП0 $\varphi_0 = 59,35212 = 59^{\circ}21,1'N$. ИП1 $\lambda_0 = -743,3503 = 23^{\circ}21,0'W$.

Рекомендации по использованию штурманского вычислительного комплекса на базе МК-52.

В практике вычислительных работ штурманов все большее распространение получает применение штурманского вычислительного комплекса ШВК. В его состав входят: программируемый микрокалькулятор МК-52 и блок расширения памяти БРП-2 «Электроника-Астро». Вопросы использования ШВК отражены в руководствах по эксплуатации МК-52, в «Астронавигационном альманахе» за 1985-1990 годы и других пособиях. Однако вследствие большого объема информации, они не совсем удобны для использования в условиях корабля при недостатке времени. Предполагаемый вариант систематизации деятельности штурмана не заменяет инструкций, а имеет целью облегчить его работу. Для более полного использования

возможностей МК-52 с БРП-2 предлагается дополнительный набор программ, вводимых в ППЗУ.

Работа с ШВК условно может быть разделена на следующие этапы:

- проверка и включения комплекса;
- набор программ в ППЗУ МК-52;
- решение астронавигационных и навигационных задач.

Последовательность действий оператора при подготовке ШВК к работе с бланками ШВК следующая(вкл.9 и 10).

1.Проверка начального положения органов управления:

- перед включением МК-52:

-включить МК-52;

2.Ввод в память ППЗУ МК-52 программ:

- очистить память ППЗУ по адресам;
- ввести в ППЗУ по адресам из табл. 3.5.

После выполнения всех действий, ШВК готов для работы с бланками ШВК.

Ввод данных в ШВК и получение результатов осуществляется согласно таблице диалоговых символов (табл. 3.3).

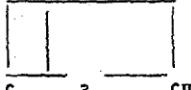
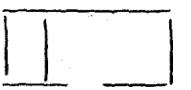
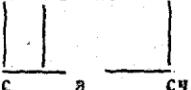
Таблица 3.2

Ввод программы в ППЗУ

Адрес	Ввод программы из табл. 3.5	Действия оператора
Ввести адрес: 1000098	Набрать программу: 1000098	<p>Переключить:</p> <p>Нажать: AI II Переключить:</p>
Ввести адрес: 1022498	Набрать программу: 1022498	<p>Переключить:</p> <p>Нажать: AI II Переключить:</p>
Ввести адрес: 1044898	Набрать программу: 1044898	<p>Переключить:</p> <p>Нажать: AI II Переключить:</p>

Таблица 3.3

Очистка памяти ППЗУ

Адрес	Переключение органов управления	Действия оператора
Ввести: 1000098	Переключить:  S Z СЧ	Последовательно нажать: A1 11
Нажать: Сх Ввести: 1022498	Переключить:  S Z СЧ	Последовательно нажать: A1 11
Нажать: Сх Ввести: 1044898	Переключить:  S Z СЧ	Последовательно нажать: A1 11

После выполнения всех действий переключить:

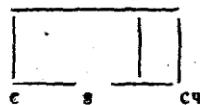


Таблица 3.4

Ввод и индикация данных

Значение параметра	Индцируемые символы	Примеры	Порядок набора	Индикация на табло
Дата гринвичская	1	$\text{Д} = 31 \text{ янв. } 1996 \text{ г.}$	310196	310196
Время гринвичское	2	$T_{\text{гр}} = 15^{\circ}25'\text{мин}11''$	15,2511	15.2511
Широта счислимая	3	$\text{Ш}_c = 10^{\circ}26,5'N$ $15^{\circ}05,3'S$	10,265 -15,053	10.265 -15.053
Долгота счислимая	4	$\text{Д}_c = 123^{\circ}41,8'E$ $107^{\circ}13,7'W$	123,418 -107,137	123.418 -107.137
Поправка секстана	5	$t + S = -3,6'$	-3,6	-3.6
Высота глаза, м	6	$e = 24$	24	24
Температура, °C	7	$t^\circ = -5$	-5	-5
Давление, мб	8	$P_{\text{мб}} = P_{\text{мм}} \times 1,32$	1,322	1.322
Отсчет секстана	9	$\text{ОС} = 52^{\circ}22,7'$	52,227	52.227
Радиус Солнца:				
— нижний край	10	$R = 15,8'$	15,8	15.8
— верхний край	10	$R = -15,8'$	-15,8	-15.8
Параллакс	11	$P_0 = -0,6'$	-0,6	-0.6
Перенос	12	$n = -1,2'$	-1,2	-1.2
Высота измеренная	13	$h_{\text{из}} = 52^{\circ}22,7'$	52,227	52.227
Азимут счислимый	14	$A_c = 256^{\circ}34,2'$	256,342	256.342
СКП ЛП	16	$m_{\text{пп}} = 1,4$	1,4	1.4
Часовой угол гринвичский	17	$t_{\text{гр}} = 123^{\circ}41,8'E$ $107^{\circ}13,7'W$	123,418 -107,137	123.418 -107.137
Склонение	18	$\delta = 10^{\circ}26,5'N$ $15^{\circ}05,3'S$	10,265 -15,053	10.265 -15.053
Азимут круговой	21	$A_k = 52^{\circ}22,7'$	52,227	52.227

**БЛАНК
РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ОСВЕЩЕНИЯ**

МК-52 «Вкл.»:



Условные обозначения: # — A↑, ↓↑, в/о, с/п

Ввод: 7317835 # —1000098 #	
1. Д = _____ с/п	2. Т _{гр} = _____ с/п
Порядок действий: #; #; с/п; #; #; с/п; с/п; с/п; #; #	
При расчете восх./зах. Солнца с учетом высоты глаза: e = _____ вычислить $h = 0.833 + 0.0293 \times \sqrt{e}$ и ввести: $h = _____$ хп2	
При расчете навигац. сумерек ввод: $h = 12$ хп2	
При расчете граждан. сумерек ввод: $h = 6$ хп2	
Ввод: 19. 1/-1 (восх/заход) с/п	
3. Ш _с = _____ с/п	
$T = \dots$, если < 0 , тогда $24 + c/p$ $\quad > 24 \quad 24 - c/p$	
$T = \dots$, если < 0 , тогда $24 + c/p$ $\quad > 24 \quad 24 - c/p$	
ОТВЕТ:	
$T_m = \dots / T_c = T_m \pm (N + \lambda) E_W / T_c = \dots$	
Для последующего расчета на ту же дату... в/о с/п	

ШВК-1

БРП-2 «Вкл.»:

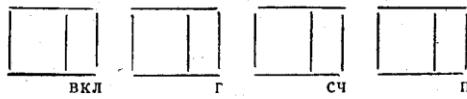


Ввод: 7317835 # —1000098 #	
1. Д = _____ с/п	2. Т _{гр} = _____ с/п
Порядок действий: #; #; с/п; #; #; с/п; с/п; с/п; #; #	
При расчете восх./зах. Солнца с учетом высоты глаза: e = _____ вычислить $h = 0.833 + 0.0293 \times \sqrt{e}$ и ввести: $h = _____$ хп2	
При расчете навигац. сумерек ввод: $h = 12$ хп2	
При расчете граждан. сумерек ввод: $h = 6$ хп2	
Ввод: 19. 1/-1 (восх. заход) с/п	
3. Ш _с = _____ с/п	
$T = \dots$, если < 0 , тогда $24 + c/p$ $\quad > 24 \quad 24 - c/p$	
$T = \dots$, если < 0 , тогда $24 + c/p$ $\quad > 24 \quad 24 - c/p$	
ОТВЕТ:	
$T_m = \dots / T_c = T_m \pm (N + \lambda) E_W / T_c = \dots$	
Для последующего расчета на ту же дату... в/о с/п	

ШВК-2

БРП-2 «Вкл.»:

МК-52 «Вкл.»:



**БЛАНК
РАСЧЕТА ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ НА СВЕТИЛО**

Для звезд

Ввод данных из табл. 3.4 в память по, п1, п2, п3, п4.	
Ввод: 1109221 # —1000098 #	
1. Д = _____ с/п	2. Т _{гр} = _____ с/п
Порядок действий: _____ #; #; с/п; #; с/п; #; с/п; #; с/п; #	
3. Ш _с = _____ с/п	4. Д _с = _____ с/п
ОТВЕТ:	
$h_c = \dots$ с/п	
$A_c = \dots$	

Для Луны и планет

Выбрать из МАЕ: на Т _{гр} = ____/ч/ $t_0 = \dots$ $\delta_0 = \dots$ выбрать из МАЕ на Т _{гр} +1 = ____/ч/ $t_1 = \dots$ $\delta_1 = \dots$ $R = \dots$ (планета — 0) $p_0 = \dots$	
Ввод: 9364091 #	
2. Т _{гр} = _____ с/п	17. $t_0 = \dots$ с/п
17. $t_1 = \dots$ с/п	18. $\delta_0 = \dots$ с/п
18. $\delta_1 = \dots$ с/п	10. $R = \dots$ с/п
11. $p_0 = \dots$ с/п	3. Ш _с = _____ с/п
4. Д _с = _____ с/п	4. Д _с = _____ с/п
ОТВЕТ:	
$h_c = \dots$ с/п	
$A_c = \dots$	

Для Солнца

Ввод: —1000098 #	
1. Д = _____ с/п	2. Т _{гр} = _____ с/п
Порядок действий: #; #; с/п; #; #; с/п; с/п; с/п; # с/п (верхний край / — /с/п); #	
3. Ш _с = _____ с/п	4. Д _с = _____ с/п
ОТВЕТ:	
$h_c = \dots$ с/п	
$A_c = \dots$	

ШВК-2

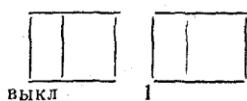
БЛАНК

ШВК-3

ПРИВЕДЕНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ И ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ

БРП-2 «Выкл.»:

ВВЕСТИ: 10000098 А1 11

Ввод данных: $PY =$ хнд $V =$ хпс

	ВОСТОК	СЕВЕР-ЮГ		ЗАПАД				
*	I линия	II линия	III линия	IV линия				
B	$Sh_c =$ хнд $T_1 =$, $k \leftrightarrow xpo$ $OC_1 =$, $k+xnb$ $A_1 =$ хпа в/о с/п ... 0	$Sh_c =$ хнд $T_2 =$, $k \leftrightarrow xpo$ $OC_2 =$, $k+xnb$ $A_2 =$ хпа в/о с/п ... 0	$Sh_c =$ хнд $T_3 =$, $k \leftrightarrow xpo$ $OC_3 =$, $k+xnb$ $A_3 =$ хпа в/о с/п ... 0	$Sh_c =$ хнд $T_4 =$, $k \leftrightarrow xpo$ $OC_4 =$, $k+xnb$ $A_4 =$ хпа в/о с/п ... 0				
N	T чч. мс	OC гг. мм	T чч. мс	OC гг. мм	T чч. мс	OC гг. мм	T чч. мс	OC гг. мм

Окончание

1	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
2	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
3	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
4	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
5	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
6	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
7	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п	—, — с/п
O	БП 25 с/п :	БП 25 с/п :	БП 25 с/п :	БП 25 с/п :				
T	$m_{OC} =$							
B	с/п K6							
E	$OC_B =$							
T	с/п . . . 0							
B	$Sh_c = 90$ хпс							
B	$T_4 =$, $k \leftrightarrow xpo$ в/о с/п . . . 0	$T_4 =$, $k \leftrightarrow xpo$ в/о с/п . . . 0	$T_4 =$, $k \leftrightarrow xpo$ в/о с/п . . . 0	$T_4 =$, $k \leftrightarrow xpo$ в/о с/п . . . 0				
O	$T_1 =$, c/p «результат» . . . 60*	$T_2 =$, c/p «результат» . . . 60*	$T_3 =$, c/p «результат» . . . 60*	$T_4 =$, c/p «результат» . . . 60*				
#	$h_{z1} =$ с/п 0	$h_{z2} =$ с/п 0	$h_{z3} =$ с/п 0	$h_{z4} =$ с/п 0				
	Ввод данных 2 ЛП	Ввод данных 3 ЛП	Ввод данных 4 ЛП					

Примечание.

Производить ввод

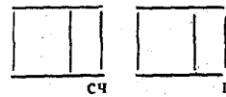
 Sh_c в градусах V в узлах PY в градусах A в градусахПри измерении по Солнцу величину h_z не вычислять

БЛАНК

ШВК-4

ОПОЗНАВАНИЯ СВЕТИЛА

МК-52 «Вкл.»:



Г

СЧ

П

БРП-2 «Вкл.»:



Г

Условные обозначения: # — A↑, +↑, в/о, с/п

I линия	II линия	III линия	IV линия
Ввод: 6294021 # —1000098 #			
1. $D = \underline{\quad}$ с/п 2. $T_{rp} = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п	1. $D = \underline{\quad}$ с/п 2. $T_{rp} = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п	1. $D = \underline{\quad}$ с/п 2. $T_{rp} = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п	1. $D = \underline{\quad}$ с/п 2. $T_{rp} = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п

Последовательность действий после индикации:
#; #; с/п; #

Окончание

3. $W_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 4. $D_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 13. $h = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 14. $A = \underline{\quad}$ с/п	3. $W_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 4. $D_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 13. $h = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 14. $A = \underline{\quad}$ с/п	3. $W_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 4. $D_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 13. $h = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 14. $A = \underline{\quad}$ с/п	3. $W_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 4. $D_c = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 13. $h = \underline{\quad}, \underline{\quad}$ с/п 14. $A = \underline{\quad}$ с/п
О Т В Е Т: $\delta = \underline{\quad}$ с/п $t_{rp} = \underline{\quad}$ с/п $\alpha = \underline{\quad}$ По δ и α в табл. 3.4 найти светило: $(\alpha - \alpha_0) < 5^\circ$ $(\delta - \delta_0) < 2^\circ$	О Т В Е Т: $\delta = \underline{\quad}$ с/п $t_{rp} = \underline{\quad}$ с/п $\alpha = \underline{\quad}$ По δ и α в табл. 3.4 найти светило: $(\alpha - \alpha_0) < 5^\circ$ $(\delta - \delta_0) < 2^\circ$	О Т В Е Т: $\delta = \underline{\quad}$ с/п $t_{rp} = \underline{\quad}$ с/п $\alpha = \underline{\quad}$ По δ и α в табл. 3.4 найти светило: $(\alpha - \alpha_0) < 5^\circ$ $(\delta - \delta_0) < 2^\circ$	О Т В Е Т: $\delta = \underline{\quad}$ с/п $t_{rp} = \underline{\quad}$ с/п $\alpha = \underline{\quad}$ По δ и α в табл. 3.4 найти светило: $(\alpha - \alpha_0) < 5^\circ$ $(\delta - \delta_0) < 2^\circ$

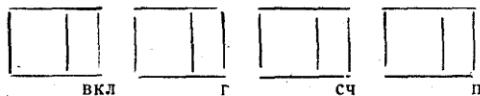
БЛАНК

ШВК-5

ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛП

для звезд

МК-52 «Вкл.»:



БРП-2 «Вкл.»:



Условные обозначения: # — A↑, +↑, * в/о, с/п

I линия	II линия	III линия	IV линия
Ввод данных из табл. 3.4 в память по, п1, п2, п3, п4	Ввод данных из табл. 3.4 в память по, п1, п2, п3, п4	Ввод данных из табл. 3.4 в память по, п1, п2, п3, п4	Ввод данных из табл. 3.4 в память по, п1, п2, п3, п4
Ввод: 1109221 # —1000098 #			
1. Д = _____ с/п 2. Тгр = _____, _____ с/п	1. Д = _____ с/п 2. Тгр = _____, _____ с/п	1. Д = _____ с/п 2. Тгр = _____, _____ с/п	1. Д = _____ с/п 2. Тгр = _____, _____ с/п

Окончание

Последовательность действий после индикации:

#; #: с/п; #: с/п; #: с/п/ с/п; #

3. Шс = _____, _____ с/п			
4. Дс = _____, _____ с/п			

Последовательность действий после индикации:

с/п; с/п; #

9. ОС = _____, _____ с/п			
5. i + S = _____, _____ с/п	5. i + S = _____, _____ с/п	5. i + S = _____, _____ с/п	5. i + S = _____, _____ с/п
6. e = _____ с/п			
7. t° = _____ с/п			
8. Pмб = _____ 1,32* с/п			

«результат»... hz1 +

«результат»... hz2 +

«результат»... hz3 +

ОТВЕТ: n1 = _____ с/п Aс1 = _____ Ввод данных 2 ЛП	ОТВЕТ: n2 = _____ с/п Aс2 = _____ Ввод данных 3 ЛП	ОТВЕТ: n3 = _____ с/п Aс3 = _____ Ввод данных 4 ЛП	ОТВЕТ: n4 = _____ с/п Aс4 = _____
---	---	---	---

БЛАНК

ШВК-6

ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ВЛП
для Солнца

МК-52 «Вкл.»:

вкл

сч

п

БРП-2 «Вкл.»:

вкл

Условные обозначения: # — A↑, ↓↑, в/o, с/п

I линия	II линия	III линия	IV линия
Ввод: —1000098 #	Ввод: —1000098 #	Ввод: —1000098 #	Ввод: —1000098 #
1. $\Delta =$ _____ с/п 2. $T_{rp} =$ _____, _____ с/п	1. $\Delta =$ _____ с/п 2. $T_{rp} =$ _____, _____ с/п	1. $\Delta =$ _____ с/п 2. $T_{rp} =$ _____, _____ с/п	1. $\Delta =$ _____ с/п 2. $T_{rp} =$ _____, _____ с/п
Последовательность действий после индикации: #; #; с/п; #; #; с/п; с/п; с/п; #; с/п (верхний край — с/п); #			

Окончание

3. $W_{c1} =$ _____, _____ с/п 4. $D_{c1} =$ _____, _____ с/п	3. $W_{c2} =$ _____, _____ с/п 4. $D_{c2} =$ _____, _____ с/п	3. $W_{c3} =$ _____, _____ с/п 4. $D_{c3} =$ _____, _____ с/п	3. $W_{c4} =$ _____, _____ с/п 4. $D_{c4} =$ _____, _____ с/п
Последовательность действий после индикации: с/п; с/п; #			
9. $OC_1 =$ _____, _____ с/п 5. $i + S =$ _____, _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^\circ =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC_2 =$ _____, _____ с/п 5. $i + S =$ _____, _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^\circ =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC_3 =$ _____, _____ с/п 5. $i + S =$ _____, _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^\circ =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC_4 =$ _____, _____ с/п 5. $i + S =$ _____, _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^\circ =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п
ОТВЕТ: $n_1 =$ _____ с/п $A_{c1} =$ _____ Ввод данных 2 ЛП			
ОТВЕТ: $n_2 =$ _____ с/п $A_{c2} =$ _____ Ввод данных 3 ЛП			
ОТВЕТ: $n_3 =$ _____ с/п $A_{c3} =$ _____ Ввод данных 4 ЛП			
ОТВЕТ: $n_4 =$ _____ с/п $A_{c4} =$ _____			

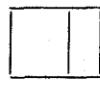
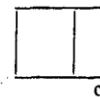
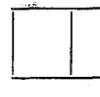
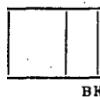
БЛАНК

ШВК-7

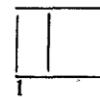
ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВЛП

для Луны и планет

МК-52 «Вкл.»:



БРП-2 «Вкл.»:



Условные обозначения: # — A+, ↓↑, в/о, с/п

I линия	II линия	III линия	IV линия
Выбрать из МАЕ: на $T_{rp} =$ _____ (час) $t_0 =$ _____ $\delta =$ _____ выбрать из МАЕ на $T_{rp} + 1^q =$ _____ (ч) $t_1 =$ _____ $\delta =$ _____ $R =$ _____ (планета — 0) $p_0 =$ _____	Выбрать из МАЕ: на $T_{rp} =$ _____ (час) $t_0 =$ _____ $\delta =$ _____ выбрать из МАЕ на $T_{rp} + 1^q =$ _____ (ч) $t_1 =$ _____ $\delta =$ _____ $R =$ _____ (планета — 0) $p_0 =$ _____	Выбрать из МАЕ: на $T_{rp} =$ _____ (час) $t_0 =$ _____ $\delta =$ _____ выбрать из МАЕ на $T_{rp} + 1^q =$ _____ (ч) $t_1 =$ _____ $\delta =$ _____ $R =$ _____ (планета — 0) $p_0 =$ _____	Выбрать из МАЕ: на $T_{rp} =$ _____ (час) $t_0 =$ _____ $\delta =$ _____ выбрать из МАЕ на $T_{rp} + 1^q =$ _____ (ч) $t_1 =$ _____ $\delta =$ _____ $R =$ _____ (планета — 0) $p_0 =$ _____
Ввод: 9364091 #	Ввод: 9364091 #	Ввод: 9364091 #	Ввод: 9364091 #

Продолжение

2. $T_{rp} =$ _____ с/п 17. $t_0 =$ _____ с/п 17. $t_1 =$ _____ с/п 18. $\delta_0 =$ _____ с/п 18. $\delta_1 =$ _____ с/п 10. $R =$ _____ с/п 11. $p_0 =$ _____ с/п #	2. $T_{rp} =$ _____ с/п 17. $t_0 =$ _____ с/п 17. $t_1 =$ _____ с/п 18. $\delta_0 =$ _____ с/п 18. $\delta_1 =$ _____ с/п 10. $R =$ _____ с/п 11. $p_0 =$ _____ с/п #	2. $T_{rp} =$ _____ с/п 17. $t_0 =$ _____ с/п 17. $t_1 =$ _____ с/п 18. $\delta_0 =$ _____ с/п 18. $\delta_1 =$ _____ с/п 10. $R =$ _____ с/п 11. $p_0 =$ _____ с/п #	2. $T_{rp} =$ _____ с/п 17. $t_0 =$ _____ с/п 17. $t_1 =$ _____ с/п 18. $\delta_0 =$ _____ с/п 18. $\delta_1 =$ _____ с/п 10. $R =$ _____ с/п 11. $p_0 =$ _____ с/п #
3. $Ш_c =$ _____ с/п 4. $Д_c =$ _____ с/п	3. $Ш_c =$ _____ с/п 4. $Д_c =$ _____ с/п	3. $Ш_c =$ _____ с/п 4. $Д_c =$ _____ с/п	3. $Ш_c =$ _____ с/п 4. $Д_c =$ _____ с/п

Последовательность действий после индикации:

с/п; с/п; #

9. $OC =$ _____ с/п 5. $t + S =$ _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^o =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC =$ _____ с/п 5. $i + S =$ _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^o =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC =$ _____ с/п 5. $i + S =$ _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^o =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п	9. $OC =$ _____ с/п 5. $i + S =$ _____ с/п 6. $e =$ _____ с/п 7. $t^o =$ _____ с/п 8. $P_{M6} =$ _____ 1,32* с/п
«Результат».. h_z +	«Результат».. h_z +	«Результат».. h_z +	«Результат».. h_z +
ОТВЕТ: $n_1 =$ _____ с/п $A_{c1} =$ _____ , _____ Ввод данных 2 ЛП	ОТВЕТ: $n_2 =$ _____ с/п $A_{c2} =$ _____ , _____ Ввод данных 3 ЛП	ОТВЕТ: $n_3 =$ _____ с/п $A_{c3} =$ _____ , _____ Ввод данных 4 ЛП	ОТВЕТ: $n_4 =$ _____ с/п $A_{c4} =$ _____ , _____

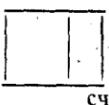
БЛАНК

ВЫЧИСЛЕНИЯ ОБСЕРВОВАННЫХ КООРДИНАТ
по 2 и 3 ЛП

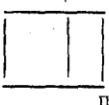
МК-52 «Вкл.»:



Г

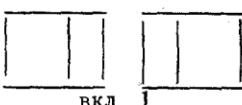


сч



п

БРП-2 «Вкл.»:



Г

Условные обозначения: # — A↑, ↓↑, в/о, с/п

ПО 2-м ЛП

Ввод: 4232477 #	
12.	$n_1 =$ _____ с/п
14.	$A_{c1} =$ _____ с/п в/о с/п
12.	$n_2 =$ _____ с/п
14.	$A_{c2} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0.8“ с/п; #; с/п	
3.	$Ш_c =$ _____, _____ с/п с/п
16.	$m_{лп} =$ _____ с/п с/п
4.	$Д_c =$ _____, _____ с/п
О Т В Е Т:	
$Ш_0 =$	_____ с/п
$Д_0 =$	_____ пхд
$M_0 =$	_____

Ввод: 4232477 #	
12.	$n_1 =$ _____ с/п
14.	$A_{c1} =$ _____ с/п в/о с/п
12.	$n_2 =$ _____ с/п
14.	$A_{c2} =$ _____ с/п в/о с/п
12.	$n_3 =$ _____ с/п
14.	$A_{c3} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0.8“ с/п; #; с/п	
Ввод: 4264698 AI II Cx $2 \times xpc$ в/о с/п с/п	
3.	$Ш_c =$ _____, _____ с/п с/п
16.	$m_{лп} =$ _____ с/п с/п
4.	$Д_c =$ _____, _____ с/п
О Т В Е Т:	
$Ш_0 =$	_____ с/п
$Д_0 =$	_____ пхд
$M_0 =$	_____

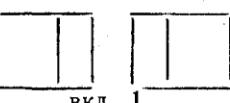
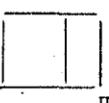
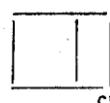
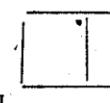
БЛАНК

ШВК-9

ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА:

по 4-м и больше лп

МК-52 «Вкл.»:



1

БРП-2 «Вкл.»:

Условные обозначения: # — A↑, ↓↑, в/o, с/п

ПО 4-м ЛП

БОЛЬШЕ 4-х ЛП

Ввод: 4232477 #	
12.	$n_1 =$ _____ с/п
14.	$A_{c1} =$ _____ с/п в/o с/п
12.	$n_2 =$ _____ с/п
14.	$A_{c2} =$ _____ с/п в/o с/п
12.	$n_3 =$ _____ с/п
14.	$A_{c3} =$ _____ с/п в/o с/п
12.	$n_4 =$ _____ с/п
14.	$A_{c4} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0“ — с/п; #; с/п	
3.	$Ш_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п	
4.	$Д_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п; #	
12.	$n_4 =$ _____ с/п
14.	$A_{c4} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0“ — с/п; #; с/п	
3.	$Ш_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п	
4.	$Д_c =$ _____ , _____ с/п
ОТВЕТ:	
$Ш_o =$ _____ с/п	
$Д_o =$ _____ пxd	
$M_o =$ _____ Сх	

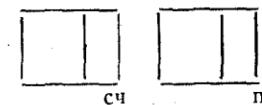
Ввод: 4232477 #	
12.	$n_1 =$ _____ с/п
14.	$A_{c1} =$ _____ с/п в/o с/п
12.	$n_2 =$ _____ с/п
14.	$A_{c2} =$ _____ с/п в/o с/п
12.	$n_3 =$ _____ с/п
14.	$A_{c3} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0“ — с/п; #; с/п	
3.	$Ш_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п	
4.	$Д_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п; #	
12.	$n_4 =$ _____ с/п
14.	$A_{c4} =$ _____ с/п
Порядок действий: #; „0“ — с/п; #; с/п	
3.	$Ш_c =$ _____ , _____ с/п
Порядок действий: с/п; с/п	
4.	$Д_c =$ _____ , _____ с/п
ОТВЕТ:	
$Ш_o =$ _____ с/п	
$Д_o =$ _____ пxd	
$M_o =$ _____ Сх	
Набрать: 4232477 # и ввести данные о следующей ЛП	

БЛАНК

ШВК-10

ВЫЧИСЛЕНИЕ ШИРОТЫ МЕСТА ПО ПОЛЯРНОЙ ЗВЕЗДЕ

МК-52 «Вкл.»:



СЧ

П



ВКЛ

1

БРП-2 «Вкл.»:

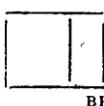
Условные обозначения: # — A↑, ↓↑, в/o, c/p

Ввод: 8344498 #
9. ОС = _____, _____ c/p 5. i + S = _____, _____ c/p 6. e = _____ c/p 7. t° = _____ c/p 8. P _{мб} = _____ 1,32* c/p 10. R = 0 c/p 11. p ₀ = 0 c/p
О Т В Е Т: h = _____ , _____
Ввод: 33, 104 хп0 818,1 хп1 89,107 хп2 16,8 хп3
Ввод: 1109221 # —1000098 #
1. Д = _____ c/p 2. T _{гр} = _____ , _____ c/p Порядок действий: # # c/p # c/p # c/p c/p Сx
Ввод: 5284249 # 4. Д _c = _____ , _____ c/p 13. h = _____ , _____ c/p
О Т В Е Т: Ш ₀ = _____

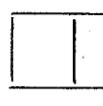
Ввод: 8344498 #
9. ОС = _____, _____ c/p 5. i + S = _____, _____ c/p 6. e = _____ c/p 7. t° = _____ c/p 8. P _{мб} = _____ 1,32* c/p 10. R = 0 c/p 11. p ₀ = 0 c/p
О Т В Е Т: h = _____ , _____
Ввод: 33, 104 хп0 818,1 хп1 89,107 хп2 16,8 хп3
Ввод: 1109221 # —1000098 #
1. Д = _____ c/p 2. T _{гр} = _____ , _____ c/p Порядок действий: # # c/p # c/p # c/p c/p Сx
Ввод: 5284249 # 4. Д _c = _____ , _____ c/p 13. h = _____ , _____ c/p
О Т В Е Т: Ш ₀ = _____

**БЛАНК
УТОЧНЕНИЯ МЕСТА ПО 1 ЛП**

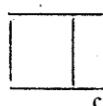
МК-52 «Вкл.»:



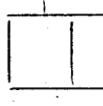
BK



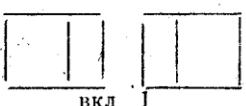
5



4



11



ШВК-11

БРП-2 «Вкл.»:

Условные обозначения: # — $A \uparrow$, ††, в/о, с/п

Ввод: 4214291 #

3. $W_c =$ _____ , _____ с/п
 4. $D_c =$ _____ , _____ с/п
 12. $n =$ _____ с/п
 14. $A_c =$ _____ с/п
 16. $m_{лп} =$ _____ с/п
 20. $M_{сч} =$ _____ с/п

О Т В Е Т:

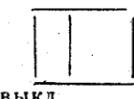
$W_o =$ _____ с/п
 $D_o =$ _____

Ввод: 4214291 #	
3.	$W_c =$ _____, _____ с/п
4.	$D_c =$ _____, _____ с/п
12.	$n =$ _____ с/п
14.	$A_c =$ _____ с/п
16.	$m_{лп} =$ _____ с/п
20.	$M_{сц} =$ _____ с/п
О Т В Е Т:	
Ш _о =	_____ с/п
Д _о =	_____

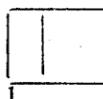
БЛАНК

ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕЛЕНГА НА СВЕТИЛО

БРП-2 «Вкл»



ВЫКЛ



1

ВВЕСТИ: 1022498 Ат.

БЛАНК

JIBK-12

В	Шс = _____, _____	хпс		
В	h = _____, _____	хп 7		
О	KП _{прив} = _____, _____	к+хпв		
Д	T _{прив} = _____, _____ в/о, с/п 0	к ↔ хп о		
N	T чч. мс	KП гг. мм		
1	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п
2	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п
3	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п
4	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п
5	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п
6	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п.
7	_____ , _____	c/п	_____ , _____	c/п

БЛАНК

РАСЧЕТА ЛИЧНОЙ ПОПРАВКИ ШТУРМАНА

БРП-2 «Вкл.»:



ВВЕСТИ: 1044898 A↑, ↓↑

Ввод данных: 2Д* = _____, _____ хпв

Ввод: 2N+1 = _____ хпо		
Набрать: Сх; хпс; хпд		
N	ОТСЧЕТ I	ОТСЧЕТ II
1	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
2	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
3	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
4	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
5	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
6	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
7	_____, ____ B↑	_____, ____ в/о с/п
Набрать: с/п		
О Т В Е Т:		
$i =$ _____ пхд		
$\Delta_d =$ _____ пхс		
Качество ОС		

Да та	2Д*	Дата	2Д*
1.01	65.16	1.07	63.04
10.01	65.16	10.07	63.04
20.01	65.12	20.07	63.04
1.02	65.04	1.08	63.12
10.02	64.92	10.08	63.20
20.02	64.80	20.08	63.32
1.03	64.68	1.09	63.48
10.03	64.52	10.09	63.64
20.03	64.32	20.09	63.80
1.04	64.12	1.10	64.00
1.04	64.12	1.10	64.00
10.04	63.96	10.10	64.16
20.04	63.76	20.10	64.36
1.05	63.60	1.11	64.56
10.05	63.44	10.11	64.72
20.05	63.32	20.11	64.84
1.06	63.20	1.12	65.00
10.06	63.12	10.12	65.08
20.06	63.04	20.12	65.12
1.07	63.04	31.12	65.16

Таблица 3.4
ЭФЕМЕРИДЫ СВЕТИЛ (ЭПОХА 1981 г.)

№ по МАЕ	Созвездие	ХПО	ХП1	ХП2	ХП3
1	Андромеды	1.51	46.6	28.591	19.9
44	Арго	95.53	20.0	-52.411	-2.0
46	Б. Пса	101.047	39.6	-16.414	-5.1
72	Б. Медведицы	165.385	55.1	61.512	-19.5
28	Возничего	78.492	66.6	45.588	3.5
99	Волопаса	213.419	41.1	19.169	-18.7
65	Гидры	141.398	44.2	-8.345	-15.7
92	Девы	201.028	47.5	-11.038	-18.7
130	Змееносца	263.303	41.8	12.344	-2.5
149	Лебедя	310.117	30.7	45.127	12.9
139	Лиры	279.044	30.8	38.459	3.4
67	Льва	151.504	47.9	12.036	-17.7
160	М. Медведицы	33.104	818.1	89.107	16.8
55	М. Пса	114.346	47.1	5.165	-9.4
16	Овна	31.315	50.9	23.224	16.9
40	Ориона	88.321	48.7	7.243	0.5
14	Орла	297.278	43.9	8.49	9.6
143	Павлина	306.023	70.9	-56.478	11.7
159	Пегаса	345.572	44.9	15.062	19.4
20	Персея	50.444	64.5	49.477	12.7
111	Сев. Короны	233.282	38.1	26.467C	-12.0
117	Скорпиона	247.036	55.3	-26.235	-7.8
24	Тельца	68.424	51.7	16.283	7.1
11	Эridана	24.151	33.5	-57.20	18.2
80	Юж. Креста	186.23	50.4	-62.596	-19.9
157	Юж. Рыбы	344.09	49.6	-29.434	19.1
102	Центавра	219.345	61.5	-60.455	-14.7
63	Арго	138.15	9.7	-69.383	-14.9
56	Близнецов	116.023	55.0	23.044	-8.9
2	Кассиопеи	2.023	48.3	59.027	19.9
7	Кита	10.395	45.1	-18.054	19.7
27	Ориона	78.243	43.3	-8.134	4.0
87	Б. Медведицы	193.179	39.5	56.038	-19.5
137	Стрельца	275.437	59.7	-34.237	1.9
94	Б. Медведицы	206.419	35.4	49.245	-17.9

Продолжение табл. 3.4

№ по MAE	Созвездие	XIIО	XII1	XII2	XII3
9	Андромеды	17.099	50.6	35.312	19.0
15	Андромеды	30.409	55.5	42.144	17.2
57	Арго	120.437	31.6	-39.569	-10.2
58	Арго	122.142	27.7	-47.168	-10.7
60	Арго	125.319	18.4	-59.269	-11.6
61	Арго	131.027	24.8	-54.233	-13.2
62	Арго	136.494	33.1	-43.213	-14.6
63	Арго	139.037	24.1	-59.117	-15.2
70	Арго	161.292	38.8	-49.192	-19.1
51	Арго	109.071	31.8	-37.033	-6.6
43	Б. Пса	95.279	39.6	-17.567	-1.9
48	Б. Пса	104.282	34.5	-23.567	-5.0
49	Б. Пса	106.543	36.6	-26.217	-5.8
52	Б. Пса	110.501	35.6	-29.159	-7.1
71	Б. Медведицы	165.105	54.0	56.291	-19.3
75	Б. Медведицы	178.125	47.1	53.480	-20.0
91	Б. Медведицы	200.474	36.2	55.015	-18.8
54	Близнецов	113.203	57.4	31.559	-8.0
45	Близнецов	99.092	52.0	16.250	-3.2
109	Весов	223.597	48.5	-9.188	-13.2
41	Возничего	89.330	66.0	44.563	0.2
25	Возничего	73.563	58.7	33.032	5.5
42	Возничего	89.364	61.4	37.127	0.1
104	Волопаса	221.023	69.3	27.092	-15.1
82	Ворона	188.203	47.4	-23.175	-19.9
79	Ворона	183.424	46.4	-17.362	-20.0
103	Волка	220.099	60.1	-47.184	-15.3
37	Голубя	84.444	32.6	-34.050	1.8
118	Геркулеса	247.210	38.7	21.318	-7.7
134	Дракона	269.024	20.9	51.294	-0.4
156	Журавля	340.231	53.5	-46.591	18.9
154	Журавля	331.456	56.5	-47.032	17.5
33	Зайца	82.584	39.7	-17.501	2.5
112	Змеи	235.499	44.4	6.291	-11.2
133	Змееносца	265.380	44.5	4.345	-1.4
120	Змееносца	249.016	49.6	-10.318	-7.29

Продолжение табл. 3.4

№ по МАЕ	Созвездие	ХПО	ХП1	ХП2	ХП3
125	Змееносца	257.193	51.6	-15.421	-4.3
6	Кассиопеи	9.513	51.4	56.260	19.7
8	Кассиопеи	13.533	54.7	60.369	19.5
10	Кассиопеи	21.084	59.3	60.032	18.7
18	Кита	45.193	47.1	4.010	14.0
147	Лебедя	305.232	32.3	40.117	11.6
150	Лебедя	311.216	36.4	33.539	13.6
74	Льва	177.014	45.9	14.407	-20.1
63	Льва	154.439	49.5	19.563	-18.3
73	Льва	168.165	47.8	20.377	-19.8
106	М. Медведицы	222.412	-2.1	74.140	-14.7
83	Мухи	189.005	54.2	-69.019	-19.8
13	Овна	28.238	49.8	20.429	17.5
29	Ориона	81.017	48.3	6.200	3.1
32	Ориона	82.455	46.0	-0.187	2.5
35	Ориона	83.487	45.7	-1.128	2.2
38	Ориона	84.570	45.4	-1.571	1.8
39	Ориона	86.428	42.7	-9.405	0.2
158	Пегаса	345.428	43.7	27.538	19.6
152	Пегаса	325.488	44.2	9.472	16.6
3	Пегаса	3.038	46.4	15.047	20.0
19	Персея	46.439	53.7	40.530	13.7
22	Персея	53.140	56.7	31.497	10.5
113	Скорпиона	239.481	53.3	-22.341	-10.1
123	Скорпиона	252.139	53.4	-34.156	-6.4
129	Скорпиона	263.047	61.2	-37.055	-2.4
131	Скорпиона	263.593	64.7	-42.592	-2.1
132	Скорпиона	265.176	62.3	-39.013	-1.7
36	Стрельца	274.567	57.6	-29.502	1.7
140	Стрельца	283.313	55.8	-26.193	4.6
141	Стрельца	285.210	57.2	-29.545	5.3
30	Тельца	81.163	56.9	28.356	2.9
97	Центавра	210.371	63.9	-60.169	-17.3
84	Центавра	190.069	49.8	-48.513	-19.7
93	Центавра	204.401	57.3	-53.222	-18.2
98	Центавра	211.234	53.1	-36.166	-17.3

Окончание табл. 3.4

№ по МАЕ	Созвездие	ХПО	ХП1	ХП2	ХП3
101	Центавра	218.344	57.3	-42.045	-15.7
4	Юж. Гидры	6.116	46.7	-77.217	20.3
86	Юж. Креста	191.390	52.9	-59.351	-19.6
81	Юж. Креста	187.315	50.2	-57.004	-20.1
122	Юж. Треугольника	251.396	95.7	-68.597	-6.3
5	Феникса	6.202	44.4	-42.245	19.5
151	Цефея	319.319	21.4	62.303	15.3
18	Кита	45.193	47.1	4.010	14.0
147	Лебедя	305.232	32.3	40.117	11.6
150	Лебедя	311.216	36.4	33.539	13.6
74	Льва	177.014	45.9	14.407	-20.1
68	Льва	154.439	49.5	19.563	-18.3
73	Льва	168.165	47.8	20.377	-19.8
106	М. Медведицы	222.412	-2.1	74.140	-14.7
83	Мухи	189.005	54.2	-69.019	-19.8
13	Овна	28.238	49.8	20.429	17.5
29	Ориона	81.017	48.3	6.200	3.1
32	Ориона	82.455	46.0	-0.187	2.5
35	Ориона	83.487	45.7	-1.128	2.2
38	Ориона	84.570	45.4	-1.571	1.8
39	Ориона	86.428	42.7	-9.405	0.2
158	Пегаса	345.428	43.7	27.588	19.6
152	Пегаса	325.488	44.2	9.472	16.6
3	Пегаса	3.038	46.4	15.047	20.0
19	Персея	46.439	58.7	40.530	13.7
22	Персея	58.140	56.7	31.497	10.5
113	Скорпиона	239.481	53.3	-22.341	-10.1
123	Скорпиона	252.139	58.4	-34.156	-6.4
129	Скорпиона	263.047	61.2	-37.055	-2.4
131	Скорпиона	263.593	64.7	-42.592	-2.1
132	Скорпиона	265.176	62.3	-39.013	-1.7
136	Стрельца	274.567	57.6	-29.502	1.7
140	Стрельца	283.313	55.8	-26.193	4.6
141	Стрельца	285.210	57.2	-29.545	5.3
30	Тельца	81.163	56.9	28.356	2.9
97	Центавра	210.371	63.9	-60.169	-17.3
84	Центавра	190.069	49.8	-48.513	-19.7
93	Центавра	204.401	57.3	-53.222	-18.2
98	Центавра	211.234	53.1	-36.166	-17.3
101	Центавра	218.344	57.3	-42.045	-15.7
4	Юж. Гидры	6.116	46.7	-77.217	20.3
86	Юж. Креста	191.390	52.9	-59.351	-19.6
81	Юж. Креста	187.315	50.2	-57.004	-20.1
122	Юж. Треугольника	251.396	95.7	-68.597	-6.3
5	Феникса	6.202	44.4	-42.245	19.5
151	Цефея	319.319	21.4	62.303	15.3
17	Эридана	44.231	34.1	-40.228	14.3
17	Эридана	44.231	34.1	-40.228	14.3

Таблица 3.5

Программа 1000098

в/о F прг										
Cx	xп2	xп3	xп5	c/п	БП	52	px4	px2	+	
xп2	px4	Fx ²	px5	+	xп5	px3	1	+	xп3	
Bl	px4	/—/	БП	04	px2	px3	:	xп8	Fx ²	
px3	/—/	×	px5	+	px3	1	—	:	F V	
xп7	6	0	×	c/п	pxb	px8	+	xпb	c/п	
БП	00	K ↔	/—/	px0	+	xп1	pxc	F cos	pxa	
F sin	×	1	5	×	xп9	pxa	pxd	—	F cos	
pxe	×	6	0	:	px9	+	pxl	×	c/п	
K +	+	pxb	—	xп4	БП	07	(87 шагов)	F авт	*	

Программа 1022498

в/о F прг										
Cx	xп2	xп3	xп5	c/п	БП	52	px4	px2	+	
xп2	px4	Fx ²	px5	+	xп5	px3	1	+	xп3	
Bl	px4	/—/	БП	04	px2	px3	:	xп8	Fx ²	
px3	/—/	×	px5	+	px3	1	—	:	F V	
xп7	6	0	×	c/п	pxb	px8	+	xпb	c/п	
БП	00	K ↔	/—/	px0	+	xп1	pxc	F cos	pxb	
F cos	×	px7	F tg	×	pxc	F sin	↔	—	2	
40	:	px1	×	c/п	K +	+	pxb	—	xп4	
БП	07	(82 шага)	F авт							

Программа 1044898

в/о F прг										
Bl	6	0	↔	—	Kxpo	↔	/—/	Kxpo	—	
pxd	+	xnd	pxc	1	+	xpc	c/п	pxd	pxc	
:	pxb	↔	—	xnd	0	xpo	xpc	px1	px2	
px1	px2	ПП	67	px3	px4	px3	px4	ПП	67	
px5	px6	px5	px6	ПП	67	px7	px8	px7	px8	
ПП	67	px9	pxa	px9	pxa	ПП	67	pxd	2	
:	xnd	pxo	pxc	:	xpo	c/п	—	pxb	+	
pxd	—	Fx<0	75	/—/	0	,	4	—	Fx>0	
82	в/о	F \$	+	1	:	pxo	+	xpo	pxc	
1	+	pxc	в/о	(94 шага)	F авт					

Глава 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ, АСТРОНАВИГАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ

Опыт приобретается и накапливается годами, особенно опыт в подготовке людей. Вырастить и воспитать умелых командиров и матросов сложнее, чем построить корабль.

Н.Г. Кузнецов

В последние годы развитие средств и методов автоматизации работы штурмана и процесса кораблевождения привело к тому, что астрономические методы определения места и поправки системы курсоуказания используются в практике кораблевождения очень редко. Однако знание этих методов и умение их применять является объективной необходимостью, подтвержденной не только жизнью, но и законодательными актами. Так, в соответствии с Международной конвенцией по подготовке и дипломированию моряков к несению вахты 1978 года, знание и умение использовать астронавигацию является обязательным требованием при допуске к несению вахты. В Правиле 2 (а) МППСС-72 указывается, что никто не может быть освобожден от ответственности за последствия не только нарушения МППСС-72, но и «пренебрежения какой-либо предосторожностью, соблюдение которой требуется обычной морской практикой». Меры предосторожности, рекомендуемые хорошей морской практикой, — это меры, которые обеспечивают безопасное плавание в любых условиях. Вновь возрастающий интерес к астронавигации вызван тем, что она позволяет производить независимый контроль счисления пути судна и определений места. Следовательно, повышение эффективности использования средств и методов морской астронавигации действительно имеет практическое значение и в наши дни. Характерна в этом отношении рекомендация, изложенная в Руководстве по эксплуатации современной спутниковой аппаратуры FSN-70 (Япония) «Предусмотрительный судоводитель никогда полностью НЕ ДОЛЖЕН ПОЛАГАТЬСЯ ТОЛЬКО НА ОДИН ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР, а должен использовать всю имеющуюся информацию, в том числе, данные астрономических наблюдений».

Учитывая значимость астрономических методов, в случае выхода из строя радионавигационных систем или электронавигационных приборов, руководящие документы по обеспечению безопасности плавания и подготовке кадров для ВМФ требуют систематически отрабатывать астрономические способы определения места и поправки системы курсоуказания.

Время, отводимое учебными программами для подготовки по вопросам морской астронавигации, вследствие различных причин сокращается.

В этих условиях остро встает вопрос, как при уменьшающемся лимите учебного времени достичь необходимых знаний и навыков.

Использование астрономических методов условно можно разбить на ряд этапов: оценка астронавигационной обстановки и подготовка к наблюдениям, измерение астронавигационных параметров, обработка астронавигационных параметров, анализ результатов наблюдения и вычисления на промах. Почти все этапы могут быть отработаны до выхода в море. Для отработки навыков измерения астронавигационных параметров необходимо выйти в море, что и предусматривается программой учебной практики как ВСОК ВМФ, так и училищ. Но практика предусмотрена в конце периода обучения и, к сожалению, часто позволяет сделать вывод, что ряд вопросов усвоен недостаточно качественно.

Для привития практических навыков измерения и обработки астронавигационных параметров до выхода в море на ВСОК ВМФ была разработана «Методика подготовки астрономических расчетов корабля в береговых условиях». Так как измерения производятся в ограниченные сроки аудиторных занятий, то разность азимутов Солнца за время наблюдений не достигает величины более 30 градусов. Данная ситуация способствует освоению ранее не изучавшегося в училищной программе способа эквивалентной линии положения.

Развивая ситуацию острого лимита времени и используя программы, моделирующие отсчеты астронавигационных параметров, создаются условия, способствующие изучению нетрадиционных способов определения места, таких как высотно-азимутальный и высотно-разностно-азимутальный. Решение астронавигационных задач на фоне выхода из строя основных электронавигационных приборов способствует более глубокому освоению способов обеспечения навигационной безопасности при плавании с поврежденными техническими средствами навигации и на спасательных средствах. При этом отрабатываются ситуации разрешения многозначности фазовых отсчетов, определения постоянной поправки курсоуказателя, определение и учет доверительного интервала поправки курсоуказателя, а также астронавигационного ориентирования по курсу, широте и долготе при аварии. Как показывают зачеты и анкетные опросы, проводимые после зачетов, ситуационная методика изучения морской астронавигации способствует более глубокому освоению не только вопросов определения места, но и вопросов оценки точности астрономических наблюдений, проверки результатов на промах, изучению и освоению способов коррекции места в экстремальных условиях.

Сравнение результатов, достигнутых на корабельной практике по группам слушателей, прошедшим подготовку по методике и на тренировавшихся по ней, позволяет сделать вывод, что первая группа достигает нормативного уровня точности измерения практически на первый день выхода в море, тогда как второй группе для этого требуется пять-семь дней тренировки.

Качество усвоения материала традиционно проверяется по результатам выполнения контрольных работ. Но на контрольной работе, в силу ограниченности времени, можно проверить лишь узкий круг вопросов.

В дополнение к традиционным формам контроля знаний на ВСОК ВМФ разработаны программы проверки знаний по всем разделам программы на базе ПЭВМ. В ходе изучения темы в часы самостоятельной подготовки слушатели отвечают на вопросы контролирующих программ. Все результаты ответов заносятся в память ПЭВМ, и преподаватель имеет возможность оценить, кто из слушателей какие темы отработал и сколько раз, каково качество усвоения материала различных тем.

Рекомендации по моделированию серии отсчетов АНП. Моделирование серии отсчетов АНП может быть выполнено аналитически, с использованием ЭВМ и графически. Программа моделирования отсчета астронавигационного параметра представлена в Приложениях к гл. 4.

Графоаналитический способ моделирования отсчета АНП предполагает:

- расчет he и Ac по эталонным координатам на точный момент;
- расчет скорости изменения высоты светила (табл. 16, 17 МТ-75) и скорости изменения азимута светила (табл. 18 МТ-75);
- расчет размаха по заданным СКЛАНП и количеству наблюдений в серии;
- расчёт значения параметров по эталонным координатам на заданный момент;
- изменение h истинной и ИП светила на величину суммы поправок, рассчитанных по формуле

$$\sum \Delta h = \Delta h_t + \Delta h_B + \Delta h_p + \Delta h_\rho;$$

- нанесение на момент наблюдений полученного начального отсчёта АНП;
- изменение АНП в соответствии с полной скоростью изменения АНП в пределах рассчитанного размаха.

Рекомендации по моделированию компасного пеленга.

1. Осуществить подбор светила по звездному глобусу.
2. На выбранное время начала и конца наблюдения рассчитать истинные пеленги светил.
3. Построить график измерения ИП. Необходимо помнить, что полученная линия должна соответствовать (быть параллельной графически) скорости изменения АНП, рассчитанной по табл. 18 МТ-75.
4. График смещают на величину постоянной поправки СКУ (и магнитного склонения для МК).
5. Параллельно полученной линии проводят линии возможного размаха значений КП, исходя из СКП выработки курса средства курсоуказания и требуемой вероятности обеспечения навигационной безопасности.
6. Внутри полученного «коридора» размещают отсчеты КП, стараясь, чтобы линия среднего компасного пеленга была осредняющей для серии отсчетов КП.

Рекомендации по проведению занятий.

В зависимости от учебной цели, уровня подготовленности и имеющихся технических средств, форма проведения занятия может быть различной.

На первом этапе необходимо отработать навыки в производстве расчетов. Для этого производится решение задач из задачника или составленных на основе изложенных выше рекомендаций по моделированию астронавигационных параметров.

После освоения расчетов, необходимо приблизить обучаемых к реальным условиям обстановки. Для чего полезно проведение занятий в форме ситуационной игры, в ходе которой обучаемым предлагается:

- 1) рассчитать оптимальный момент производства астронавигационных наблюдений;
- 2) подобрать светила для наблюдений;
- 3) в выбранные обучаемым или назначенные руководителем моменты выдать обучаемым отсчеты астронавигационных параметров.

В зависимости от того, сколько и какие ЭВМ имеются в распоряжении руководителя занятия, выдача отсчетов может быть произведена следующими способами:

- с графика изменения отсчета, построенного на масштабно-координатной бумаге для каждого светила;
 - с помощью программируемых микрокалькуляторов (ПМК), моделирующих отсчеты секстанта и компасные пеленги назначенных светил, причем для отработки навыков опознавания светил полезно один из ПМК не подписывать;
 - с помощью персональной ЭВМ, моделирующей отсчеты астронавигационных параметров светила на заданный момент времени.
- 4) Определить место и поправку компаса астрономическим способом;
 - 5) проанализировать наблюдения и результаты расчетов на промах и обработать результаты, полученные всеми операторами астрономического расчета.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫРАБОТКЕ НАВЫКОВ ИЗМЕРЕНИЯ АСТРОНАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Хотеть недостаточно, надо действовать.

И. Гете

В последние годы работа штурмана в море значительно облегчена внедрением автоматизированных совмещенных с ЭВМ приемоиндикаторов РНС.

Правила хорошей морской практики, нашедшей свое отражение во многих руководящих документах по безопасности плавания, гласит: астрономические способы определения места являются основными при плавании вне видимости берегов, вне зоны действия РНС и в случае прекращения их функционирования, а также для автономного контроля безопасности плавания и работоспособности технических средств навигации корабля, средств навигационного оборудования районов плавания. Астрономическое определение места вышоляется, если позволяют условия, как правило, не менее четырех раз в сутки, независимо от наличия обсерваций другими средствами. В ходе подготовки корабля к плаванию особое внимание рекомендуется уделять отработке астрономических способов определения места.

В результате отсутствия острой необходимости либо большого перерыва между походами, штурман, даже имеющий хорошую теоретическую подготовку, утрачивает навыки измерения астронавигационных параметров. Тренировок в море, как правило, недостаточно. Однако иногда астронавигация может оказаться единственным методом обеспечения безопасности плавания.

Для выполнения астрономических определений места на кораблях создаются специальные формирования — астрономические расчеты. За подготовку астрономических расчетов к выполнению обязанностей отвечает командир штурманской боевой части, Руководящими документами по штурманской подготовке определена последовательность подготовки лиц, входящих в астрономический расчет. Для обеспечения работы корабельных штурманов, улучшения качества отработки требований руководящих документов и объективности оценки качества подготовленности астрономических расчетов на ВСОК ВМФ разработана и опробована настоящая методика, которая позволяет в береговых условиях, накануне выхода в море оценить уровень развития практических навыков, повысить его до требований нормативных документов, и, на основе использования ситуативного подхода, глубже освоить теоретический, курс, что в целом способствует повышению точности и навигационной безопасности плавания. Действия астрономического расчета в море включают три этапа:

- 1) подготовка к наблюдениям;
- 2) астрономические наблюдения;
- 3) обработка наблюдений.

Этой же последовательности целесообразно придерживаться при отработке в береговых условиях.

1 этап. Подготовка к наблюдениям

Действия, носят организационный характер: составляется расписание по действию при определении места астрономическим способом, производится постановка задачи, выверка секстанов и измерителей времени, готовятся бланки записи и контроля наблюдений, рассчитываются время наблюдений, оптимальная разность азимутов, ожидаемая скорость изменения астронавигационных параметров. При составлении расписания целесообразно предусмотреть две пары наблюдателей и регистраторов. За каждой парой должен быть закреплен индивидуальный секстан и измеритель времени. Для сокращения времени наблюдений целесообразно составить плановую таблицу действий расчета. Типовой макет постановки задачи на астрономическую обсервацию представлен в пособии «Практическое кораблевождение» (адмиралтейский номер 9035.1, издание ГУНиО МО СССР, 1988, с. 574... 577). На этом этапе в ходе производства выверок секстана и измерителя времени в соответствии с требованиями ПШС № 1 и 29 обучаемые не только вспоминают теоретический материал, но и получают навыки в работе с мореходными инструментами.

Очень важно после производства выверок секстана определить значение личной поправки системы «штурман—секстан». Как показала практика, отношение величины личной поправки системы «штурман—секстан» к средней квадратической погрешности ее определения может служить мерой уровня развития практических навыков судоводителя по измерению высоты светила. Производство выверок, наблюдений, определение поправки индекса, личной поправки и средней квадратической погрешности определения личной поправки способствует развитию навыков обращения с мореходными инструментами и расчетов точностных параметров.

Работа по подготовке бланков записи, планшета ПЛАКАН, расчету целеуказания достаточно подробно описана в учебных пособиях и в дополнительных комментариях не нуждается.

2. этап. Астрономические наблюдения.

Наибольшую сложность представляют непосредственные наблюдения светил. Это обусловлено как низким уровнем развития практических навыков, так и отсутствием возможности измерять высоты светил в видимый горизонт при стоянке в порту. Для развития практических навыков участников астрономического расчета предлагается использовать опробованные в учебном процессе ВСОК ВМФ наблюдения Солнца в искусственный горизонт, смоделированный с помощью сосуда с маслом. При этом достигается:

- отработка практических действий всех участников астрономических наблюдений;
- определение и учет личных поправок и погрешностей измерений каждого наблюдателя;

- проведение наблюдений в реальном масштабе времени и по реальному светилу;
- отсутствие ограничений наблюдений по азимуту светила;
- появление возможности оценить точность астрономической обсервации относительно эталонных координат;
- отработка различных способов обработки полученных астронавигационных параметров.

Рекомендации по организации наблюдения с использованием сосуда с маслом. Для наблюдений подходит любая площадка, открытая для солнца (пирс, двор, крыша здания). Масло в сосуде не должно быть очень жидким (при этом возникают возмущения от ветра) и очень густым (при этом поверхность масла образует мениск, и изображение Солнца искажается).

Сосуд для масла может быть небольших размеров. На практике опробованы сосуды диаметром от 7 до 20 сантиметров и глубиной от 0,5 до 3 сантиметров. При сильном ветре желательно использовать цилиндрический экран с двойной щелью, свободно вращающийся вокруг сосуда. Сосуд устанавливается на стол (стул), рядом на стул (ящик от секстанта) садится наблюдатель. Самая трудная часть наблюдений заключается именно в том, чтобы поймать в поле зрения оба изображения Солнца. Необходимо напомнить, что скорость изменения отсчета секстанта вдвое превышает скорость изменения высоты светила, а снимаемый с алидады отсчет равен двойной высоте светила. Поэтому, установив на алидаде двойной отсчет счислимой высоты, для обеспечения поиска изображений Солнца допустимо опереться локтями на стол перед сосудом. Так как жидкость «переворачивает» края Солнца, т. е. нижний край прямовидимого светила, будет наверху, и труба переворачивает изображение Солнца еще раз, то видимый в поле зрения трубы верхний край прямовидимого изображения будет действительно верхним его краем, а видимый нижний — нижним краем. У отраженного изображения Солнца, которое, получается, от двукратного отражения зеркалами секстанта и перевернутого еще раз трубой, края будут расположены наоборот, т. е. верхний край будет виден внизу, а нижний — наверху. Причем надо помнить, что в поле зрения трубы прямовидимое Солнце при покачивании секстанта вокруг трубы остается неподвижным. При береговых наблюдениях секстант приходится покачивать непременно вокруг трубы, другие приемы неприменимы.

Измерение высоты возможно двумя способами совмещения: касанием соответствующих краев изображений Солнца, либо совмещением дисков изображения Солнца. Первый способ более трудоемок, но и более точен, при втором способе не требуется разбираться, где какой край Солнца, т. е. менее вероятен промах. Целесообразно производить фиксацию момента времени касания (совпадения) изображений. Приводить края в соприкосновение вращением микрометрического устройства следует только при наблюдениях около меридиана. Необходимо отметить, что наблюдения осложняются, если опора, на которой стоит сосуд с маслом, подвержена вибрации.

Для исключения высокочастотных колебаний использовался второй (больший по размерам) сосуд с жидкостью, в котором плавал сосуд с маслом, моделирующим отсчетную плоскость горизонта. После снятия серии из семи—одиннадцати отсчетов для каждой линии положения астрономический расчет припираствует к третьему этапу работы.

3 этап Обработка наблюдений.

Результаты измерений позволяют отработать практически следующие вопросы.

1. Оценка качества наблюдений и анализ на промах с помощью планшета ПЛАКАН.

2. Расчет средней квадратической погрешности измерения высоты светила графически и аналитически.

3. Определение места различными способами:

— прямым аналитическим;

— косвенным методом высотных линий положения с ручной и машинной обработками результатов;

— определение места при малой разности азимутов;

— уточнение счислимого места по одной высотной линии положения.

4. Оценка точности обсервованного места: относительно эталонного, полученного методом обратной засечки; с помощью РСКП, с помощью эллиптической погрешности.

5. Расчет и оценка точности вероятнейшего места. В результате тренировки может быть проверен уровень подготовленности астрономического расчета по следующим критериям:

— точность измерения высоты светила;

— точность определения места относительно эталона;

— время расчета одной высотной линии положения;

— время решения задачи двух высот.

Полученные в ходе учебного процесса на ВСОК, ВМФ результаты способствовали более глубокому освоению теоретических положений, как астронавигации, так и математических основ кораблевождения и радионавигации. Так, используя полученные астрономическим способом координаты места, слушатели производили разрешение многозначности фазовых отсчетов ФРНС.

Результаты оценки уровня развития навыков показывают, что после пяти—семи тренировок обучаемые достигают нормативного уровня навыка, а после десяти тренировок уровень развития навыков изменяется несущественно. Таким образом, можно предположить, что достаточно семи - десяти дней тренировок для восстановления навыков измерения высоты светила, утраченных в межпоходовый период.

Существенным препятствием в осуществлении данной методики является необходимость ясного неба. Если наблюдения по метеоусловиям невозможны, после выверок приборов и отработки документации, отработка астрономиче-

ского расчета на третьем этапе проводится по отсчетам высоты светила, рассчитанным с использованием известных формул на ЭВМ.

$$OC = h_C + \Delta h_d + \Delta h_p + (i + S) + n;$$

$$h_C = \arcsin(\sin \varphi_C \sin \delta + \cos \varphi_C \cos \delta \cos t_M);$$

$$\Delta h_d = 1,7603 \frac{\sqrt{e}}{1};$$

$$\Delta h_p = \frac{B}{273 + t^0 C} \frac{\cosh_C}{\sinh_C} \left(0,359995 - 0,000399 \frac{\cosh_C^2}{\sinh_C^2} \right);$$

где Ac — счислимая высота светила на заданные момент и координаты $\varphi \lambda_c$;

Δh_d — поправка высоты за наклонение горизонта для заданной высоты глаза наблюдателя e ; Δh_p — поправка высоты за астрономическую рефракцию при заданных температуре $t^0 C$ и давлении B ; n — заданная невязка или невязка начальных счислимых координат от эталонных.

Ниже приведен набор программ для ПМК «Электроника МК-52», позволяющий:

- моделировать отсчеты секстана при наблюдении Солнца и звезд;
- строить мишень результатов определения места астрономическими расчетами;
- контролировать теоретическую подготовленность астрономических расчетов при наличии банка карточек с вопросами.

Использование в учебном процессе ВСОК ВМФ данной методики позволяет сделать вывод, что методика подготовки астрономического расчета корабля в береговых условиях:

- 1) повышает уровень развития навыков астронавигационных наблюдений до выхода в море;
- 2) повышает качество усвоения теоретического материала на основе фактических наблюдений;
- 3) моделирует (различные ситуации, способствующие выработке навыков действия в аварийных ситуациях, в условиях отсутствия видимого горизонта);
- 4) показывает степень готовности астрономического расчета до выхода в море и дает возможность рекомендовать способы повышения уровня практических навыков до требования нормативных документов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТСЧЕТА СЕКСТАНА ПО СОЛНЦУ С ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ В ТЕЧЕНИЕ СУТОК

Исходные формулы.

1. $\Delta \varphi = S \cos PUV$.

$$2. \Delta\lambda = \frac{S \sin \Pi Y}{\cos \varphi}$$

$$3. t_M = t_{00} + \frac{t_{24} - t_{00} + 360}{24} T_{\Gamma P} \pm \lambda_C$$

$$4. \delta = \delta_{00} + \frac{\delta_{24} - \delta_{00}}{24} T_{\Gamma P}$$

$$5. h_C = \arcsin(\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t_M)$$

$$6. \Delta h_p = 0,97 ctgh$$

$$7. \Delta h_d = 1,7603\sqrt{e}$$

$$8. \Delta h\rho = p_0 \cosh$$

$$9. OC = h_C - \Delta h_p - \Delta h\rho - \Delta h_d - (i + S).$$

Правила знаков аргументов, команды переходов.

1. Ввести программу.

2. Ввести исходные данные в регистры памяти:

- если производится первый расчет, то $T_{\Gamma P1} = T_{\Gamma P2}$.

• при последующих вычислениях ввести Trp1 в П9; Гр2 в П6;

ПУ в П7; *V B Pe*; 24 *B* П8; 360 *PV*; 60 *Pc*.

3. Запуск производится в/о, с/п.

4. После останова *he* находится в регистре *Pd*.

5. Ввести исходные данные.

6. Запуск производится клавишей «С/П». После останова ОС находится в регистре *PС*.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобков В. Ф., Крачкевич Л.Н. Мореходная астрономия. М.: Воениздат 1975.
- Бомбар А. За бортом по своей воле. М.: Мысль, 1964.
- Груздев Н. М. Математическая обработка и анализ навигационной информации. М.: Воениздат, 1979.
- Груздев Н. М. Оценка точности морского судовождения. М.: Транспорт, 1984.
- Дьяконов В.Ф. Определение места по Солнцу. Л.: Мор. транс., 1961.
- Емец К. А. Задачник по мореходной астрономии. М.: Воениздат, "1976.
- Ермаков В. И. Промысловое судовождение: расчеты. М.: ВО Агропромиздат, 1989.
- Залевский В. В. Рационализация штурманских расчетов. М.: Транспорт, 1968.
- Каманин В. И., Лаврентьев А. В., Скубко Р. А. Штурман флота. Справочник по кораблевождению. М.: Воениздат, 1986. Конвенция по подготовке дипломированных моряков. 1978.
- Кондрашихин В. Т. Определение места судна. М.: Транспорт, 1989.
- Красавцев Б. И. Мореходная астрономия. М.: Транспорт, 1978.
- Кудрявцев В. Г. Руководство по решению задач мореходной астрономии. Киев: КВВМПУ, 1989.
- Курс кораблевождения. Т. 2.
- Скородумов П. П. Мореходная астрономия. Л.: УГС ВМФ, 1963.
- Матусевич Н. Н. Мореходная астрономия. Петроград: Госиздат, 1922.
- Матусевич Н. Н. Основы мореходной астрономии. Л.: УГС ВМФ, 1956. Исследование точности таблиц высоты и азимута светил (ВАС-58): Отчет о НИР. Л.: ВСОК ВМФ, 1961. И nv. № 8363. 38 с.
- Правила организации штурманской службы на кораблях Военно-морского Флота (ПОШС К ВМФ). М.: Воениздат, 1983.
- Практическое кораблевождение / Под ред. А. П. Михайловского. Изд. ГУНиО МО СССР, 1988. Адм. № 9035.1.
- Рекомендации по астрономическому ориентированию при плавании с поврежденными техническими средствами навигации и на спасательных средствах. Изд. ГУНиО МО СССР, 1984. Адм. № 9049.
- Скубко. Р. А. Морская астронавигация. Астронавигация в военном кораблевождении. М.: Воениздат, 1976.
- Скубко Р. А. Морская астронавигация. Основы астрономического ориентирования на море. М.: Воениздат, 1979.
- Каманин В. И. и др. Справочник штурмана /Под общ. ред. В. Д. Шандобылова. М.: Воениздат, 1968.
- Титов Р. Ю., Файн Г. И. Мореходная астрономия, М.: Транспорт, 1974.
- Фатьянов А. И. Практическое руководство по выверке и определению поправок штурманских приборов на судах. М.: Транспорт, 1976.

Хлюстин Б. П. Пособие к практической части мореходной астрономии. М.: Мор. транс., 1946.

Цибиногин А. Т. Кораблевождение при плавании в особых и сложных условиях. Л.: ВВМУ им. М. Фрунзе, 1962.

Шапиро С. И., Бойко А. Б. Программируемые микрокалькуляторы в обучении. М.: Радио и связь, 1989.

Яцук Б. И. Задачник по мореходной астрономии. Л.: ВСОК ВМФ, 1972.