



**ПРАВОЧНИК
ШТУРМАНА**

В. И. КАМАНИН, К. А. ЕМЕЦ, Г. В. СЕЛИТРЕННИКОВ,
М. И. СКВОРЦОВ, Е. П. ГЛЕБОВ, А. В. ЛАВРЕНТЬЕВ,
Д. Э. ЭРДМАН, Р. А. СКУБКО

СПРАВОЧНИК ШТУРМАНА

*Под общей редакцией
контр-адмирала В. Д. ШАНДАБЫЛОВА*

Ордена Трудового Красного Знамени
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА — 1968

Раздел I, гл. 1—10, 12—19 написаны доцентом, кандидатом военно-морских наук В. И. Каманиным (руководитель авторского коллектива); § 8.5, 8.6, 19.2 — Д. Э. Эрдманом; гл. 11 — доцентом, кандидатом военно-морских наук К. А. Емецем; § 3.3, 19.3—19.5 и раздел 11 — доцентом, кандидатом военно-морских наук М. И. Скворцовым; § 21.1—21.4 — доцентом, доктором военно-морских наук В. А. Абчуком и кандидатом военно-морских наук О. А. Мрыкиным; раздел III — доцентами, кандидатами военно-морских наук Р. А. Скубко и К. А. Емецем; разделы IV и VI — доцентом, кандидатом физико-математических наук Г. В. Селитренниковым; раздел V — доцентом, кандидатом технических наук Е. П. Глебовым и доцентом, кандидатом военно-морских наук А. В. Лаврентьевым; гл. 37 — И. С. Болховитиным.

Авторский коллектив приносит глубокую благодарность В. Д. Шандабылову, А. Н. Мотрохову, а также другим лицам, давшим ценные рекомендации при подготовке издания к печати.

Справочник штурмана в таком виде издается впервые, поэтому авторы будут признательны читателям за все критические замечания и пожелания, которые просят направлять по адресу: Москва, К-160, Воениздат.

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

§ 1.1. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Система географических координат. Географическая широта φ — угол между нормалью к поверхности земного эллипсоида в заданной точке и плоскостью экватора (рис. 1.1);

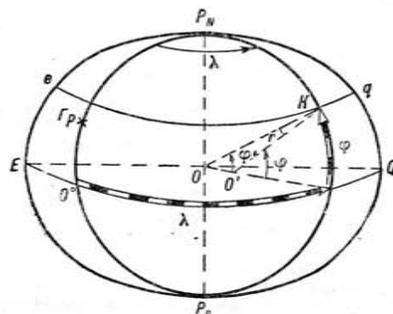


Рис. 1.1

измеряется дугой меридиана от экватора до параллели данной точки к северу и югу от 0 до 90°. Северные (N) широты считают положительными, южные (S) — отрицательными.

Географическая долгота λ — двугранный угол между плоскостями начального меридиана и меридиана, проходящего через заданную точку; измеряется сферическим углом при полюсе между указанными меридианами или численно равной ему дуге экватора между этими же меридианами. Счет долгот ведут к востоку или западу от начального меридиана от 0 до 180°. Восточные долготы (O^{st}) считают положительными, западные (W) — отрицательными.

Разность широт $PШ$ ($\Delta\varphi$) двух точек на земной поверхности — меньшая из дуг меридиана, заключенная между параллелями этих точек:

$$PШ = \varphi_2 - \varphi_1. \quad (1.1)$$

$PШ$ больше 180° быть не может. Положительная $PШ$ будет к N , отрицательная $PШ$ — к S .

Разность долгот $РД$ ($\Delta\lambda$) двух точек на земной поверхности — меньшая из дуг экватора, заключенная между меридианами данных точек:

$$РД = \lambda_2 - \lambda_1. \quad (1.2)$$

$РД$ больше 180° быть не может. Если $РД$ получится больше 180° , ее нужно вычесть из 360° и изменить знак и наименование на обратные. Положительная $РД$ будет к O^{st} , отрицательная $РД$ — к W .

Система астрономических координат. Астрономическая широта φ — угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке.

Астрономическая долгота λ — двугранный угол, образованный плоскостями начального меридиана и астрономического меридиана.

Из-за малой разницы в кораблевождении астрономические координаты отождествляют с географическими.

Система геодезических координат. Геодезическая широта B и геодезическая долгота L геометрически трактуются одинаково с географическими координатами и определяются по геодезическим измерениям.

Система геоцентрических координат. Геоцентрическая широта φ' — угол между плоскостью экватора и прямой, соединяющей центр земного эллипсоида с заданной точкой (рис. 1.1.).

Редукция r — разность между географической и геоцентрической широтами в угловых секундах

$$r'' = \frac{\alpha \sin 2\varphi}{\operatorname{arc} 1''}, \quad (1.3)$$

где α — полярное сжатие земного эллипсоида;

φ — географическая широта.

Геоцентрическая долгота λ совпадает с географической.

Система координат с приведенной широтой. Приведенная широта u — угол, составленный радиусом OK' с плоскостью экватора (рис. 1.2).

Зависимость между географической φ и приведенной u широтами

$$\operatorname{tg} u = (1 - \alpha) \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.4)$$

где α — полярное сжатие земного эллипсоида.

Разность между географической и приведенной широтами в секундах дуги

$$(\varphi - u)'' = \frac{1}{4} \rho'' e^2 \sin 2\varphi, \quad (1.5)$$

где ρ'' — число секунд в радиане;

e — эксцентриситет земного эллипсоида.

Таблица 1.1
Поправки $\Delta\varphi$ для перехода от географической к приведенной широте

φ''	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45
$\Delta\varphi'$	0,0	-1,0	-2,0	-2,9	-3,7	-4,4	-5,0	-5,4	-5,7	-5,8

Второй координатой является географическая λ или геодезическая L долгота.

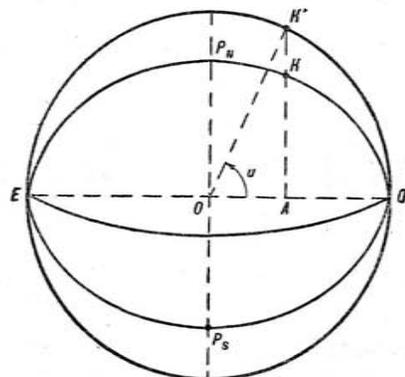


Рис. 1.2

Система полярных координат. Азимут A — направление от начала координат на заданную точку. Отсчитывается от истинного меридиана точки, принятой за начало координат.

Сферический радиус z выражается в линейной или угловой мере.

§ 1.2. МОРСКИЕ МЕРЫ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ

Морская миля — средняя длина дуги одной минуты земного меридиана. Длина дуги одной минуты земного меридиана в m

$$\Delta 1' = 1852,23 - 9,34 \cos 2\varphi, \quad (1.6)$$

где φ — широта места, град.

Таблица 1.2

Длина дуги одной минуты земного меридиана для различных широт

φ°	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\Delta l', \text{ м}$	1842,9	1843,3	1845,0	1847,4	1850,5	1853,8	1856,8	1859,3	1860,9	1861,6

Стандартная морская миля принята равной 1852 м (Циркуляр ГУ ВМС № 317 от 8 июня 1931 г.).

Таблица 1.3

Длина морской мили, принятая в некоторых государствах

Государство	Длина морской мили, м	Государство	Длина морской мили, м
Англия	1853,18	Италия	1851,85
Германия	1852,00	США	1852,00
Нидерланды	1851,85	Швеция	1852,00
Дания	1851,85	Франция	1852,00
Испания	1852,00	Япония	1853,18
Португалия	1850,00		

Кабельтов (морской) — одна десятая часть морской мили; равен 185 м. Артиллерийский кабельтов равен приблизительно 183 м.

Переход от расстояний, выраженных в артиллерийских кабельтовых, к морским и обратно:

$$D \text{ а. каб} = 1,013 D \text{ м. каб}; \quad (1.7)$$

$$D \text{ м. каб} = 0,988 D \text{ а. каб}. \quad (1.8)$$

Узел — одна морская миля в час; он равен 0,514 м/сек, или 0,167 каб/мин. Перевод скорости в уз в скорость, выраженную в каб/мин:

$$V \text{ каб/мин} = \frac{1}{6} V \text{ уз}. \quad (1.9)$$

Единицы длины, принятые во флотах других стран:

1 фут = 0,3048 м.

1 ярд = 0,9144 м.

1 мор. саж. = 1,8288 м.

1 м = 3,28084 фут = 0,5468 мор. саж.

Для быстрого перехода от одних мер длины к другим следует пользоваться табл. 44-а, 44-б, 45-а, 45-б, 46-а, 46-б, 47-а, 47-б Мореходных таблиц (МТ-63).

§ 1.3. РАСЧЕТ ПРОЙДЕННОГО КОРАБЛЕМ РАССТОЯНИЯ

По показаниям лага:

$$S_A = k_A (o_{A2} - o_{A1}) = k_A \cdot \text{рол}; \quad (1.10)$$

$$S_A = \text{рол} \left(1 + \frac{\Delta l}{100} \right), \quad (1.11)$$

где S_A — пройденное кораблем расстояние по показаниям лага, мили;

k_A — коэффициент лага;

рол — разность отсчетов лага на данном курсе, мили;

Δl — поправка лага, %.

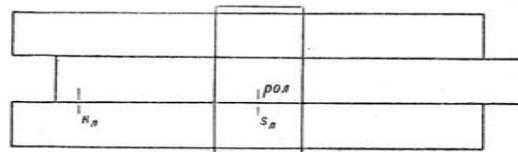


Рис. 1.3

При расчете S_A по формуле (1.11) учитывается знак поправки лага. Зависимость между поправкой и коэффициентом лага:

$$\Delta l = (k_A - 1) 100; \quad (1.12)$$

$$k_A = 1 + \frac{\Delta l}{100}. \quad (1.13)$$

Вычисление рол по S_A , Δl и k_A :

$$\text{рол} = \frac{S_A}{1 + \frac{\Delta l}{100}}; \quad (1.14)$$

$$\text{рол} = \frac{S_A}{k_A}. \quad (1.15)$$

Расчеты выполняются на логарифмической линейке или по табл. 28-а, б МТ-63.

Расчет S_A по рол на логарифмической линейке (рис. 1.3):

— установить концевой штрих движка против отсчета k_A на основании линейки;

— установить нить визира на отсчет, равный рол ;

— против отметки рол на шкале движка прочесть величину S_A на основании линейки.

Расчет rho_A по S_A :

- установить концевой штрих движка против отсчета k_A на основании линейки;
- установить нить визира на отсчет S_A на основании линейки;
- против отметки S_B на основании линейки прочесть величину rho_A на шкале движка.

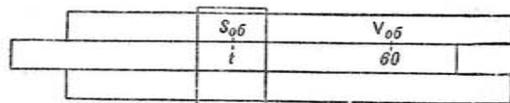


Рис. 1.4

По скорости корабля и продолжительности плавания

$$S_{06} = \frac{V_{06}}{60} t, \quad (1.16)$$

- где S_{06} — расстояние, рассчитанное по скорости корабля, мили;
 V_{06} — скорость корабля, определяемая по оборотам винтов, уз;
 t — продолжительность плавания, мин.

Вычисление t по S_{06} и V_{06} :

$$t = \frac{S_{06}}{V_{06}} \cdot 60. \quad (1.17)$$

Расчеты выполняются на логарифмической линейке или по табл. 27-а, 27-б МТ-63.

Расчет S_{06} по V_{06} и t на логарифмической линейке (рис. 1.4):

- установить отсчет 60 движка против отсчета скорости хода на основании линейки;
- установить нить визира на отсчет, равный t ;
- против отметки t на шкале движка прочесть величину S_{06} на основании линейки.

Расчет t по S_{06} и V_{06} :

- установить отсчет 60 движка против отсчета скорости хода на основании линейки;
- установить нить визира на отсчет, равный S_{06} ;
- против отметки S_{06} на основании линейки прочесть величину t на шкале движка.

Расчет V_{06} по t и S_{06} :

- совместить величину t на шкале движка с отметкой S_{06} на основании линейки;
- установить нить визира на отсчет 60 движка;

— против отметки 60 на шкале движка прочесть величину V_{06} на основании линейки.

Пройденное кораблем расстояние следует рассчитывать по показаниям лага. При неисправном лаге или невозможности его использовать, а также для грубого контроля работы лагов расчет пройденного расстояния выполняется по скорости корабля и продолжительности плавания.

§ 1.4. ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОГО ГОРИЗОНТА И ДАЛЬНОСТЬ ВИДИМОСТИ ПРЕДМЕТОВ

Дальность видимого горизонта наблюдателя

$$D_e = 2,08 \sqrt{e}, \quad (1.18)$$

- где D_e — дальность видимого горизонта, мили;
 e — высота глаза наблюдателя над уровнем моря, м;
 2,08 — коэффициент, рассчитанный из условия, что коэффициент земной рефракции равен 0,16 и радиус земного шара $R = 6371,1$ км.

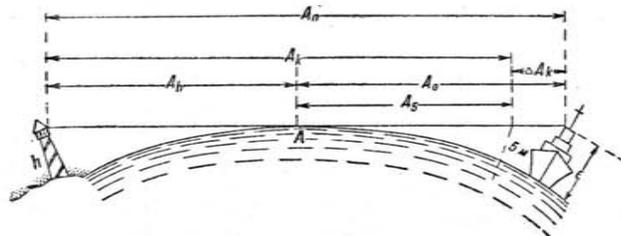


Рис. 1.5

Дальность радиолокационного горизонта

$$D_p = 2,24 \sqrt{h^r}, \quad (1.19)$$

- где D_p — дальность радиолокационного горизонта, мили;
 h^r — высота антенны РЛС над уровнем моря, м.
 Дальность видимости предметов складывается из дальностей видимого горизонта с высоты этого предмета D_h и с высоты глаза наблюдателя D_e (рис. 1.5):

$$D_v = D_h + D_e = 2,08 (\sqrt{h} + \sqrt{e}), \quad (1.20)$$

- где D_v — дальность видимости предметов, мили;
 h — высота наблюдаемого предмета, м;
 e — высота глаза наблюдателя, м.

По формулам (1.18), (1.19), (1.20) составлены табл. 22-а, 22-б, 22-в МТ-63.

Геометрическая дальность радиолокационной наблюдаемости предметов в 1,069 раза больше дальности визуальной видимости:

$$D_p = 2,2 (\sqrt{h'} + \sqrt{e}). \quad (1.21)$$

При малых размерах предмета, плохих отражающих свойствах его поверхности дальность радиолокационной наблюдаемо-

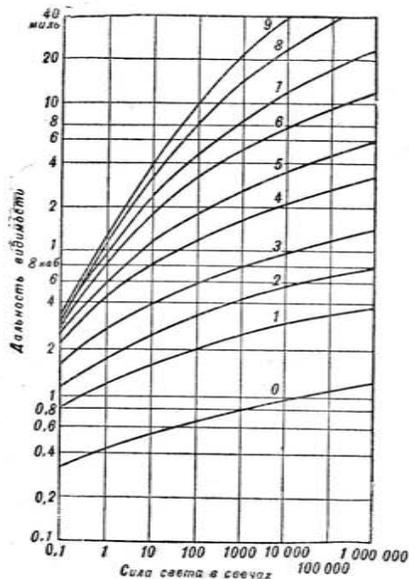


Рис. 1.6

сти может быть значительно ниже. Она должна уточняться в соответствии с прогнозом радиолокационной наблюдаемости.

Для получения геометрической дальности радиолокационной наблюдаемости предметов можно использовать табл. 22-в МТ-63, высоту антенны принять за e и выбранную величину дальности видимости предмета умножить на коэффициент 1,069.

Приведение дальности видимости предмета, показанной на карте, к высоте глаза, отличающейся от 5 м:

$$D_{\text{п}} = D_{\text{к}} + \Delta D_{\text{к}}; \quad (1.22)$$

$$\Delta D_{\text{к}} = D_e - 4,7. \quad (1.23)$$

Знак поправки $\Delta D_{\text{к}}$ положителен при $e > 5$ м и отрицателен при $e < 5$ м.

Для определения оптической дальности видимости огней пользуются графиком (рис. 1.6), рассчитанным на среднюю прозрачность атмосферы.

Нельзя слепо полагаться на вычисленную геометрическую дальность открытия ориентира или огня, так как в туманную и пасмурную погоду действительная дальность может оказаться значительно меньше географической и, следовательно, ориентир или огонь откроется позже вычисленного момента.

§ 1.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ В МОРЕ

Системы счета направлений. Круговая система. Счет направлений ведется от северной части истинного меридиана наблюдателя от 0 до 360° по часовой стрелке (45, 157,5, 190, 340,5°).

Полукруговая система. Счет направлений ведется от 0 до 180° от северной или южной части меридиана наблюдателя (от точки N или S) в сторону O^{st} и W ($N45^\circ O^{st}$, $S22,5^\circ O^{st}$, $N130^\circ W$, $S160,5^\circ W$).

Четвертная система. Счет направлений ведется от 0 до 90° от N или S к O^{st} и W ($NO45^\circ$, $SO22,5^\circ$, $SW10^\circ$, $NW19,5^\circ$).

Переход от полукруговой и четвертной систем счета к счету по круговой системе:

— при направлении от N к O^{st} отбросить буквы наименования;

— при направлении от S к O^{st} взять дополнение к величине угла до 180°;

— при направлении от S к W к величине угла прибавить 180°;

— при направлении от N к W вычесть угол из 360°.

Переход от круговой системы счета к четвертной:

— при угле от 0 до 90° величину угла не изменять, а перед ним присписать наименование четверти NO ;

— при угле от 90 до 180° величину угла вычесть из 180° и перед результатом присписать наименование четверти SO ;

— при угле от 180 до 270° из величины угла вычесть 180° и перед результатом присписать наименование четверти SW ;

— при угле от 270 до 360° заданный угол вычесть из 360° и перед результатом присписать наименование четверти NW ;

Румбовая система. Весь горизонт разбит на 32 румба. 1 румб = $11\frac{1}{4}^\circ$. Для перехода от румбов к градусам и обратно служит табл. 41 МТ-63.

Истинные направления. (рис. 1.7). Истинный курс IK — угол, заключенный между нордовой частью истинного меридиана и диаметральной плоскостью кобала.

Истинный пеленг $ИП$ — угол, заключенный между нордовой частью истинного меридиана и направлением на объект. Обратный истинный пеленг $ОИП$ — направление, отличающееся от $ИП$ на 180°.

Курсовой угол $KУ$ (q) — угол между носовой частью диаметральной плоскости корабля и направлением на объект. Счет курсовых углов ведется вправо ($KУ$ л. б.) и влево ($KУ$ л. б.) от 0 до 180° или по часовой стрелке от 0 до 360°. При счете $KУ$

от 0 до 180° КУ п. б. приписывается знак плюс, КУ л. б. — минус. В круговом счете измеряются курсовые углы с помощью перископа на подводной лодке, обозначаемые AO .

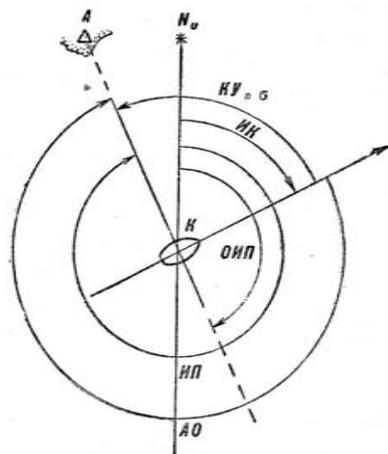


Рис. 1.7

Зависимость между истинным курсом, истинным пеленгом и курсовым углом:

$$ИП = ИК + КУ; \quad (1.24)$$

$$ИК = ИП - КУ; \quad (1.25)$$

$$КУ = ИП - ИК. \quad (1.26)$$

Траверз — направление, перпендикулярное диаметральной плоскости корабля ($КУ = \pm 90^\circ$).

Компасные направления гироскопического компаса и гироазимута. Компасный курс $КК_{ГК}$ (рис. 1.8) — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между нордовой частью компасного меридиана и носовой частью диаметральной плоскости корабля.

Компасный пеленг $КП_{ГК}$ — угол в плоскости истинного горизонта между нордовой частью компасного меридиана и направлением на объект.

Поправка гирокомпаса ΔGK — угол между истинным и гироскопическим меридианами. Остовой ΔGK приписывается знак плюс, востовой — минус.

Зависимость между компасными направлениями по гирокомпасу и истинными:

$$ИК = КК_{ГК} + \Delta GK; \quad (1.27)$$

$$ИП = КП_{ГК} + \Delta GK; \quad (1.28)$$

$$КК_{ГК} = ИК - \Delta GK; \quad (1.29)$$

$$КП_{ГК} = ИП - \Delta GK. \quad (1.30)$$

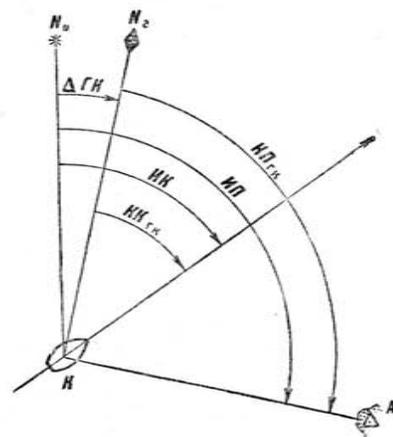


Рис. 1.8

Поправка гироазимута ΔGA меняется со временем вследствие ухода гироазимута:

$$\Delta GA = \Delta GK + \dot{\alpha}t, \quad (1.31)$$

где ΔGK — поправка гирокомпаса, с которым был согласован гироазимут;

$\dot{\alpha}$ — скорость ухода гироазимута;

t — промежуток времени после согласования.

Скорость ухода гироазимута вычисляются, выполнив два определения его поправки через промежуток времени t :

$$\dot{\alpha} = \frac{\Delta GA_2 - \Delta GA_1}{t}. \quad (1.32)$$

Компасные направления магнитного компаса (рис. 1.9). Магнитное склонение d — угол, заключенный между плоскостями истинного и магнитного меридианов. Оно изменяется от 0 до 180°. Остовому d приписывается знак плюс, востовому — минус. Величина склонения снимается с морских карт или с карт изогон и приводится к году плавания.

Магнитный курс MK — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между нордовой частью магнитного меридиана и носовой частью диаметральной плоскости корабля.

Магнитный пеленг MP — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между нордовой частью магнитного меридиана и направлением на объект. Обратный магнитный пеленг OMP — направление, отличающееся от MP на 180° .

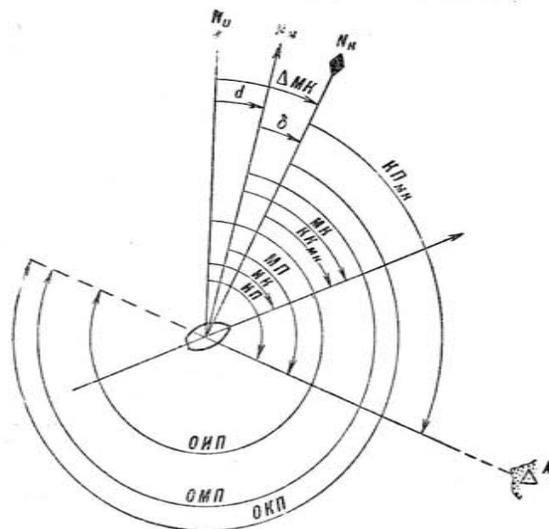


Рис. 1.9

Зависимость между магнитными и истинными направлениями:

$$ИК = МК + d; \quad (1.33)$$

$$ИП = МП + d; \quad (1.34)$$

$$МК = ИК - d; \quad (1.35)$$

$$МП = ИП - d. \quad (1.36)$$

Девияция магнитного компаса δ — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между магнитным и компасным меридианами. Она изменяется от 0 до 180° . Остовой δ приписывается знак плюс, вестовой — минус.

Компасный курс KK_{MK} — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между нордовой частью компасного меридиана и носовой частью диаметральной плоскости корабля.

Компасный пеленг $KП_{MK}$ — угол в плоскости истинного горизонта наблюдателя между нордовой частью компасного меридиана и направлением на объект. Обратный компасный пеленг $OKП$ — направление, отличающееся от $KП$ на 180° .

Зависимость между компасными и магнитными направлениями:

$$МК = KK_{MK} + \delta; \quad (1.37)$$

$$МП = KП_{MK} + \delta; \quad (1.38)$$

$$KK_{MK} = МК - \delta; \quad (1.39)$$

$$KП_{MK} = МП - \delta. \quad (1.40)$$

Поправка магнитного компаса ΔMK — угол между истинным и компасным меридианами. Она является алгебраической суммой склонения и девиации:

$$\Delta MK = d + \delta. \quad (1.41)$$

Остовой ΔMK приписывается знак плюс, вестовой — знак минус. Зависимость между компасными и истинными направлениями:

$$ИК = KK_{MK} + \Delta MK; \quad (1.42)$$

$$ИП = KП_{MK} + \Delta MK; \quad (1.43)$$

$$KK_{MK} = ИК - \Delta MK; \quad (1.44)$$

$$KП_{MK} = ИП - \Delta MK. \quad (1.45)$$

Формулы для расчета d и δ :

$$d = ИК - МК = ИП - МП; \quad (1.46)$$

$$\delta = МК - KK_{MK} = МП - KП_{MK}. \quad (1.47)$$

Исправление направлений (переход от компасных к истинным):

- выбрать d с карты и привести его к году плавания;
- выбрать из Таблицы девиации δ на данный KK_{MK} ;
- рассчитать ΔMK по формуле (1.41), придать ее со своим знаком к KK_{MK} и получить $ИК$.

Переход от $KП_{MK}$ к $ИП$ производить так же; девиацию компаса выбирать на KK_{MK} , на котором корабль лежал в момент измерения пеленга.

Перевод направлений (переход от истинных к компасным):

- выбрать с карты склонение d , привести его к году плавания, по формуле (1.35) перевести $ИК$ в $МК$;
- выбрать из Таблицы девиации δ на найденный $МК$;
- рассчитать ΔMK по формуле (1.41);
- придать к заданному $ИК$ найденную ΔMK с обратным знаком и получить KK_{MK} или выбранную δ придать с обратным знаком к рассчитанному $МК$ и получить $KП_{MK}$.

Переход от ИР к КРМК производить аналогично, учитывая сказанное о выборе девиации.

Соотношения между курсами по гироскопическому и магнитному компасам. Переход от отсчета курса по гирокомпасу к отсчету курса по магнитному компасу:

$$КРМК = КРГК + (\Delta ГК - \Delta МК); \quad (1.48)$$

$$КРГК = КРМК - (\Delta ГК - \Delta МК). \quad (1.49)$$

Расчет курса по гирокомпасу, соответствующего заданному магнитному курсу:

$$КРГК = МК + d - \Delta ГК. \quad (1.50)$$

Глава 2

НАВИГАЦИОННЫЕ ОПАСНОСТИ И ИХ ОГРАЖДЕНИЕ

§ 2.1. ТЕРМИНОЛОГИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ОПАСНОСТЕЙ

Навигационная опасность — подводный, надводный и осыхающий естественный или искусственный объект (скала, риф, банка, затонувшее судно и пр.), представляющий опасность для мореплавателя.

Мель — более или менее обширное по площади возвышение дна на материковой отмели из твердых пород, глубины над которыми малы сравнительно с окружающими.

Отмель — мель, простирающаяся от берега, глубины над которой постепенно увеличиваются от берега в море.

Банка — резкое поднятие морского дна.

Подводная коса — узкая длинная отмель, являющаяся продолжением полуострова, мыса или надводной косы.

Бар — мель или ряд мелей, отгораживающих устье реки от моря.

Скала — резкое возвышение дна, сложенное из твердых пород (гранита, известняка и др.).

Камни — обломки твердых пород или небольшие гладкие скалы, расположенные вблизи берега.

Риф — опасное для плавания подводное или осыхающее возвышение морского дна со скалистым грунтом или скопление подводных и осыхающих камней.

Коралловый риф — подводное, осыхающее или надводное известняковое образование из коралловых полипняков и других организмов, покрывающее или окаймляющее в некоторых районах Мирового океана твердые (скальные) участки морского дна на глубинах не более 70 м.

Мелководье — часть моря с малыми или относительно малыми глубинами независимо от того, обеспечивают или не обеспечивают эти глубины плавание надводных кораблей.

Подводная гора — отдельное подводное возвышение морского дна с крутыми склонами.

Коса — низкое и сравнительно узкое наносное образование, идущее непосредственно от береговой черты в море или направленное в глубь залива (бухты).

Береговой бар — узкая, не связанная с берегом наносная полоса суши, образованная из перемещенных в сторону берега со дна моря наносов, вытянутая вдоль берега и огораживающая лагуну от моря.

Стрелка — низкое и узкое наносное образование (коса), выступающее от берега в сторону моря.

Свая — деревянный, металлический или железобетонный стержень, погружаемый на определенную глубину в грунт и входящий в состав несущих конструкций гидротехнических сооружений.

Ряж — подводная часть старых гидротехнических сооружений, представляющая собой затопленный сруб из бревен, загруженный камнем.

Боны и сети (боновые и сетевые заграждения) — плавучие заграждения из бревен, поплавков, проволочных сетей и грузов, установленные в портах и представляющие собой препятствие для прохода подводных лодок, надводных кораблей и доступа торпед.

§ 2.2. СРЕДСТВА НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОРЕЙ И НАВИГАЦИОННЫЕ ОРИЕНТИРЫ

Средства навигационного оборудования (СНО) — специальные сооружения, конструкции и устройства, предназначенные для обеспечения кораблевождения (определения места корабля в море), а также для ограждения фарватеров, навигационных опасностей и других объектов навигационно-гидрографической обстановки.

Навигационные ориентиры — естественные или искусственные, хорошо выделяющиеся на общем ландшафте объекты (мыс, гора, здание, труба) с точно определенными координатами, которые могут быть использованы для определения места корабля визуально или с помощью РЛС.

Береговые СНО — сооружения, устанавливаемые неподвижно в пунктах с точно определенными координатами.

Маяк — капитальное сооружение преимущественно башенного типа, отличительной формы и окраски, оборудованное светотехническим устройством с фонарным сооружением, обеспечивающим дальность видимости огня ночью 15 миль и больше.

Светящий навигационный знак — сооружение более легкой конструкции, чем маяк, оборудованное светотехническим устройством, обычно действующим автоматически и обеспечивающим дальность видимости огня ночью до 15 миль.

Несветящий навигационный знак — сооружение без светотехнического устройства.

Огонь — светотехническое устройство, действующее автоматически и обеспечивающее дальность видимости огня ночью до 15 миль.

Вежа постоянная — закрепленный в грунте деревянный или металлический шест с топовой фигурой, иногда со светотехническим устройством. Применяется для ограждения навигационных опасностей и обозначения фарватеров.

Плавучие СНО, устанавливаемые на плаву (на якорю) в пунктах с точно определенными координатами,

Плавающий маяк — судно резко отличительной окраски с характерными надстройками, установленное на якорях в определенном штатном месте с точно определенными координатами. Оборудуется светотехническими, радиотехническими, звукоинформационными и другими устройствами.

Плавающие предостерегательные знаки — легкие плавающие конструкции, устанавливаемые на якорях. Могут оборудоваться световыми и радиолокационными отражателями, светотехническими, звукоинформационными установками и топовыми фигурами.

Таблица 2.1

Дальность видимости вех различных типов

Тип вехи	Высота топовой фигуры над уровнем моря, м	Дневная дальность видимости, мили
Морская	8—10	1,5—2
Рейдовая	6,5—7	1—1,5
Бухтовая	4	0,5—1
Зимняя (рейсвеха)	1—2	1—1,5

Таблица 2.2

Дальность видимости буев различных типов

Тип буя	Высота огня над уровнем моря, м	Оптическая дальность видимости огня, мили
Большой морской	4,28	8,5
Средний морской	3,26	7
Малый морской	2,37	3,5
Большой лиманский	3,25	7
Малый лиманский	1,6	3,5
Канальный конический	2	3,5

Системы ограждения опасностей плавающими предостерегательными знаками:

— кардинальная — относительно стран света;
— латеральная — относительно правой и левой стороны фарватера (ориентация этой системы отнесена к кораблю, идущему с моря).

Таблица 2.3

Характер огней средств навигационного оборудования

Название огня, не изменяющего свой цвет	Характер огня	Название огня, изменяющего свой цвет
П. Постоянный	Непрерывающийся ровный свет	Пер. П. Переменный постоянный
Пр. Проблесковый	Одинарные проблески через равные промежутки времени, причем продолжительность темноты больше продолжительности света, а период огня больше 1 сек	Пер. Пр. Переменный проблесковый
Ч. Пр. Часто-проблесковый	Частые одинарные проблески (60 и более в 1 мин)	—
Прер. Ч. Пр. Прерывистый часто-проблесковый	Частые одинарные проблески (60 и более в 1 мин), прерывающиеся через равные промежутки времени темнотой	—
Гр. Пр. Группо-проблесковый	Группа из двух или более проблесков через равные промежутки времени	Пер. Гр. Пр. Переменный группо-проблесковый
Зтм. Затмевающийся	Ровный свет, прерывающийся через равные промежутки времени одинарными затмениями, причем продолжительность затмения меньше или равна продолжительности света, а период огня больше 1 сек	Пер. Зтм. Переменный затмевающийся
Гр. Зтм. Группо-затмевающийся	Ровный свет, прерывающийся через равные промежутки времени группой из двух или более затмений	Пер. Гр. Зтм. Переменный группо-затмевающийся

Продолжение

Название огня, не изменяющего свой цвет	Характер огня	Название огня, изменяющего свой цвет
П. Пр. Постоянный с проблесками	Постоянный огонь, усиливающийся через равные промежутки времени одним проблеском. Пролески имеют значительно большую яркость, чем постоянный огонь	Пер. П. Пр. Переменный постоянный с проблесками
П. Гр. Пр. Постоянный с группой проблесков	Постоянный огонь, усиливающийся через равные промежутки времени группой из двух или более проблесков. Пролески имеют значительно большую яркость, чем постоянный огонь	Пер. П. Гр. Пр. Переменный постоянный с группой проблесков
Смш. Смешанный	Сложный характер, не соответствующий описанным выше характерам	Смш. Смешанный

Дополнением к этим системам служат осевая система, применяемая при обозначении безопасных фарватеров, а также знаки ограждения затонувших судов, районов прокладки подводных кабелей, якорных и карантинных якорных мест. Сведения о системах ограждения приведены в Описании систем навигационного оборудования в водах СССР плаваниям предостерегательными знаками, изд. УНГС ВМФ, 1958, в книгах «Огни и знаки» и лоциях, издаваемых ГУ МО СССР.

Все виды плавучих предостерегательных знаков предназначены только для ориентирования относительно ограждаемого объекта и не могут использоваться для определения своего места.

§ 2.3. СИГНАЛЬНЫЕ СТАНЦИИ И СИГНАЛЫ

Станции, обслуживающие мореплавателей. Сведения о сигнальных станциях и сигналах приведены в книгах «Огни и знаки», «Радиотехнические средства навигационного оборудования морей», в Личных и Извещениях мореплавателям № 1 каждого года.

Сигнальные станции (сигнальные посты, сигнальные мачты) служат для передачи мореплавателям сведений

об ожидаемой погоде, состоянии льда, приливо-отливных явлениях.

Радиостанции служат для передачи на корабль предостережений об изменениях в условиях плавания, гидрометеорологических сводок, прогнозов погоды, ледовых прогнозов, штормовых предупреждений.

Радиолокационные станции служат для лоцманской проводки кораблей в узкостях.

Телефонные станции служат для передачи по проводу сообщений, принятых с кораблей с помощью семафора или радиотелефона.

Семафор служит для передачи на корабль по Международному своду сигналов информации о временно запрещенных для плавания районах, о курсах, ведущих к опасности, обнаруженных минах.

Лоцманские станции (лоцвакты) служат для базирования лоцманов в районах, где требуется лоцманская проводка. Лоцман вызывается сигналами по Международному своду сигналов, во время тумана или пасмурной погоды — звуковыми короткими и продолжительными сигналами. В некоторых районах лоцман вызывается по радио или радиотелефону. При отсутствии лоцмана на лоцвакте поднимают сигнал: днем — шар, ночью — красный огонь.

Спасательные станции служат для оказания помощи кораблям, терпящим бедствие, а также для спасения людей, попавших в воду в результате кораблекрушения или несчастного случая.

Сигналы и правила, относящиеся к движению кораблей. Сигналы, предостерегающие об опасности. Для кораблей, курс которых ведет к опасности, днем поднимают двухфлажный сигнал по Международному своду сигналов ПД (ПД) «Вы идете к опасности». Одновременно через каждую минуту выпускают сигнальные ракеты (с двумя взрывами и светящимися звездами), пока корабль не заметит сигналы. Ночью сигналы подают ракетами.

Сигнал безопасности ТТТ означает, что вслед за ним будет передаваться сообщение, имеющее важное значение для безопасности кораблевождения (о надвигающемся шторме, об изменении в навигационной обстановке).

Сигнал срочности БьБ (ХХХ) означает, что корабль, на находящийся в серьезной и неминуемой опасности, требует помощи либо корабль желает послать радиogramму, касающуюся его безопасности или безопасности лица, находящегося на борту или видимого с борта корабля.

Сигнал тревоги (12 тире) означает, что немедленно за ним корабль начнет передавать по радио сигнал бедствия.

Сигналы бедствия (подаются одновременно или врозь):
— пушечные выстрелы или другие производимые взрывом сигналы с промежутками около 1 мин;

— непрерывный звук любого аппарата, предназначенного для подачи туманного сигнала;

— ракеты или гранаты, выбрасывающие красные звезды, выпускаемые поодиночке через короткие промежутки времени;

— сигнал, передаваемый по радиотелеграфу или любой другой сигнализационной системе, состоящий из сочетаний (SOS) по азбуке Морзе;

— сигнал по радиотелефону, состоящий из произносимого вслух слова «Мэйдэй»;

— двухфлажный сигнал бедствия НЦ (NC) по Международному своду сигналов;

— сигнал, состоящий из квадратного флага с находящимся над ним или под ним шаром или чем-либо похожим на шар;

— пламя на корабле (горящая смоляная бочка, мазутная бочка);

— красный свет ракеты с парашютом.

Районы с ограничением пути следования. Ограничительные правила объявляют в лоциях и Извещениях мореплавателям. Для заблаговременного оповещения мореплавателей о запрещении входа или закрытии плавания в данном районе устанавливают службу предупреждения (корабли, брандвахты, береговые посты). Отличительные знаки службы предупреждения: днем — треугольный синий флаг; ночью — три синих вертикально расположенных огня, поднятых на гафеле.

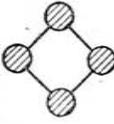
Штормовые сигналы поднимают на сигнальных мачтах в портах, на маяках. Значение штормовых сигналов приводится в выдержках из Правил сигналопроизводства об ожидаемых штормах и сильных ветрах на морях, озерах и водохранилищах СССР, объявляемых в выпуске № 1 Извещений мореплавателям ГУ МО СССР каждого года.

Таблица 2.4

Штормовые сигналы

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
1	Черный конус вершиной вверх 	Два красных огня один над другим 	Ожидается шторм от северо-запада
2	Черный конус вершиной вниз 	Два белых огня один над другим 	Ожидается шторм от юго-запада

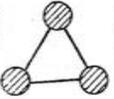
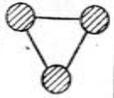
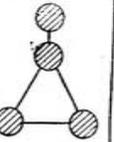
Продолжение

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
3	Два черных конуса один над другим вершинами вверх 	Красный огонь над белым 	Ожидается шторм от северо-востока
4	Два черных конуса один над другим вершинами вниз 	Белый огонь над красным 	Ожидается шторм от юго-востока
5	Черный шар 	Красный огонь 	Ожидается ветер силой 6-7 баллов
6	Два черных шара один над другим 	Два красных огня, расположенных горизонтально 	Ожидается сильный шквал
7	Черный крест 	Четыре красных огня в вершинах ромба 	Ожидается ураган

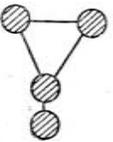
Продолжение

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
8	<p>Две черные разомкнутые Т-образные фигуры одна над другой, нижняя в опрокинутом положении</p> 	<p>Зеленый огонь</p> 	<p>Ожидается ветер силой 5 баллов на морях или 4—5 баллов на озерах и водохранилищах</p>

Примечание. Сигнал № 8 поднимается только в районах интенсивного плавания малотоннажных судов, для которых ветер силой 5 баллов на морях и 4—5 баллов на озерах и водохранилищах является опасным.

9	<p>Черная Т-образная фигура в опрокинутом положении</p> 	<p>Треугольник из красных огней вершиной вверх</p> 	<p>Ожидается ветер от северо-запада</p>
10	<p>Черная Т-образная фигура в прямом положении</p> 	<p>Треугольник из красных огней вершиной вниз</p> 	<p>Ожидается ветер от юго-запада</p>
11	<p>Две черные Т-образные фигуры одна над другой в опрокинутом положении</p> 	<p>Красный огонь над треугольником из красных огней вершиной вверх</p> 	<p>Ожидается ветер от северо-востока</p>

Продолжение

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
12	<p>Две черные Т-образные фигуры одна над другой в прямом положении</p> 	<p>Красный огонь под треугольником из красных огней вершиной вниз</p> 	<p>Ожидается ветер от юго-востока</p>
13	<p>Черный флаг или черный цилиндр</p> 	—	<p>Ожидается поворот ветра вправо (по часовой стрелке)</p>
14	<p>Два черных флага или два черных цилиндра один над другим</p> 	—	<p>Ожидается поворот ветра влево (против часовой стрелки)</p>
15	<p>Две черные горизонтальные полосы одна над другой</p> 	—	<p>Ожидаемая погода наступит завтра</p>
16	<p>Одна черная горизонтальная полоса</p> 	—	<p>Ожидаемая погода наступит сегодня</p>

Примечания: 1. Сигналы № 13, 14 поднимаются при поднятых сигналах № 1—4 и в случае необходимости с одним из сигналов № 9—12.

2. Сигналы № 15, 16 поднимают одновременно с одним из сигналов № 1—7, 8—12. Отсутствие сигналов времени при одном из поднятых сигналов № 1—7, 8—12 указывает, что ожидаемая погода наступит в течение ближайших 12 ч. Ночью сигнализация времени не ведется.

Сигналы в портах о приливе и отливе поднимают на мачтах штормовой сигнализации для указания направления изменения уровня прилива и отлива.

Таблица 2.5

Сигналы о приливе и отливе			
№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
1	Черный конус вершиной вниз 	Белый огонь над зеленым огнем 	Отлив
2	Черный конус вершиной вверх 	Зеленый огонь над белым огнем 	Прилив

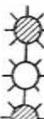
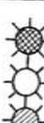
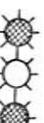
Сигналы о высоте воды поднимаются на особых сигнальных мачтах администрации портов по указаниям органов гидрометеослужбы или гидрографической службы.

Таблица 2.6

Сигналы о высоте воды			
№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
3	Черный конус вершиной вниз 	Зеленый огонь 	Высота воды, равная одной единице (20 см)
4	Черный цилиндр 	Красный огонь 	Высота воды, равная пяти единицам (1 м)
5	Черный шар 	Белый огонь 	Высота воды, равная двадцати пяти единицам (5 м)
6	Белый цилиндр 	Красный огонь 	Высота воды, равная полуединице (10 см)

Таблица 2.7

Сигналы, поднимаемые службой предупреждения

№ сигнала	Вид сигнала		Значение сигнала
	днем	ночью	
7	Три черных шара один над другим 	Три красных огня один над другим 	Абсолютное воспрещение входа в случае серьезных событий (например, загромождение фарватера судном, севшим на мель, и т. п.)
8	Черный конус вершиной вверх между двумя черными шарами по вертикали 	Белый огонь между красными огнями по вертикали 	Воспрещение входа при нормальных обстоятельствах эксплуатации порта (например, когда на фарватер допускаются только суда, выходящие из порта)
9	Черный конус вершиной вниз, под ним черный конус вершиной вверх, под этим конусом черный шар 	По вертикали сверху вниз: зеленый огонь, белый огонь, красный огонь 	Воспрещение входа и выхода при нормальных обстоятельствах эксплуатации порта (например, в случае прохода землечерпательного каравана, работы судна и т. п.)
10	Черный конус вершиной вверх между черными конусами вершинами вниз по вертикали 	По вертикали сверху вниз: зеленый огонь, белый огонь, зеленый огонь 	Воспрещение выхода при нормальных обстоятельствах эксплуатации порта (например, когда на фарватер допускаются только суда, входящие в порт)
11	Два цилиндра и черный шар между ними, поднятые по вертикали 	Два белых огня и красный огонь между ними 	Движение по гаваням и рейдам маломореходным кораблям, катерам и шлюпкам запрещено.

Глава 3

МОРСКИЕ КАРТЫ

§ 3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, МАСШТАБЫ И ФОРМАТ МОРСКИХ КАРТ

Морские навигационные карты. Генеральные карты служат для общего изучения условий плавания в большом водном районе, счисления пути корабля при плавании в открытом море (океане), предварительной прокладки маршрута предстоящего похода и для общих навигационных расчетов. Составляются в масштабах 1:500 000 — 1:5 000 000.

Путевые карты служат для обеспечения плавания вдоль побережий, на некотором расстоянии от берега, а также для обеспечения подхода с моря к берегу. Составляются в масштабах 1:100 000 — 1:500 000.

Частные карты служат для обеспечения плавания в непосредственной близости берегов, в стесненных навигационных условиях (узкостях, шхерах). Составляются в масштабах 1:25 000 — 1:75 000.

Планы служат для обеспечения входа в порты, гавани, бухты, на рейды, якорные места и передвижения в пределах этих акваторий. Составляются в масштабах 1:1000 — 1:25 000.

Специальные навигационные карты предназначены для графического решения задач кораблевождения и облегчают необходимые построения при использовании специальных технических средств (радионавигационных, гидроакустических) или при плавании в особых условиях (шхерах, узкостях, на малых быстроходных кораблях). Составляются в масштабах 1:750 000 — 1:3 500 000 (для использования навигационных систем дальнего и среднего действия) и 1:100 000 — 1:250 000 (для использования систем среднего и ближнего действия).

Вспомогательные морские карты. Карты-сетки служат для счисления пути корабля и прокладки линий положения при плавании в открытом океане. Составляются в масштабе 1:500 000.

Карты-сетки изолиний радионавигационных и гидроакустических систем служат для прокладки определений места по какой-либо навигационной системе. Составляются в масштабах 1:150 000 — 1:3 500 000.

Бланковые карты служат для составления различных схем. Составляются в масштабах 1:200 000 — 1:50 000 000.

Карты для расчета плавания по дуге большого круга служат для расчета на них доксодромических курсов. Составляются в масштабе 1:10 000 000.

Справочные морские карты. Обзорные карты служат для общегеографического изучения океанов и морей, а также для некоторых оперативных и навигационных расчетов первого приближения (подсчет расстояния по маршруту перехода). Могут также использоваться для изображения специальной обстановки и построения на них различных диаграмм. Составляются в масштабах 1:500 000 — 1:20 000 000.

Карты радиомаяков и радиостанций служат для показа точного местоположения радиомаяков и радиостанций,

обслуживающих мореплавателей. Составляются в масштабах 1: 500 000 — 1: 1 000 000.

Карты элементов земного магнетизма служат для изображения магнитного поля Земли. Карты горизонтальной H и вертикальной Z составляющих напряженности земного магнитного поля составляются в масштабе 1: 20 000 000. Карты магнитного склонения и магнитного наклона в Морском атласе составляются в масштабе 1: 80 000 000.

Сборные листы служат для набора необходимых пособий. Составляются в масштабах 1: 1 000 000 — 1: 20 000 000.

Атласы (Морской атлас, Большой советский атлас мира, Атлас плавания в шхерах и др.) служат руководствами для общего изучения океанов, морей, отдельных их районов и детального изучения какого-либо отдельного элемента.

Таблица 3.1

Формат морских навигационных карт

Формат карты	Размеры карты вместе с полями, см	Предельные размеры внутренних (градусных) рамок, см
Целый лист	100×75	93×68
Половина листа	75×50	68×43
Четверть листа	50×38	43×31

Примечание. Некоторые карты издаются с клапаном. Клапан подклеивается к основному листу.

§ 3.2. ПОЛЬЗОВАНИЕ МОРСКИМИ НАВИГАЦИОННЫМИ КАРТАМИ И ПОДГОТОВКА ИХ К ПРОКЛАДКЕ

Степень доверия к навигационным картам. Чем позже составлена карта, тем большего доверия она заслуживает. Чем крупнее масштаб карты, тем больше подробностей на ней нанесено, тем большая точность прокладки и обсерваций. Частое и равномерное нанесение глубин, отсутствие белых пятен, наличие и непрерывность изобат показывают, что промер произведен подробно и тщательно. Плавный рельеф, отсутствие банок и островов наиболее благоприятны для кораблевождения. Сложный рельеф, скачки глубин, банки и острова требуют при плавании осторожности. Наиболее опасный рельеф дна — каменистый грунт. Резкое изменение глубин (амплитуда до 10 м) свидетельствует о валунной россыпи на грунте песчаного характера. При плавании вблизи устьев рек или лагун следует ожидать неравномерного изменения глубин и значительного их расхождения с показанными на картах.

Рекомендации и меры предосторожности:

— плавая в прибрежных районах, пользоваться картами самого крупного масштаба;

— при расхождении в навигационных сведениях, даваемых картой и лоцией, принимать за основу карту самого крупного масштаба с последней корректурой;

— при пользовании картами, на которых имеются белые пятна, учитывать, что в местах белых пятен глубины не измерялись; здесь можно встретить малые глубины;

— с осторожностью относиться к картам, на которых не показаны изобаты; избегать отдельных отличительных глубин, меньших по сравнению с окружающими;

— считать изобату 20 м предостерегательной для кораблей с большой осадкой и 10 м — для кораблей с малой осадкой; без особой надобности не заходить за эти изобаты; в случае неизбежного захода принимать меры предосторожности: уменьшать ход и систематически измерять глубины;

— за предостерегательными изобатами пользоваться только огражденными фарватерами.

Чтение морских карт. Пользуясь незнакомой картой, прочесть ее заголовок и уяснить: масштаб карты; в каких единицах и от какого уровня даны глубины и высоты на карте; каково изменение склонения и к какому году оно приведено; когда составлена, издана и откорректирована карта; какие предупреждения, относящиеся к данному району, напечатаны на свободной поверхности карты.

Пользуясь соответствующими условными обозначениями, подробно познакомиться с рельефом дна, характером берега, основными ориентирами на берегу и на воде.

Руководством для чтения морских карт служат: «Навигационно-гидрографическая терминология. Условные знаки и сокращения» (приложение к т. IV «Курса кораблевождения»), изд. УГС ВМФ, 1962 и «Условные знаки для морских карт и планов», изд. УГС ВМФ, 1961.

Подъем карт. Подъему подвергаются путевые карты, при необходимости и планы.

1. Нанести дуги дальности видимости маяков с учетом приближенной средней высоты глаза над уровнем моря, которую штурман будет иметь на походе.

2. Выделить черным или красным карандашом отличительные (предостерегательные или предельные) изобаты; там, где изобаты не показаны на карте, провести их от руки.

3. Нанести опасные углы и пеленги, значение которых расчитать заранее и показать на карте в удобной форме; около нанесенных окружностей, дуг или пеленгов надписать их значение.

4. Выбрать искусственные или естественные створы для закрепления точек поворотов и обеспечения входов в узкости, прохождения опасностей, подходов к якорной стоянке.

5. При плавании в районах, где берег отличается однообразием или нанесен приближенно, заранее отметить ориентиры (естественные и искусственные), которые могут использоваться для определения места корабля.

6. Наметить районы, опасные в навигационном отношении; эти районы оградить контуром, относительно которого впоследствии располагать курсы корабля.

7. Наметить надежные секторы радиопеленгования; эти секторы нанести графически или надписать на карте около радиомаяка.

8. При наличии в районе плавания приливо-отливных явлений подготовить таблицу с основными элементами прилива; поместить ее на свободном месте карты.

9. Выделить на карте возвышенности (горизонтали — при их наличии), которые будут открываться на пределе действия РЛС.

10. Наметить основные ориентиры, в том числе и средства навигационного оборудования, снабженные пассивными радиолокационными отражателями, в последовательности их открытия на экране. Объекты с хорошо видимыми эхо-сигналами выделить красным карандашом, объекты со слабой отражательной способностью — синим карандашом; все поясняющие надписи делать черным карандашом.

11. При навигационных опасностях, далеко выступающих в море, провести радиолокационную линию опасности в виде дуги, огибающей эти опасности со стороны моря.

12. У всех выделенных на карте основных ориентиров надписать предполагаемую дальность их открытия и указать сектор, в котором они будут видны с моря.

§ 3.3. СЕТКИ ИЗОЛИНИЙ

Общие правила построения сеток. 1. При больших расстояниях* до ориентиров, когда нельзя пренебрегать ошибками, возникающими в построении изолиний на плоскости вследствие неучета сферичности Земли, сетки строятся по точкам. При этом: — одна координата точки (φ или λ ; x или y) задается, другая рассчитывается решением уравнения** $U(\varphi, \lambda) = U$ задан или $U(x, y) = U$ задан;

— углы пересечения кривых с заданными меридианами и параллелями должны быть не менее 40° ;

— основные изолинии выбираются так, чтобы расстояние между ними в масштабе карты было около 10 см; промежуточные изолинии строятся графической интерполяцией.

2. При расстояниях до ориентиров, не превышающих указанных в списке пределов, допустимо построение сеток изолиний графическими способами.

3. Интервалы навигационных параметров, для которых строятся изолинии, выбираются так, чтобы расстояния между соседними изолиниями в масштабе карты были от 10 до 25—30 мм.

4. Семейства изолиний, соответствующие разным навигационным параметрам, проводятся и оцифровываются тушью своего цвета.

5. Построив сетку, ее надо проверить: для нескольких контрольных точек пересечения изолиний рассчитать по их координатам или измерить по карте значения соответствующих навига-

* На картах в проекции Меркатора большими расстояниями следует считать:

— при построении азимутальной и гониометрических сеток — расстояния, на которых ортодромическая поправка превышает допустимые ошибки измерений;

— при построении стадиометрических и гиперболических сеток и заданной точности построений 0,5 каб — расстояния свыше 25 миль в широтах менее 50° , 20 миль в широтах до 60° , 15 миль в широтах до 70° , 10 миль в широтах до 80° .

** Для упрощения этих расчетов служат «Таблицы для вычисления сеток изолиний на морских картах», изд. УГС ВМФ, 1957.

ционных параметров и убедиться, что в пределах требуемой точности они совпадают с заданными.

Азимутальная сетка. 1. Построение изолиний по точкам на карте в проекции Меркатора:

а) разбить участок карты, на котором строится сетка, на несколько долготных зон так, чтобы значения ортодромической поправки в соседних зонах отличались на величину, не превышающую допустимой погрешности; для среднего меридиана каждой из этих зон вычислить или выбрать из табл. 23 МТ-63 значение ортодромической поправки (ее знак определяется при построении сетки ортодромий — как при пеленговании с ориентира на корабль, при построении сетки изоазимут — как при пеленговании с корабля на ориентир);

б) задаваясь очередным значением пеленга, для каждой долготной зоны рассчитать соответствующее значение локсодромического пеленга от ориентира:

$$\text{— при построении сетки ортодромий} \\ \text{Лок } \Pi = \text{ИП} + \psi; \quad (3.1)$$

$$\text{— при построении сетки изоазимут} \\ \text{Лок } \Pi = \text{ИП} + \psi \pm 180^\circ; \quad (3.2)$$

в) пользуясь таблицей меридиональных частей и логарифмической линейкой или таблицами логарифмов, вычислить координаты точек пересечения изолинии (изоазимуты или ортодромии) с заданными параллелями:

$$\left. \begin{aligned} \Delta D &= D_\varphi - D_A \\ \Delta \lambda &= \Delta D \operatorname{tg} \text{Лок } \Pi \\ \lambda &= \lambda_A + \Delta \lambda \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

или с заданными меридианами (средними меридианами долготных зон):

$$\left. \begin{aligned} \Delta \lambda &= \lambda - \lambda_A \\ \Delta D &= \Delta \lambda \operatorname{ctg} \text{Лок } \Pi \\ D_\varphi &= D_A + \Delta D, \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

где ΔD , $\Delta \lambda$ — разность меридиональных частей и разность долгот; D_φ , λ — меридиональная часть и долгота искомой точки изолинии;

D_A , λ_A — меридиональная часть и долгота ориентира;

г) нанести эти точки по координатам на карту, с помощью гибкой линейки через нанесенные точки провести изолинию; так же построить остальные основные изолинии, а затем, производя графическую интерполяцию, и промежуточные.

2. Построение изолиний по точкам на карте в проекции Гаусса:

а) если строится сетка изоазимут, разбить участок карты на несколько долготных зон так, чтобы значения угла схождения меридианов в соседних зонах отличались на величину, не превышающую допустимой погрешности;

б) вычислить величину схождения меридианов γ :

$$\gamma = (\lambda - L_0) \sin \varphi, \quad (3.5)$$

где λ — долгота ориентира (при построении сетки ортодромий) или среднего меридиана i -й долготной зоны (при построении сетки изоазимут);

L_0 — долгота осевого меридиана;
 φ — широта места;

в) вычислить значение дирекционного угла T от ориентира: — при построении сетки ортодромий

$$T = ИП - \gamma; \quad (3.6)$$

— при построении сетки изоазимут

$$T = ИП - \gamma_i \pm 180^\circ; \quad (3.7)$$

г) вычислить координаты x и y точек пересечения изолинии с заданными километровыми линиями:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x - x_A \\ \Delta y &= \Delta x \operatorname{tg} T \\ y &= y_A + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

или

$$\left. \begin{aligned} \Delta y &= y - y_A \\ \Delta x &= \Delta y \operatorname{ctg} T \\ x &= x_A + \Delta x \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

где Δx , Δy — приращения координат;

x_A , y_A — прямоугольные координаты ориентира;

д) нанести эти точки по координатам на карту и соединив их плавной кривой (при построении сетки ортодромий — прямой линией), провести изолинию.

3. Графическое построение изолиний производится с помощью прокладочного инструмента теми же способами, что и при определении места корабля по пеленгам.

Гониометрическая сетка. 1. Построение вмещающей заданный угол окружности по точкам:

1-й способ (рис. 3.1):

а) для каждого из ориентиров, между которыми измеряется горизонтальный угол, построить азимутальную сетку исходящих из ориентира лучей (на карте в проекции Гаусса — сетку ортодромий, на меркаторской карте — сетку изоазимут);

б) отметить точки пересечения лучей первой и второй сеток, соответствующие разности пеленгов (дирекционных направлений), равной заданному значению горизонтального угла между ориентирами; соединив их плавной кривой, провести окружность, вмещающую заданный угол; аналогично провести остальные окружности;

2-й способ (на картах и планшетах в проекции Гаусса):
 а) рассчитать дирекционный угол T направления и длину базы d (прямой, соединяющей ориентира A и B):

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} T &= \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \\ d &= (x_B - x_A) \operatorname{sec} T = (y_B - y_A) \operatorname{cosec} T \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

где x_A , y_A , x_B , y_B — прямоугольные координаты ориентиров A и B ;

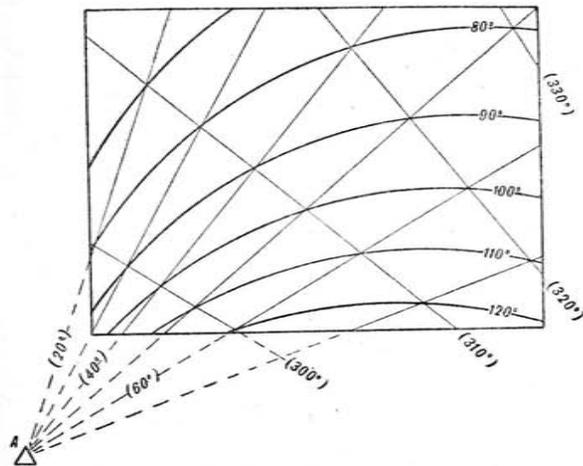


Рис. 3.1

б) вычислить радиус r_α и координаты x_0 и y_0 центра окружности, вмещающей угол α :

$$r_\alpha = \frac{d}{2} \operatorname{cosec} \alpha; \quad (3.11)$$

$$x_0 = \frac{1}{2} (x_A + x_B) - r_\alpha \cos \alpha \sin T; \quad (3.12)$$

$$y_0 = \frac{1}{2} (y_A + y_B) + r_\alpha \cos \alpha \cos T; \quad (3.13)$$

в) задаваясь значениями вспомогательного угла ω , рассчитать координаты x и y ряда точек окружности, вмещающей угол α :

$$\left. \begin{aligned} x &= x_0 + r_\alpha \cos \omega \\ y &= y_0 + r_\alpha \sin \omega \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

г) нанеся эти точки на карту и соединив их плавной кривой, провести искомую окружность.

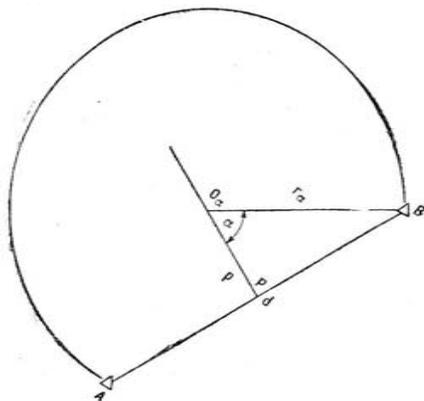


Рис. 3.2

2. Графическое построение окружности, вмещающей заданный угол α (рис. 3.2):

а) в середине базы восстановить к ней перпендикуляр;
б) найти центр O_α окружности, вмещающей угол α , для чего от основания перпендикуляра P отложить отрезок p , длина которого вычисляется по формуле

$$p = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \alpha; \quad (3.15)$$

в) из точки O_α как из центра провести искомую окружность радиусом, рассчитанным по формуле (3.11).

Стадиометрическая сетка для больших расстояний строится по точкам с помощью «Таблиц для вычисления сеток изолиний на морских картах».

При графическом построении стадиометрической сетки штангенциркулем или чертежным циркулем проводят окружности, цен-

тром которых является ориентир, с радиусами, равными в масштабе карты заданным расстояниям.

Гиперболическая сетка строится по точкам (рис. 3.3):

а) построить стадиометрические сетки для каждого из ориентиров, разность расстояний между которыми измеряется;

б) отметить точки пересечения окружностей первой и второй сеток, соответствующие заданному значению разности расстояний до ориентиров;

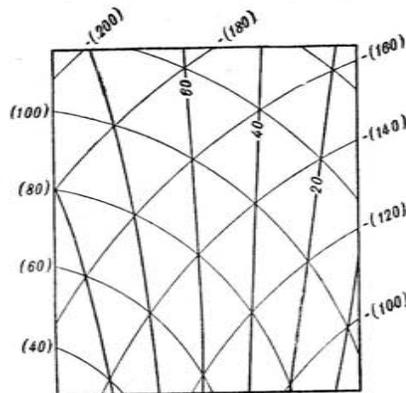


Рис. 3.3

в) соединив их плавной кривой, провести искомую гиперболу; г) аналитично построить остальные гиперболы.

Микросетки (сетки линий положения) могут строиться для любого навигационного параметра в случаях, когда кривизной изолиний можно пренебречь:

а) по координатам средней точки M_c участка, для которого строится сетка, рассчитать «счислимое» значение навигационного параметра U_c , направление и модуль его градиента τ_c , g_c ;

б) задаваясь значениями U_i навигационного параметра, рассчитать соответствующие смещения n_i линий положения:

$$n_i = \mu \frac{U_i - U_c}{g_c}, \quad (3.16)$$

где μ — масштаб планшета (частный масштаб карты);

в) отложив величину n_i от точки M_c по направлению τ_c градиента, через полученную точку перпендикулярно этому направлению провести линию положения, соответствующую значению U_i навигационного параметра.

Пользование сетками изолиний: а) измерив навигационный параметр, исправить отсчет прибора инструментальными и методическими поправками;

б) провести изолинию, соответствующую полученному значению навигационного параметра, одним из двух способов:

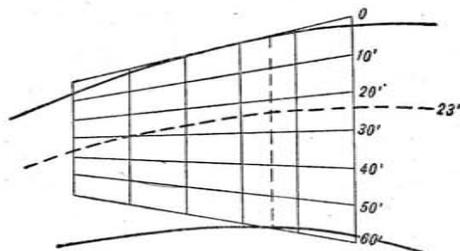


Рис. 3.4

— глазомерной интерполяцией между нанесенными на сетке изолиниями;

— пользуясь интерполяционной палеткой (рис. 3.4);

в) если несколько навигационных параметров были измерены не одновременно, привести их или линии положения к одному месту (зениту наблюдателя).

Глава 4

РУКОВОДСТВА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ И НАВИГАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ

§ 4.1. РУКОВОДСТВА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Лоции. Издаются по мере надобности для морей и океанов. Срок службы лоции 4—6 лет. В зависимости от объема лоцию делят на части, иногда на выпуски. При делении лоции на части общий обзор дают отдельно для каждой части; при делении части на выпуски общий обзор помещают только в первом выпуске. При большом числе частей и выпусков общий обзор издают отдельной книгой «Навигационно-гидрографический обзор».

Сведения о выборе наимыгоднейшего пути в районе плавания с учетом гидрометеорологических факторов и условий захода и стоянки в различных пунктах изложены в общем обзоре.

Для получения сведений о каком-либо определенном географическом пункте следует войти с его названием в алфавитный указатель, найти нужную страницу и выбрать необходимые сведения.

Дополнения к лоциям. Издаются по мере накопления новых сведений или изменений для какого-либо района. Каждое новое издание включает материал предшествующего. Служит для корректуры лоции. Необходимые исправления находят по оглавлению.

«Огни и знаки» («Огни»). Издаются на воды СССР под названием «Огни и знаки», на некоторые иностранные воды — под названием «Огни». Срок службы пособия 2—3 года. При большом числе СНО определенного бассейна — издаются в нескольких частях: части иногда делят на книги.

Для нахождения необходимых сведений о маяке в алфавитном указателе по названию маяка найти его порядковый номер, в разделе «Описание средств навигационного оборудования» по порядковому номеру маяка выбрать его описание и координаты, по координатам найти маяк на карте.

Для нахождения сведений о СНО порта по названию порта в алфавитном указателе найти номер любого огня, установленного в этом порту; по номеру определить страницу, где дается описание СНО данного порта, и выбрать сведения о нужных маяках и огнях.

Для проверки, имеются ли на данном маяке средства звуковой туманной сигнализации и какие, в перечне звукоопознавательных средств с названием маяка уточнить наличие этих средств на нем.

Радиотехнические средства навигационного оборудования (РТСНО). Издаются на советские и иностранные воды. Чтобы выбрать радиомаяки для определения места корабля, с помощью карты-схемы подобрать в районе плавания корабля несколько радиомаяков, удобных по своему расположению; определив их название, в алфавитном указателе найти присвоенные им номера, по которым в описании радиомаяков выбрать все сведения о порядке и характере их работы.

Слыша позывные радиомаяка, для установления его местонахождения по позывному сигналу найти в алфавитном указателе опознавательных сигналов его название и порядковый номер, по которому выбрать из соответствующего описания все необходимые данные.

Для подбора радиомаяка, работающего на определенной частоте, найти в таблице расположения радиомаяков по частотам его название и номер; остальные сведения получить, как и в общем случае.

Необходимую радиопеленгаторную станцию выбрать в алфавитном указателе и описании радиопеленгаторных станций. Для уточнения, имеется ли станция в данном пункте, с названием пункта войти в алфавитный указатель радиопеленгаторных станций.

Каталоги карт и книг. Издаются по мере накопления изменений частями по отдельными бассейнами. Для нахождения карты данного района по сборному листу найти номер карты нужного района, по номеру карты в номерном указателе найти страницу каталога и судовой номер карты, выбрать все необходимые сведения о карте.

Для нахождения сборного листа данного района по сборному листу сборных листов выбрать сборный лист нужного района (моря). Для нахождения номера карты, пользуясь номерным указателем, найти страницу каталога, где дается судовой номер карты. Для выбора необходимых пособий войти в раздел «Книги» и по номеру страницы найти соответствующий сборный лист.

§ 4.2. НАВИГАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Навигационные радиозвещения мореплавателям (НАВИМ). Передаются береговыми радиостанциями. Очередные НАВИМ передаются в точно назначенное время 1–2 раза в сутки, внеочередные — немедленно после получения извещений от гидрографических отделов или корабельных радиостанций. Внеочередные извещения включаются в ближайшую очередную передачу НАВИМ и передаются в первую очередь. Данные о радиостанциях, передающих НАВИМ, приведены в книге «Радиотехнические средства навигационного оборудования».

Извещения мореплавателям ГО флота (ИМ ГО). Издаются по мере поступления полезных для мореплавателя сведений. Ежегодно каждое Извещение имеет свой порядковый номер; несколько извещений, публикуемых одновременно, объединяются в выпуски.

По содержанию Извещения мореплавателям издаются:

- постоянные, содержащие навигационные сведения, не подвергающиеся частым изменениям;

- временные «В», содержащие сведения о непродолжительных изменениях в навигационной обстановке;

- сезонные «С», содержащие информацию об изменениях в средствах навигационного оборудования в зависимости от времени года;

- предварительные «П», содержащие сведения о предполагаемых в ближайшее время изменениях в навигационной обстановке или об изменениях, частично произведенных, но не доведенных до конца.

Извещения мореплавателям ГУ МО (ИМ ГУ). Издаются еженедельно. Ежегодно каждое Извещение имеет порядковый номер. Каждая публикация состоит из нескольких номеров, именуемых выпуском; ежегодно каждый выпуск имеет порядковый номер. В течение года издаются 52 еженедельных выпуска; выпуск № 1 имеет особое назначение.

В конце года ГУ МО и ГО флотов для облегчения корректуры за истекший год и упрощения контроля за проведением систематической корректуры издаются «Алфавитный указатель» и «Нумерник карт и руководств для плавания».

Навигационные радиозвещения мореплавателям и все виды Извещений мореплавателям подшиваются в отдельные папки. На обложке подшивки помещают опись, по которой можно быстро узнать, какие и когда получены Извещения, а каких нет. Подшивки хранят в штурманской рубке как документы строгой отчетности.

Глава 5

ПОДГОТОВКА ШТУРМАНСКОЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ К ПОХОДУ

§ 5.1. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ И ОСМОТРА ШТУРМАНСКОГО ИМУЩЕСТВА

При подготовке к походу штурман должен позаботиться, чтобы на корабле было все специальное штурманское снабжение, положенное по таблице, и все имеющееся в его распоряжении приборы действовали исправно.

Все предметы снабжения по штурманской части принимаются из Гидрографического отдела флота (флотилии), который отвечает за качество отпускаемых им приборов, карт и пособий для плавания.

Ответственные приемки штурманского снабжения выполняются лично штурманом, менее ответственные — личным составом штурманской части по специальному назначению штурмана. Ответственный за принятое имущество — штурман. Приемка осуществляется по приходу-расходной штурманской книге согласно правилам ее ведения. Если имущество принимается с другого корабля, принимающий и сдающий обмениваются требованиями и накладными, которые при первой возможности представляются в ГО флота (флотилии) для учета движения имущества.

Все принятые на корабль приборы и инструменты должны быть комплекты и снабжены положенными по таблице снабжения запасными частями, а также аттестатами (если таковые полагаются к данному прибору) за соответствующими подписями. При приемке следует убедиться в исправном состоянии и правильном действии прибора в целом и отдельных его частей. Принятые приборы, требующие специальной установки, производимой ГО флота (флотилии), испытываются после установки при первой возможности в условиях плавания.

Осмотр и проверку штурманских приборов и инструментов производят в соответствии с правилами их обслуживания. Некоторые инструменты и приборы (секстаны, хронометры, барографы, барометры-анероиды, термографы, анемометры и др.) периодически в установленные правилами обслуживания сроки исследуют в проверочной лаборатории с соответствующей корректировкой аттестатов или поверочных свидетельств. Ненесправную или устаревшую аппаратуру заменяют по согласованию с базавыми специалистами ГО флота (флотилии). Аппаратуру, подлежащую замене, списывают по акту и сдают на склад ГО флота (флотилии).

§ 5.2. СОСТАВЛЕНИЕ ОПИСИ КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

На каждом корабле к моменту его выхода в море должны быть в наличии все необходимые карты и руководства для плавания. Запас морских карт и руководств для плавания определяется классом и типом корабля, районом плавания и специальными указаниями.

Всем картам присваивают судовой номер в порядке частоты использования той или иной карты при плавании в данном районе, в порядке географической последовательности покрытия картами данного моря или их использования при дальних переходах, по расположению карт в номерном указателе или коллекциях каталога. Судовые номера проставляют штампами или надписывают цветным карандашом на обратной стороне листа карты в двух противоположных по диагонали углах. Если карта сложена вдвое, судовой номер проставляют на обеих сторонах сложенного листа. Судовой номер проставляют карандашом в графе «Судовые номера» номерного указателя Каталога карт и книг.

Для учета руководств для плавания составляют опись по форме табл. 5.1.

Таблица 5.1

Опись руководств для плавания

Номер по схеме каталога ГУ МО	Название книги	Страница каталога ГУ МО	Год издания	Номер экземпляра	Дата получения	Дата списания

§ 5.3. КОРРЕКТУРА КАРТ И РУКОВОДСТВ ДЛЯ ПЛАВАНИЯ

Поддержание имеющихся на корабле карт и руководств для плавания на уровне современности должно быть постоянной заботой штурмана. Для этой цели служат НАВИМ, Извещения мореплавателям, издаваемые ГО флота (флотилии) и ГУ МО.

Начиная от даты последней корректуры карты — большой, малой или нового издания, помеченной под ее рамкой, штурман обязан делать ее дальнейшую корректуру. Вновь издаваемые карты, не имеющие отметок о корректуре, должны корректироваться начиная от даты их издания.

Если на корабле велась систематическая корректура:

— исправить каждую карту в соответствии с Перечнем карт, подлежащих корректуре, немедленно после получения нового Извещения мореплавателям;

— поставить на карте названия и номера документов, по которым произведена корректура;

— на каждом документе, по которому производилась корректура, проставить очерченные кружком номера карт, откорректированных по этому документу, дату корректуры и роспись;

— после выполнения корректуры подшить документы в папку. Если на корабле не велась систематическая корректура, установить дату последней малой и большой корректуры и, начиная с этой даты, произвести корректуру; для корректуры использовать Нумерик для исправления карт.

Корректура карт должна быть аккуратной и точной:

— условные обозначения и сокращения, а также подробность нанесения исправлений на карту должны строго соответствовать указаниям, приведенным в книге «Условные знаки для морских карт и планов», изд. УГС ВМФ, 1961;

— на планах и частных картах исправления делать подробно; на путевых и генеральных подробность исправлений сокращается сообразно их масштабу и назначению, с тем чтобы карты сохраняли отчетливость и ясность;

— при замене или снятии надписей на картах перечеркивать их одной тонкой линией; отменяемое условное обозначение перечеркивать двумя тонкими линиями;

— исправления временного и сезонного предварительного характера делать простым черным карандашом; эти исправления сохраняются на карте до тех пор, пока не последует новое Извещение, которым сделанное изменение будет отменено (карташные исправления счищаются с карты) или подтверждено как постоянное (вместо карандаша исправления делаются красной тушью);

— исправления постоянного характера выполнять красной тушью; подлежащее замене перечеркнуть тонкой чертой и вместо вычеркнутого нанести новые данные.

О выполненной корректуре на карте делается отметка от руки рядом с типографской надписью «Малая корр. ...» даты и номера Извещения мореплавателям, по которому сделана корректура.

Одновременно с картами исправляются и руководства для плавания. Корректура этих изданий выполняется по Извещениям мореплавателям, а лоции — и по дополнениям к ним. Корректуру делают вручную или вклеиванием прилагаемых к Извещениям текстов в соответствующие места руководств. Лоции корректируются сначала по дополнениям, затем по последующим Извещениям мореплавателям. О корректуре делают отметку в начале каждого руководства на листе учета корректуры.

Перед выходом в море штурман обязан выяснить в ближайшем органе гидрографической службы или в Морской инспекции номер последнего вышедшего в свет печатного Извещения мореплавателям и последнего объявленного по радио НАВИМ и приобрести их для корабля. По возможности следует проверить корректуру карт по корректурным коллекциям в гидрографических подразделениях.

Во время плавания карты и руководства для плавания корректировать по Навигационным радиоизвещениям мореплавателям; о произведенной корректуре на соответствующем НАВИМ штурман обязан поставить дату и свою подпись.

О выполненной корректуре (изменениях в навигационном оборудовании района плавания) штурман должен доложить командиру корабля. О всех замеченных расхождениях карт и руководств для плавания с действительностью штурман обязан сообщить в ГО флота (флотилии).

§ 5.4. ПОДГОТОВКА К ПОХОДУ

Выбор и проработка маршрута. 1. На основании полученных распоряжений от командира корабля на генеральной карте выполнить предварительную прокладку и произвести предварительный расчет похода. При выборе маршрута похода учитывать особенности задач, поставленных кораблю на поход, навигационно-гидрографические и гидрометеорологические условия плавания.

2. Предварительную прокладку на генеральной карте сделать в соответствии с рекомендациями лоций и руководства для плавания; руководствуясь временем выхода и прихода в заданный район, рассчитать генеральную скорость на переходе.

3. При неизвестном времени выхода весь расчет произвести по оперативному времени; на линии пути корабля у соответствующих точек на карте проставить оперативное время.

4. При прохождении маршрута через районы, в которых международным морским правом установлен особый режим для плавания военных кораблей, руководствоваться соответствующими положениями, регламентирующими плавание в этих районах.

5. После тщательного изучения маршрута окончательно выбрать отдельные его участки, при этом необходимо учитывать навигационно-гидрографическую изученность района, обеспеченность района картами, пособиями и средствами навигационного оборудования, наличие мест укрытия и якорных стоянок, ледовые условия, приливо-отливные явления и вероятность туманов.

6. Работу по выбору маршрута похода закончить составлением на генеральной карте графического плана и расчетов на поход.

Предварительная прокладка. 1. После утверждения графического плана выполнить предварительную прокладку на путевых картах и уточнить предварительные расчеты на поход.

2. Проложить все курсы, по которым пойдет корабль, показать поворотные пеленги, контрольные расстояния, характерные ориентиры, опасные глубины и отдельные препятствия.

3. На каждом курсе сделать надписи: истинный курс в градусах и число миль плавания данным курсом.

4. На поворотных пеленгах и контрольных расстояниях сделать соответствующие надписи величин пеленгов и расстояний.

5. При неизвестном времени выхода весь расчет произвести по оперативному времени; у соответствующих точек на линии пути проставить оперативное время с указанием числа суток от начального момента. При уточнении времени и даты выхода корабля рассчитать поправку (разность между условным и действительным моментом выхода) и прибавить ее ко всем рассчитанным ранее моментам.

6. Показать зоны (линии), при пересечении которых регулируются токи в широтных обмотках размагничивающего устройства.

Набор карт и руководств для плавания. 1. В соответствии с предварительной прокладкой на генеральной карте подобрать по Каталогу карт и книг необходимые для похода карты и руководства для плавания. При подборе карт и руководств учитывать возможность изменения маршрута, заходов в порты и пункты, не предусмотренные планом, укрытия от шторма или вынужденного захода для устранения неисправностей, отклонений от намеченного маршрута для оказания помощи терпящим бедствие кораблям (судам).

2. Подобранные для похода карты и руководства для плавания вписать в список по форме табл. 5.2, 5.3.

Таблица 5.2

Карты				
Судовой номер карты	Гидрографический номер карты	Район моря (заголовок карты)	Год издания	Примечание

Таблица 5.3

Руководства для плавания		
№ по пор.	Название руководства	Примечание

3. Карты и руководства для плавания в списках располагать в порядке их использования по маршруту похода. Генеральные и справочные (специальные) карты располагать отдельно от путевых и на них составить отдельные списки.

Составление справочных материалов по маршруту похода. Для удобства и быстроты выбора необходимых сведений по маршруту похода составить справочные материалы по форме табл. 5.4—5.10.

Таблица 5.4

Предварительные расчеты похода

Из _____ в _____

№ по пор.	Время		Путь, град	Расстояние по пути, мили	Время лежания на курсе, мин			Примечание (поворотные, опасные пеленги, расстояния, приметные ориентиры)
	оперативное	судовое (астрономическое)			при скорости, уз			

В конце табл. 5.4 подсчитать итог по времени и расстоянию за весь поход.

Таблица 5.5

Сведения о портах, местах укрытия и якорных стоянках

№ по пор.	Наименование порта, места укрытия или якорной стоянки	№ карты (плана)	Ссылка на стр. лоции и других пособий, в которых имеется описание порта. Дополнительные данные, отсутствующие в пособии	Местные правила плавания, особенности системы ограждения, штормовые сигналы

Таблица 5.6

Сведения о гидрометеорологических характеристиках района плавания

№ по пор.	Наименование пункта, участка маршрута похода	Гидрометеорологическая характеристика	Данные	
			лоции	прогноза
		Ветер: направление, сила Температура: воздуха воды Видимость Облачность Осадки Число дней с туманами Течения Ледовая обстановка Другие данные		

Таблица 5.7

Время и азимут восхода и захода Солнца и Луны

Для пункта _____ $\varphi =$ _____ $\lambda =$ _____

Характеристика	Дата				
Начало сумерек					
Восход Солнца					
Заход Солнца					
Конец сумерек					
Восход Луны					
Азимут восхода					
Азимут захода					
Заход Луны					

Таблицу рассчитать для всех основных пунктов отдельно; при небольших походах в конце таблицы привести поправки к табличным величинам для основных пунктов.

Таблица 5.8

Время и высоты полных и малых вод на основные пункты маршрута похода

Название пункта	Дата								
	ПВ	МВ	ПВ	МВ	ПВ	МВ	ПВ	МВ	

В табл. 5.8 в числителе показать время (*ч, мин*) полных и малых вод, в знаменателе — высоту воды (*м*). Для пунктов с полусуточными приливами для каждой даты указать время полных и малых вод в порядке их наступления.

Таблица 5.9

Элементы и время смены течений

Судовое время смены течения, <i>ч и мин</i>	Направление течения, <i>град</i>	Скорость течения, <i>уз</i>	Промежуток времени плавания, <i>ч и мин</i>	Среднее направление течения, <i>град</i>	Средняя скорость течения, <i>уз</i>

Таблица 5.10

Список огней и знаков

№ по пор.	Наименование и место установки с указанием страницы пособия „Огни и знаки“	Характеристика работы	Описание внешнего вида, рисунок, фотоснимок

Огни и знаки в табл. 5.10 располагать в последовательности, в которой они будут открываться с мостика корабля.

Подобранные на поход карты и планы уложить в верхний ящик штурманского стола. Первым сверху расположить план или частную карту, охватывающую район пункта отхода, затем гене-

ральную карту района перехода и далее путевые карты в порядке последовательности плавания, последними — подходную (частную) карту или план пункта прихода. Справочные карты и атласы района плавания поместить в отдельный ящик штурманского стола. Руководства для плавания уложить отдельно на полке вблизи штурманского стола; во всех пособиях сделать закладки в местах, где имеются сведения, относящиеся к району предстоящего похода.

Расчеты, произведенные при подготовке к походу, во время похода корректировать исходя из конкретной обстановки в момент прохода конкретного района.

§ 5.5. ИЗУЧЕНИЕ ТЕАТРА И РАЙОНА ПЛАВАНИЯ

Изучение театра. По картам, лощням, навигационно-гидрографическим описаниям изучить военно-географические, навигационно-гидрографические и гидрометеорологические особенности театра. Для лучшего усвоения материала использовать бланковые карты, на которые нанести наиболее важные сведения. Особое внимание обратить на глубины моря, грунты, мелководные, запретные и опасные для плавания районы; гидрологические элементы (течения, приливы, гидроакустические свойства воды, границы расположения льда по сезонам); метеорологические элементы (преобладающие ветры, повторяемость штормов, условия видимости); важнейшие заливы, бухты, острова, полуострова и проливы; оборудование театра радионавигационными средствами; порты и пути следования торговых судов.

Изучение района плавания. Район плавания изучается по картам, лощням, «Огням и знакам», «Радиотехническим средствам навигационного оборудования морей». Изучение вести по участкам: район базы, прилегающие районы по маршруту похода, район пункта назначения. Для лучшего изучения района составить схемы, на которые нанести наиболее важные сведения. Изучая район, на местности произвести зарисовки и фотографирование приметных ориентиров. Особое внимание обратить на навигационные опасности, опасные и запретные для плавания районы; приметные ориентиры, облегчающие опознание побережья при подходе с моря; ориентиры, наиболее удобные для определения места корабля разными способами при прохождении корабля на различных расстояниях от побережья; опасные пеленги, расстояния, створы, глубины, предупреждающие о приближении к навигационным опасностям; средства навигационного оборудования и указания по их использованию; фарватеры, рекомендованные курсы и их ограждение; отличительные изобаты; районы с характерным рельефом дна, облегчающим опознание места с помощью эхолота; районы, в которых использование эхолота не позволяет своевременно предупредить о приближении к побережью; течения, приливо-отливные явления; районы распространения туманов и льдов и зависимость их от времени года; местные правила плавания кораблей и судов.

Изучение побережья в радиолокационном отношении. 1. При стоянке в базе изучить берег и его характер (пологий, обрывистый, низменный, высокий, скалистый, песчаный, покрытый растительностью).

2. Выделить участки берега и ориентиры, которые будут четко видны на экране РЛС; эти объекты поднять на карте карандашом как надежные ориентиры.

3. Определить объекты, которые не будут видны на экране РЛС или будут изображаться на малых расстояниях; эти объекты выписать на полях карты как ненадежные ориентиры.

4. Изучить береговую черту и на карте ориентировочно провести горизонтали.

5. Изучить различные ориентиры: их высоту над уровнем моря (в местах со значительной амплитудой прилива — для полной и малой воды); форму, конструкцию и материал, из которого они сделаны; характер окружающей местности (холмистая, ровная, лесистая, песчаная, застроенная); фон, на который будут проектироваться ориентиры.

6. При выходах в море в хорошую погоду периодически включать РЛС и сравнивать картину, получаемую на экране ИКО, с фактическим видом местности и изображением побережья на карте.

7. Зарисовать на кальке изображения с экрана ИКО или сфотографировать их при наблюдении берега с различных расстояний и направлений; кальки и фотографии поместить в специальный альбом.

8. На основании практических наблюдений составить таблицу вероятных значений дальностей обнаружения различных объектов РЛС; выявить предельные расстояния, с которых на экране ИКО обнаруживаются входы в заливы, бухты, гавани; определить характер изображения берега на экране ИКО в зависимости от рельефа, структуры берега и расстояния до него.

Изучение рельефа дна района плавания. 1. При стоянке в базе изучить рельеф дна береговой зоны, особенно у входов в бухты, гавани, и его характер (пологий, крутой, обрывистый, каменистый, илистый).

2. Выделить районы, которые будут давать четкие или слабые эхо-сигналы.

3. Изучить подводные объекты, находящиеся в непосредственной близости от берега.

4. Изучить гидрологические условия района плавания.

5. На путевые карты нанести отражающие изобаты для соответствующих глубин акустического преобразователя; для районов с приливо-отливными течениями отражающую изобату провести для малой и полной воды.

6. При выходах в море изучить подводный рельеф района плавания, отражающие свойства подводных объектов и гидрологические условия района плавания.

7. Для наиболее ответственных участков плавания нанести на путевую карту отражающие изобаты опытным путем. У отражающей изобаты на карте отметить год, число, месяц, время наблюдений, углубление вибратора и глубину под килем.

Глава 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК ШТУРМАНСКИХ ПРИБОРОВ

§ 6.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ КОМПАСА

Поправку компаса определять перед каждым выходом корабля из базы, а на походе — через каждые 4 ч (при возможности определения). Для исправления курса поправку гирокомпаса

определять из длительных наблюдений (1,5 или 3 ч), как правило, в базе; для исправления пеленгов — непосредственно перед пеленгованием, а при невозможности — учитывать определенную ранее поправку для курса.

По пеленгу створа, истинное направление которого известно: — на малом ходу пересечь створ или веер створов; в момент пересечения створа взять компасный пеленг по компасу;

— найти поправку компаса как разность истинного и компасного пеленгов створа

$$\Delta ГК (\Delta МК) = ИП - КП. \quad (6.1)$$

По пеленгу ориентира, положение которого известно (на швартовах):

— выбрать такой ориентир, чтобы расстояние до него D в милях было

$$D > 0,3 d, \quad (6.2)$$

где d — расстояние на корабле от точки определения своего места до пелоруса, м;

— соединить на карте крупного масштаба точно определенное место корабля и место пеленгуемого ориентира; снять с карты ИП этого направления;

— измерять серию (3—5) КП через каждые 20—30 мин в течение 1,5 или 3 ч; найти поправку компаса по формуле (6.1);

— вывести окончательное значение поправки компаса по нескольким ориентирам как среднее из полученных значений.

По сравнению с другим компасом, поправка которого известна: — одновременно (по команде «Товсь» — «Ноль») заметить показания курсов по компасу, поправка которого известна — $ККГК$

и по компасу, поправка которого определяется — $ККМК$;

— рассчитать ИК по показаниям компаса, поправка которого известна, по формуле (1.27);

— рассчитать поправку второго компаса:

$$\Delta МК = ИК - ККМК. \quad (6.3)$$

§ 6.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕВИАЦИИ МАГНИТНОГО КОМПАСА

Девиацию магнитного компаса δ определять ежегодно при вступлении корабля в кампанью, после капитального ремонта и при обнаружении несоответствия между табличным значением δ и полученным из определения поправки более чем на $1,5^\circ$.

По пеленгам створов, истинное направление которых известно: — на заданном курсе в момент пересечения створа заметить КП (ОКП);

— сняв с карты для района плавания d , рассчитать МП (ОМП) по формуле (1.36);

— рассчитать δ для заданного курса

$$\delta = МП - КП. \quad (6.4)$$

По пеленгу ориентира, положение которого известно: — стоя на бочке в порту (на рейде), место которой с высокой точностью нанесено на карту, снять с карты ИП отдаленного ориентира, расстояние до которого 3—5 миль;

— сняв с карты d в данном месте, рассчитать $МП$ ($ОМП$) на ориентир по формуле (1.36);

— разворачивая корабль буксиром на заданные курсы, по компасу замечать $КП$ ($ОКП$) отдаленного ориентира;

— рассчитать δ для заданных курсов по формуле (6.4).

При нахождении корабля за пределами порта на ходу, описывая циркуляцию, на восьми равноотстоящих курсах заметить восемь $КП$ ($ОКП$) отдаленного ориентира. Рассчитать $МП$:

$$МП = \frac{\sum КП}{8}. \quad (6.5)$$

Сравнивая каждый $КП$ ($ОКП$) с рассчитанным $МП$ ($ОМП$), определить δ для восьми компасных курсов.

По сравнению магнитного компаса с гирокомпасом:

— на малом ходу последовательно лечь по магнитному компасу на восемь равноотстоящих курсов;

— на каждом новом курсе одновременно (по команде «Товсь» — «Ноль») заметить два — три показания курсов по магнитному $ККМК$ и гирокопическому $ККГК$ компасам;

— зная ΔGK , рассчитать $ИК$, исправить их d , приведенным на год плавания, и получить $МК$;

— сравнить $ККМК$ с полученными $МК$, на которых находился корабль; рассчитать δ .

Из поправки компаса:

— на компасном курсе определить $\Delta МК$;

— из полученной $\Delta МК$ исключить d и рассчитать δ :

$$\delta = \Delta МК - d. \quad (6.6)$$

§ 6.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОДЕВИАЦИИ

Радиодевияцию определять ежегодно при вступлении корабля в кампанию, после капитального ремонта и при обнаружении расхождений наблюдаемых и табличных значений радиодевияции более чем на 1°.

По плавучему радиомаяку или кораблю (судну), стоящему на якоре:

— описать циркуляцию в стороне от плавучего маяка или стоящего на якоре корабля (судна), которые все время подают радиосигналы;

— на различных курсовых углах, считаемых от 0 до 360° по часовой стрелке, через 10—15° одновременно измерять радиокурсовые углы $РКУ$ по радиопеленгатору и курсовые углы $КУ$ по азимутальному кругу компаса; на каждом $КУ$ наблюдение повторять 3—5 раз;

— рассчитать радиодевияцию для различных курсовых углов

$$f = КУ - РКУ; \quad (6.7)$$

— составить кривые и таблицы радиодевияции для $РКУ$ через 10—15°.

По радиостанции вспомогательного корабля (судна). Корабль для определения f стопорит машины (постановка на якорь не обязательна). Вокруг него ходит, описывая окружность, другой корабль, непрерывно подающий радиосигналы. Последующие действия такие же, как и в предыдущем способе.

По береговой радиостанции или радиомаяку. Выбрать район маневрирования, чтобы радиоволна пересекала береговую черту под углом, близким к 90°. Подойти на видимость береговой радиостанции (радиомаяка) и описывать циркуляцию. Дальнейшие действия такие же, как и в первом способе.

§ 6.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК РАССТОЯНИЙ И КУРСОВЫХ УГЛОВ, ИЗМЕРЕННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ И ГИДРОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИЯМИ

Перед началом работ настроить станции, выверить оптический пеленгатор и согласовать нулевые отсчеты азимутального круга станции и оптического пеленгатора.

Поправку расстояний ΔD определять сравнением расстояний, измеряемых станциями, с истинными расстояниями от корабля до точечного ориентира:

$$\Delta D = \frac{\sum_{i=1}^n (D - D_i)}{n}, \quad (6.8)$$

где D — истинное расстояние между кораблем и точечным ориентиром, снятое с плана, *каб*;

D_i — расстояние, измеренное проверяемой станцией, *каб*;

n — число измерений.

Поправки курсовых углов $\Delta КУ$ определять на ходу корабля, маневрируя переменными курсами, или на стоянке по нескольким ориентирам, расположенным на различных курсовых углах:

— привести корабль на $КУ = 0$ относительно ориентира (пассивный отражатель, буй и т. д.); одновременно (по команде «Товсь» — «Ноль») определить курсовые углы по ИКО РЛС (гидролокатору) и оптическому пеленгатору;

— изменяя курс через каждые 10°, приводить корабль на соответствующие $КУ$; на каждом из них сделать не менее пяти измерений;

— определить $\Delta КУ$ как среднее арифметическое из разности значений курсовых углов, измеренных с помощью оптического пеленгатора и по ИКО РЛС (гидролокатора);

— для каждого индикатора составить таблицу поправок курсовых углов.

Поправка пеленгов

$$\Delta П = \Delta КУ + \Delta GK. \quad (6.9)$$

При исправной и хорошо выверенной станции поправку пеленгов принимать равной поправке гирокомпаса ($\Delta П = \Delta GK$).

§ 6.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК ЭХОЛОТА

При навигационном использовании эхолотов экспериментальное определение общей поправки не производится. Поправки в показания эхолота вводятся по табличным данным.

При необходимости измерения глубин с повышенной точностью (при проведении попутных гидрографических работ или гидрологических наблюдений) поправки эхолота определяются непосредственно тарированием или расчетом по гидрологическим данным.

Тарирование производится при отсутствии хода корабля, спокойном состоянии моря и на глубинах не более 50—60 м. В качестве тарирующего устройства используется хорошо отражающая ультразвуковые колебания контрольная доска, подвешенная на тросах, разбитых марками для отсчета глубин.

1. Подвести контрольную доску под вибраторы и через определенные интервалы глубины опустить до максимально возможной глубины.

2. Сопоставляя фактическую глубину погружения доски (отсчитывается по маркам на тросах) с показаниями эхолота (с учетом углубления вибраторов), на каждой глубине определить общую поправку эхолота $\Delta H_{\text{общ}}$ в м:

$$\Delta H_{\text{общ}} = H_{\text{д}} - H_{\text{вибр}} - H_{\text{э}}, \quad (6.10)$$

где $H_{\text{д}}$ — глубина погружения контрольной доски, м;

$H_{\text{вибр}}$ — углубление вибраторов, м;

$H_{\text{э}}$ — глубина, показываемая эхолотом, м.

Поправки эхолота на глубинах более 50—60 м определяются на стопе на участках с ровным дном и плотным грунтом сличением глубин, попеременно измеряемых проверяемым эхолотом и эхолотом, предварительно выверенным и отрегулированным.

По гидрологическим данным общая поправка эхолота $\Delta H_{\text{общ}}$ в м при измерении глубин от уровня вибраторов определяется по формуле

$$\Delta H_{\text{общ}} = \Delta H_{\text{с}} + \Delta H_{\text{б}} + \Delta H_{\text{н}} + \Delta H_{\text{а}}, \quad (6.11)$$

где $\Delta H_{\text{с}}$ — поправка за отклонение фактической скорости звука от расчетной, м;

$\Delta H_{\text{б}}$ — поправка за базу между вибраторами, м;

$\Delta H_{\text{н}}$ — поправка за отклонение фактической скорости вращения электродвигателя от расчетной, м;

$\Delta H_{\text{а}}$ — поправка за уклон дна, м.

Поправка за отклонение фактической скорости звука от расчетной

$$\Delta H_{\text{с}} = H_{\text{э}} \left(\frac{c}{c_{\text{р}}} - 1 \right), \quad (6.12)$$

где c — фактическая скорость звука в воде, м/сек;

$c_{\text{р}}$ — расчетная скорость звука в воде, м/сек.

Величину поправки $\Delta H_{\text{с}}$ выбирать из табл. 34-а, 34-б, 34-в МТ-63. При $c > c_{\text{р}}$ знак $\Delta H_{\text{с}}$ плюс; при $c < c_{\text{р}}$ — знак минус.

Поправка за базу между вибраторами (вседа отрицательна):

$$\Delta H_{\text{б}} = \sqrt{H_{\text{э}}^2 - \left(\frac{L}{2} \right)^2} - H_{\text{э}}, \quad (6.13)$$

где $H_{\text{э}}$ — глубина, измеренная эхолотом, м;
 L — база между вибраторами эхолота, м.

Таблица 6.1

Поправка за базу между вибраторами в м

Показания эхолота	Величина базы, м		
	0,5	1	2
0,5	-0,06	—	—
1	-0,03	-0,13	—
2	-0,01	-0,06	-0,27
3	—	-0,04	-0,17
4	—	—	-0,13
5	—	—	-0,10
6	—	—	-0,06

Поправка $\Delta H_{\text{б}}$ учитывается при измерении малых глубин.

Поправка за отклонение фактической скорости вращения электродвигателя от расчетной:

— для визуального индикатора

$$\Delta H_{\text{н}} = H_{\text{э}} \left(\frac{n_{\text{р}}}{n} - 1 \right); \quad (6.14)$$

— для самописца

$$\Delta H_{\text{н}} = H_{\text{э}} \left(\frac{t}{t_{\text{р}}} - 1 \right), \quad (6.15)$$

где n , $n_{\text{р}}$ — фактическое и расчетное число оборотов электродвигателя, об/мин;

t , $t_{\text{р}}$ — фактический и расчетный интервалы времени, соответствующие определенному числу оборотов диска (пера), сек.

Поправка $\Delta H_{\text{н}}$ учитывается, когда не удается отрегулировать скорость вращения электродвигателя до расчетной ее величины.

Поправка за уклон дна

$$\Delta H_{\text{а}} = H_{\text{р}} - H_{\text{э}} = H_{\text{э}} (\sec \alpha - 1), \quad (6.16)$$

где $H_{\text{р}}$ — глубина, которую показывал бы эхолот при ровном дне, м;

α — угол уклона дна, град.

При измерении глубин для навигационных целей эта поправка не учитывается.

Глава 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАНЕВРЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
КОРАБЛЯ И ПОПРАВК ЛАГА§ 7.1. ПОДГОТОВКА КОРАБЛЯ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ
МАНЕВРЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При подготовке корабля к определению маневренных элементов:

- принять топливо, смазочные материалы и воду для котлов в таких количествах, чтобы к среднему моменту работ они были равны половине полного запаса; это будет соответствовать нормальной водоизмещению;
- осмотреть гребные винты и перо руля для выявления и устранения возможных неисправностей;
- уточнить весовые нагрузки корабля для расчета и приведения к нормальному его водоизмещению (подводные лодки — удифферентовать);
- отрегулировать лаг и подготовить к определению его поправки;
- проверить исправность суммарных счетчиков оборотов винтов, тахометров, приборов для определения мощности машин и расхода топлива;
- проверить исправность секундомеров и определить их поправки;
- заготовить необходимые схемы для записи и обработки результатов наблюдений;
- проверить знания и умение личного состава выполнять функции, связанные с определением маневренных элементов корабля; провести тренировку с расстановкой личного состава по постам и проверку их обязанностей.

§ 7.2. ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАНЕВРЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ КОРАБЛЯ

Перед началом и концом определения маневренных элементов наблюдаются и измеряются необходимые гидрометеорологические элементы, осадка, крен, дифферент и водоизмещение корабля; результаты заносятся в навигационный журнал и соответствующие схемы записей наблюдений.

Гидрометеорологические условия. Ветер и волнение моря не должны превышать соответственно 3 и 2 баллов. Видимость ориентиров должна быть хорошая.

Глубина моря под днищем корабля на пробеге должна соответствовать данным, приведенным в табл. 7.1. При определении скоростей хода подводных лодок в подводном положении указанные в таблице глубины должны быть увеличены на глубину погружения. Глубина моря под днищем для торпедных катеров должна быть не менее 20 осадок катера.

Таблица 7.1

Минимальные глубины моря в м, не оказывающие влияния на скорость хода корабля

Скорость хода, уз	Осадка корабля, м									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	—	10	20	30	40	50	60	70	80	
15	—	20	30	40	50	65	75	90	105	
20	—	35	45	55	70	80	95	115	125	
25	40	50	65	75	90	100	115	135	150	
30	45	60	75	90	100	120	135	155	175	
35	55	70	85	100	120	140	160	185	210	
40	65	80	95	115	130	155	180	205	—	
45	70	85	105	125	145	175	—	—	—	
50	75	95	115	135	160	—	—	—	—	

Определение момента начала измерений. К началу измерений корабль должен развить назначенную скорость хода и сохранять ее в течение всего пробега. Контроль вести по указателю скорости лага и постоянству числа оборотов винтов.

Движение корабля на пробеге должно быть прямым, равномерным и осуществляться по ведущему створу, линии буев или вех; при отсутствии их систематически определять место корабля.

Длина пробега должна обеспечивать необходимую точность определения скоростей хода:

- при $V < 12$ уз — $S = 1$ мили;
- при $V = 12 \div 24$ уз — $S = 2$ мили;
- при $V = 24 \div 36$ уз — $S = 3$ мили;
- при $V > 36$ уз — $S = 4$ мили.

Число пробегов должно быть:

- 1 пробег — при отсутствии течения;
- 2 пробега — скорость течения постоянна;
- 3 пробега — ускорение течения постоянно;
- 4 пробега — ускорение течения меняется равномерно;
- 6 пробегов — ускорение течения меняется неравномерно (приливо-отливные течения).

Повороты должны выполняться по схеме (рис. 7.1): пройдя конечную точку пробега, отвернуть от берега на угол $\alpha = 10 \div 20^\circ$; пройдя расстояние $S = D_{\text{ц}} : \sin \alpha$, начать поворот на курс для обратного пробега.

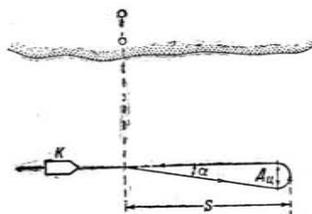


Рис. 7.1

§ 7.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА КОРАБЛЯ И ПОПРАВКИ ЛАГА

На мерной линии. Наблюдения. 1. Развить заданное число оборотов машин и лечь на курс, перпендикулярный направлению секующих створов (рис. 7.2).

2. При подходе к первому секущему створу по команде «Начать замеры»:

— наблюдатели у счетчика лага пускают секундомеры в моменты, когда показания счетчика лага соответствуют целым делениям (десятым долям мили);

— наблюдатели в машине у суммарных счетчиков пускают секундомеры в моменты появления отсчетов, кратных 100 оборотам и записывают отсчеты суммарного счетчика.

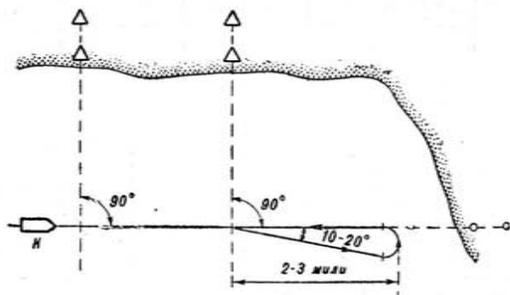


Рис. 7.2

3. При пересечении первого секущего створа по команде «Начать замеры»:

— наблюдатели (не менее трех), наблюдая створные знаки с помощью оптических средств, самостоятельно пускают секундомеры;

— замечают время по корабельным часам.

4. При подходе ко второму секущему створу по команде «Окончить замеры»:

— наблюдатели за створными знаками самостоятельно останавливают секундомеры;

— наблюдатели у счетчика лага останавливают секундомеры, когда отсчет лага будет равен целому числу кабельтовых, и записывают отсчеты лага и секундомеров;

— наблюдатели у суммарных счетчиков останавливают секундомеры, в моменты, когда отсчет счетчика будет кратным 100 оборотам, записывают показания счетчика и отсчеты секундомеров;

— замечают время по корабельным часам.

5. Все бланки в процессе наблюдений вести в заранее заготовленных бланках.

Обработка наблюдений. 1. Время пробега t_i (промежуток времени, затраченный кораблем на пробег) получается как среднее из показаний секундомеров наблюдателей за створами.

2. Наблюденная скорость V_i (скорость хода корабля на одном пробеге) в уз:

$$V_i = \frac{3600 \cdot S}{t_i}, \quad (7.1)$$

где S — длина пробега, мили;

t_i — среднее время пробега, сек.

3. Относительная скорость V_0 для данного режима работы машин рассчитывается из скоростей, наблюдаемых на каждом пробеге:

при 2 пробегах

$$V_0 = \frac{V_1 + V_2}{2}; \quad (7.2)$$

при 3 пробегах

$$V_0 = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4}; \quad (7.3)$$

при 4 пробегах

$$V_0 = \frac{V_1 + 3V_2 + 3V_3 + V_4}{8}. \quad (7.4)$$

4. Число оборотов каждого движителя в 1 мин и среднее за пробег число оборотов движителей:

$$N_{ij} = \frac{60 \Delta N_{ij}}{t_{ij}}; \quad (7.5)$$

$$N_i = \frac{\sum_{j=1}^k N_{ij}}{k}, \quad (7.6)$$

где ΔN_{ij} — разность показаний суммирующего счетчика, при которых пущены и остановлены секундомеры, об;

t_{ij} — среднее из показаний секундомеров наблюдателей у суммарных счетчиков, сек;

k — число движителей.

5. Среднее число оборотов винтов N_0 для данного режима работы машин, соответствующее относительной скорости V_0 : при 2 пробеге

$$N_0 = \frac{N_1 + N_2}{2}; \quad (7.7)$$

при 3 пробеге

$$N_0 = \frac{N_1 + 2N_2 + N_3}{4}; \quad (7.8)$$

при 4 пробеге

$$N_0 = \frac{N_1 + 3N_2 + 3N_3 + N_4}{8}. \quad (7.9)$$

6. График соответствия скорости хода числу оборотов движителей строят по величинам V_0 и N_0 на миллиметровой бумаге в прямоугольной системе координат (рис. 7.3). С графика снимаются данные для составления таблицы соответствия скорости хода числу оборотов движителей.

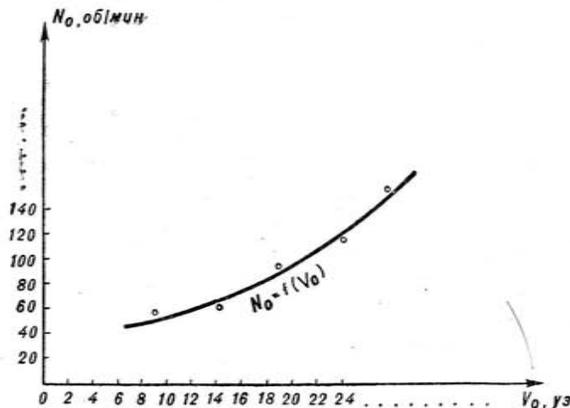


Рис. 7.3

7. Скорость по лагу на каждом пробеге в уз:

$$V_{A_i} = \frac{3600 \text{ пол}_i}{t_i},$$

где пол_i — разность отсчетов лага, при которых пущены и остановлены секундомеры наблюдателями у счетчика лага в начале и конце пробега, *мили*;

t_i^* — средний отсчет секундомеров наблюдателей у счетчика лага, *сек.*

8. Средняя скорость по лагу на режиме: при 2 пробеге

$$V_{A_0} = \frac{V_{A_1} + V_{A_2}}{2}; \quad (7.11)$$

при 3 пробеге

$$V_{A_0} = \frac{V_{A_1} + 2V_{A_2} + V_{A_3}}{4}; \quad (7.12)$$

при 4 пробеге

$$V_{A_0} = \frac{V_{A_1} + 3V_{A_2} + 3V_{A_3} + V_{A_4}}{8}. \quad (7.13)$$

9. Поправка лага ΔA в процентах и коэффициент лага k_A , соответствующие относительной скорости V_0 :

$$\Delta A = \frac{V_0 - V_{A_0}}{V_{A_0}} \cdot 100; \quad (7.14)$$

$$k_A = \frac{V_0}{V_{A_0}}. \quad (7.15)$$

10. График зависимости поправки лага от скорости хода строят по величинам ΔA и V_0 на миллиметровой бумаге в прямоугольной системе координат (рис. 7.4). С графика снимают данные для составления таблицы поправок лага.

11. Данные таблиц соответствия скорости числу оборотов движителей и поправок лага заносят в соответствующие графы таблиц навигационного журнала и справочных таблиц штурмана.

Контроль качества наблюдений и расчетов. Построить график изменения проекции вектора скорости течения во времени:

— рассчитать «аванс» — отношение скорости хода к числу оборотов движителей (путь, проходимый кораблем за один оборот винтов):

$$a = \frac{V_0}{N_0}; \quad (7.16)$$

— рассчитать отклонение числа оборотов двигателей ΔN_i на каждом пробеге от среднего числа оборотов, соответствующего данной скорости хода:

$$\left. \begin{aligned} \Delta N_1 &= N_1 - N_0 \\ \Delta N_2 &= N_2 - N_0 \\ \Delta N_3 &= N_3 - N_0 \end{aligned} \right\} \quad (7.17)$$

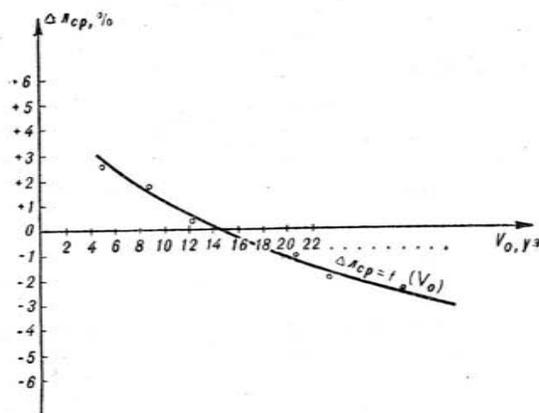


Рис. 7.4

— рассчитать отклонение скорости хода ΔV_i для каждого пробега от средней относительной скорости V_0 :

$$\left. \begin{aligned} \Delta V_1 &= a(N_1 - N_0) \\ \Delta V_2 &= a(N_2 - N_0) \\ \Delta V_3 &= a(N_3 - N_0) \end{aligned} \right\} \quad (7.18)$$

— найти скорость относительно воды на каждом пробеге V_{0i} :

$$\left. \begin{aligned} V_{01} &= V_0 + \Delta V_1 = V_0 + \Delta N_1 a \\ V_{02} &= V_0 + \Delta V_2 = V_0 + \Delta N_2 a \\ V_{03} &= V_0 + \Delta V_3 = V_0 + \Delta N_3 a \end{aligned} \right\} \quad (7.19)$$

— найти составляющие векторов скорости течения «по оборотам» на каждом пробеге v_{Ti} :

$$\left. \begin{aligned} v_{T1} &= V_1 - V_{01} \\ v_{T2} &= V_{02} - V_2 \\ v_{T3} &= V_3 - V_{03} \end{aligned} \right\} \quad (7.20)$$

— рассчитать составляющие векторов скорости течения по поправкам лага на каждом пробеге v'_{Ti} :

$$\left. \begin{aligned} v'_{T1} &= V_1 - k_A V_{A1} \\ v'_{T2} &= k_A V_{A2} - V_2 \\ v'_{T3} &= V_3 - k_A V_{A3} \end{aligned} \right\} \quad (7.21)$$

— построить график изменения скорости течения по времени. Если график получится в виде плавной кривой и величины v_{Ti} и v'_{Ti} одна от другой значительно не отличаются, наблюдения хорошего качества и течение изменялось равномерно; если кривая не будет плавной или величины v_{Ti} и v'_{Ti} значительно отличаются одна от другой, течение во время испытаний изменялось неравномерно или допущены промахи в наблюдениях и расчетах.

С помощью радиолокационных станций. В качестве ориентира могут использоваться пассивный отражатель, установленный на буге, вежа с радиолокационным отражателем, корабль, стоящий с застопоренными машинами или на якоре.

Наблюдения. 1. Развить заданное число оборотов винтов и лечь на курс таким образом, чтобы корабль шел на ориентир или от него и течение было либо попутным, либо встречным (рис. 7.5).

2. Установить на РЛС один из наибольших масштабов с таким расчетом, чтобы его не приходилось переключать на одном пробеге.

3. Обнаружив ориентир на экране ИКО, установить подвижный круг дальности (ПКД) на заранее намеченное до ориентира расстояние; за 1 мин до прихода на это расстояние подать команду «Товсь».

4. В момент прихода на установленное до ориентира расстояние (эхо-сигнал ориентира коснется ПКД) наблюдатель у радиолокатора подает команду «Ноль», по которой наблюдатели пускают секундомер, замечают по счетчику лага o_l и начинают наблюдения по суммарному счетчику оборотов.

5. Дважды последовательно уменьшить расстояние на ИКО на 1—2 каб и в момент касания эхо-сигналов ориентира с ПКД подать команду «Ноль», по которым наблюдатели пускают второй и третий секундомеры; замечают по счетчику лага OL_2 и OL_3 .

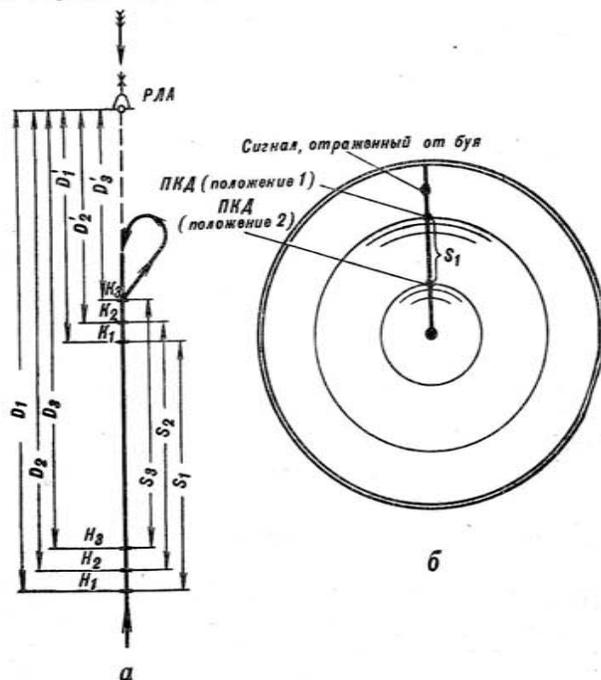


Рис. 7.5

6. Установить ПКД на расстоянии меньше первоначального на 1—3 мили (в зависимости от скорости хода); за 1 мин до прихода на новое расстояние подать команду «Ноль».

7. В момент касания эхо-сигнала ориентира с ПКД подать команду «Ноль», по которой наблюдатели останавливают первый секундомер, замечают по счетчику лага OL_1 , заканчивают наблюдение по суммарному счетчику оборотов.

8. Дважды последовательно уменьшить расстояние на ИКО на 1—2 каб и в момент касания эхо-сигнала с ПКД подать коман-

ду «Ноль», по которой наблюдатели останавливают второй и третий секундомеры; по счетчику лага замечают OL_2 и OL_3 .

9. Все записи в процессе наблюдений вести в заранее заготовленных бланках.

Обработка наблюдений. 1. Рассчитать среднее значение пройденных расстояний S и rol .

2. Дальнейшую обработку делать в соответствии с методикой, изложенной в разделе «На мерной линии».

На всерной мерной линии. Наблюдения. 1. Развить заданное число оборотов машин и лечь на курс, параллельный линии, соединяющей наблюдаемые на берегу или на воде ориен-

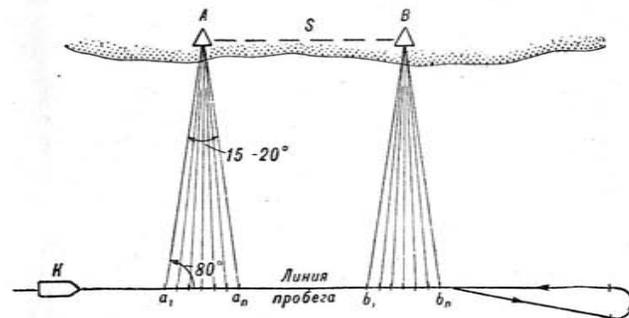


Рис. 7.6

тиры А и В; направление пробега выдерживать по компасу (рис. 7.6).

2. В момент прихода первого ориентира на КУ $\approx 80^\circ$ подать команду «Ноль первый», по которой наблюдатели пускают секундомер, берут пеленг на ориентир и замечают отсчет лага.

3. В дальнейшем в секторе $15-20^\circ$ по командам «Ноль второй», «Ноль третий» и т. д. наблюдатели берут серию (7—11) пеленгов на первый ориентир через $1-2^\circ$ или через равные промежутки времени по секундомеру.

4. Аналогичные наблюдения производятся относительно второго ориентира.

5. Все записи в процессе наблюдений вести в заранее заготовленных бланках.

Обработка наблюдений. 1. Для каждого пробега по измеренным пеленгам двух ориентиров и соответствующим им моментам по секундомеру на миллиметровой бумаге построить график изменения пеленгов по времени (рис. 7.7); масштаб для построения графика: 1° в 5 мм и 1 сек в 1 мм.

2. Для произвольно выбранных параллельных пеленгов с графика снять в 5—7 местах моменты, когда корабль находится на линиях равных пеленгов на ориентире.

3. По разности моментов рассчитать продолжительность пробега Δt_i между параллельными пеленгами.

4. По снятой с графика продолжительности пробега и известному расстоянию S между ориентирами для каждой пары пеленгов рассчитать скорости хода; среднее арифметическое этих скоростей будет скоростью хода корабля на пробеге.

5. Дальнейшую обработку производить в соответствии с методикой, изложенной в разделе «На мерной линии» этого параграфа.

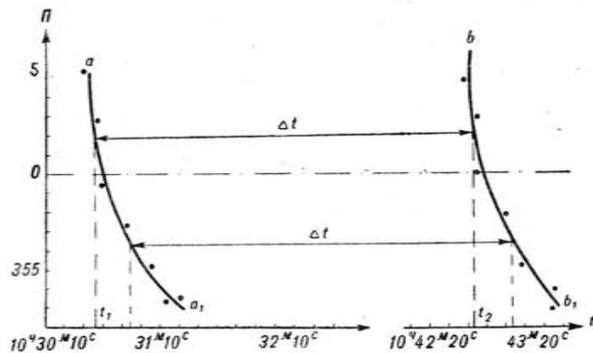


Рис. 7.7

§ 7.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ХОДА ПОДВОДНЫХ ЛОДОК В ПОДВОДНОМ ПОЛОЖЕНИИ

На мерной линии. Наблюдение ведущего и секущих створов ведется через перископ (перископы); скорость хода и глубина погружения подводной лодки ограничены. Маневрирование, наблюдение и вычисление выполняются аналогично определению скоростей хода надводных кораблей.

На кабельной мерной линии. Подводные кабели выполняют роль секущих створов; наблюдения могут вестись в широком диапазоне глубин. Моменты прохождения подводной лодки над кабелями отмечаются специальными индикаторами и фиксируются секундомерами или другими измерителями времени. Характер маневрирования, порядок наблюдений и обработка их такие же, как и на визуальной мерной линии.

Гидроакустическим способом. Ориентирами служат излучатели подводных сигналов, установленные на заданной глубине на определенном расстоянии; пеленги на излучатели подводных сигналов измеряются с помощью шумопеленгаторной станции. Маневрирование подводной лодки, наблюдения и обработка результатов наблюдений такие же, как и на верной мерной линии. Число пеленгов в каждой серии берется больше ввиду меньшей их точности.

§ 7.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНЕРЦИИ КОРАБЛЯ

Время инерции t отсчитывается по секундомеру. Пройденное кораблем по инерции расстояние может быть определено по числу длин корабля, с помощью РЛС, секундомера и лага.

По числу длин корабля. 1. Подготовить несколько поплавков (чурок); выставить наблюдателей на носу и корме, установив между ними связь (свистком, флажками или по телефону).

2. В момент перевода ручек машинного телеграфа в новое положение наблюдатель на носу сбрасывает поплавок; наблюдатель на мостике в этот момент пускает секундомер (рис. 7.8).

3. Когда первый поплавок окажется на траверзе наблюдателя на корме, он подает сигнал, по которому наблюдатель на носу сбрасывает следующий поплавок.

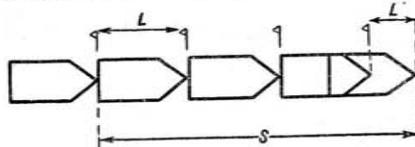


Рис. 7.8

4. Сбрасывание поплавков продолжают до момента, пока корабль не разовьет новую заданную скорость. В этот момент останавливают секундомер, определяют расстояние от носа или от кормы корабля до последней сброшенной чурки.

5. Пройденное кораблем по инерции расстояние

$$S = L(n - 1) + L', \quad (7.22)$$

где L — длина корабля, м;
 n — число сброшенных поплавков;
 L' — расстояние от форштевя до последнего сброшенного поплавка в момент завершения маневра, м.

С помощью РЛС. 1. Корабль приводит ориентир (буй с пассивным отражателем, корабль, стоящий с застопоренными машинами, или радиолокационную вежу) на $KV = 0$ (180°) и развивает необходимую скорость хода (рис. 7.9).

2. Устанавливают ПКД на определенное расстояние, например на 1 или 2 мили; в момент касания эхо-сигнала ориентира и ПКД машинный телеграф ставят в новое положение, пускают секундомер.

3. Когда корабль войдет в новый режим движения, измеряют расстояние до ориентира и останавливают секундомер.

4. Пройденное кораблем по инерции расстояние равно разности расстояний, измеренных до ориентира в начале и в конце наблюдений.

С помощью секундомера и лага. 1. В момент подачи команды об изменении режима работы машин пускается секундомер и замечается отсчет лага.

2. По показаниям указателя скорости лага определяют момент полной остановки корабля (развития им скорости хода, соответ-

ствующей новому числу оборотов винтов); в этот момент останавливают секундомер и вторично замечают отсчет лага.

3. Пройденное по инерции расстояние равно разности отсчетов лага, исправленной поправкой лага.

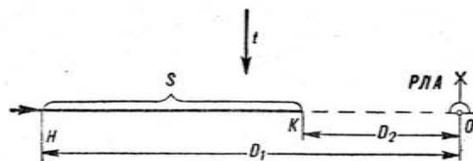


Рис. 7.9

По результатам определения составляется таблица инерции корабля по расстоянию (по времени), данные которой заносятся в Справочные таблицы штурмана.

§ 7.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИРКУЛЯЦИИ

С помощью РЛС. 1. Развив заданную скорость, привести радиолокационный отражатель на $KУ = 70 \div 80^\circ$; расстояние до отражателя в момент траверза должно быть 4–5 каб (рис. 7.10).

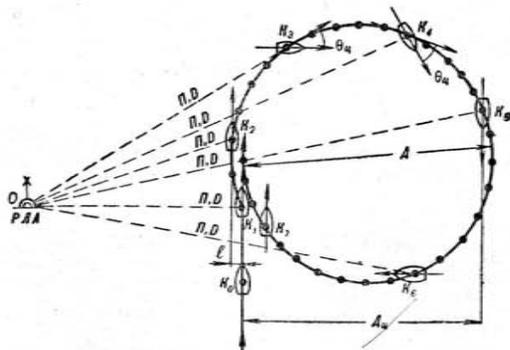


Рис. 7.10

2. За 1 мин до прихода на траверз отражателя подать команду «Товсь», а в момент траверза — «Ноль» (точка K_1). Радиолокатором через каждые 10–20 сек измерять пеленги на отражатель и расстояния до него, пустить три секундомера, заметить

курс по гирокомпасу, переложить руль на заданное число градусов.

3. В момент начала поворота корабля (точка K_2) остановить один секундомер; отсчет по секундомеру покажет величину мертвого промежутка.

4. Придя по гирокомпасу на обратный курс, остановить второй секундомер; придя на начальный курс, остановить третий секундомер.

5. На листе бумаги от одной начальной точки в произвольном масштабе проложить истинные пеленги и измеренные расстояния; полученные точки соединить плавной кривой, с которой снять элементы циркуляции.

С помощью приставки «Пальма». 1. Установить на приставке «Пальма» крупномасштабный планшет (1 : 25 000) или чистый лист бумаги, согласовать масштаб радиолокационного изображения с масштабом планшета. Для этого на планшете вычертить в масштабе 1 : 25 000 концентрические окружности, рукояткой «Масштаб грубо» установить первый поддиапазон (от 1 : 25 000 до 1 : 50 000), рукояткой «Масштаб плавно» совместить масштабные кольца ИКО с концентрическими кольцами на планшете.

2. Подходя к ориентиру на расстояние 4–5 каб, начать описывать циркуляцию; в момент подачи команды на руль пустить три секундомера, на планшете отметить видимое положение ориентира.

3. В момент начала поворота корабля (определяется по компасу) остановить один из секундомеров; отсчет по секундомеру покажет величину мертвого промежутка. Заметить отсчеты по двум другим секундомерам и отметить на планшете видимое положение ориентира.

4. Через равные промежутки времени (10–15 сек) на планшете отмечать видимое положение ориентира; при каждой отметке записывать курс по гирокомпасу, крен по кренометру.

5. Придя на обратный курс, остановить второй секундомер; придя на начальный курс, остановить третий секундомер.

6. Полученные точки соединить плавной кривой, с которой снять элементы циркуляции.

Упрощенные способы используются для определения только основных элементов циркуляции — тактического диаметра $D_{ц}$ и времени T_{180} циркуляции на 180° .

По створу и горизонтальным углам:

— развить заданную скорость хода и лечь на курс, перпендикулярный створу (рис. 7.11);

— при подходе к створу по команде «Товсь» наблюдатель с секстаном совмещает в поле зрения трубы передний (или задний) створный знак с выбранным на берегу ориентиром M_1 ;

— в момент пересечения створа (точка A) по команде «Ноль» корабль начинает поворот; пустить секундомер и измерить горизонтальный угол α_1 ;

— при подходе корабля к обратному курсу (точка B), перпендикулярно линии створа, остановить секундомер и одерживать корабль на курсе; в момент пересечения курса (точка C) вторично измерить горизонтальный угол α_2 ;

— на карте крупного масштаба нанести места корабля в моменты пересечения створов способом пеленга и горизонтального угла; $D_{ц}$ снять с карты как расстояние между точками A и C на линии створа,

Аналитический расчет тактического диаметра циркуляции

$$D_{ц} = d(\operatorname{ctg} \alpha_2 - \operatorname{ctg} \alpha_1), \quad (7.23)$$

где d — длина перпендикуляра, опущенного из точки M на линию створа, каб.

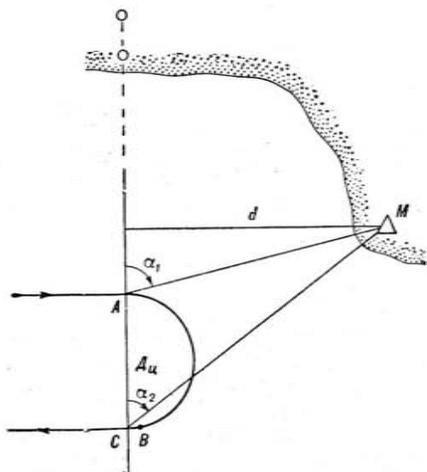


Рис. 7.11

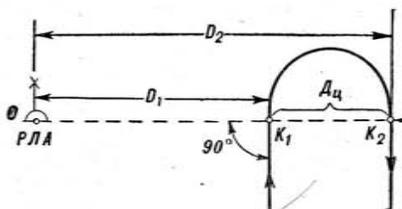


Рис. 7.12

По траверсным расстояниям:

— развить заданную скорость хода, лечь на курс с расчетом пройти ориентир в расстоянии 5–10 каб; наблюдение вестей по ИКО радиолокатора (рис. 7.12);

— на траверзе ориентира по команде «Ноль» подать команду на руль о начале поворота, пустить секундомер, радиолокатором измерить расстояние до ориентира D_1 ;
— придя на обратный курс, удержать корабль на этом курсе, остановить секундомер и в момент траверза измерить расстояние до ориентира D_2 ;
— рассчитать тактический диаметр циркуляции как разность измеренных траверзных расстояний

$$D_{ц} = D_2 - D_1. \quad (7.24)$$

С помощью автопрокладчика:

— на планшет автопрокладчика под карандаш заложить чистый лист бумаги, на масштабном приборе установить самый крупный масштаб;
— развить заданную скорость хода, описать циркуляцию, кривая которой вычерчивается автопрокладчиком;
— с планшета автопрокладчика снять величину тактического диаметра циркуляции, пользуясь значением частного масштаба M_T ;

$$M_T = M_{ГП} \frac{\cos \varphi_{ГП}}{\cos \varphi_T}, \quad (7.25)$$

где $M_{ГП}$ — главный масштаб (масштаб на главной параллели);

$\varphi_{ГП}$ — широта главной параллели, град;

φ_T — текущая широта, град.

По гирокомпасу и лагу:

— в начале и в конце циркуляции заметить курсы корабля и отсчеты лага;

— рассчитать угол поворота корабля и путь, пройденный им на циркуляции;

— приняв кривую циркуляции за дугу окружности, вычислить тактический диаметр циркуляции

$$D_{ц} = \frac{360 S_A}{3,14 \alpha} = 114,6 \frac{S_A}{\alpha}, \quad (7.26)$$

где S_A — расстояние, пройденное кораблем на циркуляции, каб;

α — угол поворота корабля, град.

Элементы циркуляции подводных лодок в подводном положении определяют одним из способов:

— по точкам, положение которых определяется по пеленгам и траверсным расстояниям, измеренным гидролокатором до пассивного отражателя или шумопеленгатором до подводного излучателя;

— с помощью автопрокладчика;

— по гирокомпасу и лагу.

§ 7.7. СОСТАВЛЕНИЕ ТАБЛИЦЫ ЦИРКУЛЯЦИИ

Точный способ. Все элементы циркуляции снять с планшета, на котором кривая циркуляции проведена через нанесенные точки.

Приближенный способ. Элементы циркуляции вычислить по формулам (рис. 7.13):

$$S = 0,0175R_{ц}\alpha; \quad (7.27)$$

$$d = 2R_{ц} \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (7.28)$$

$$d_1 = R_{ц} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (7.29)$$

$$T = \frac{T_{180}\alpha}{180}, \quad (7.30)$$

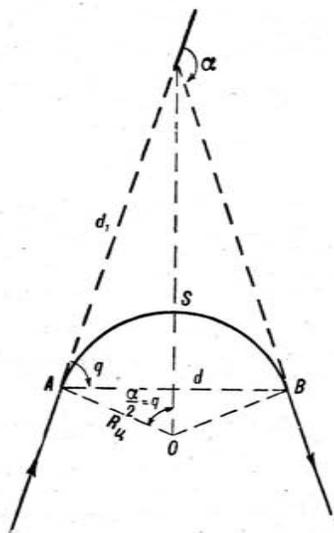


Рис. 7.13

где S — плавание на циркуляции, каб;
 $R_{ц}$ — радиус циркуляции корабля, каб;
 α — угол поворота на новый курс, град;
 d — промежуточное плавание, каб;
 d_1 — расстояние до нового курса, каб;
 T — время поворота на новый курс, мин и сек;
 T_{180} — время поворота на обратный курс, мин.
 Элементы циркуляции корабля учитывать по табл. 30 МТ-63.

§ 7.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ (ВСПЛЫТИЯ) ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ НА ГЛУБИНУ (С ГЛУБИНЫ)

1. В момент подачи команды «Ход столько-то узлов, нырять на столько-то метров с дифферентом столько-то градусов» по команде «Ноль» пустить секундомер, заметить отсчет лага; рулевой-горизонтальщик должен докладывать об изменении глубины через каждые 2 м.

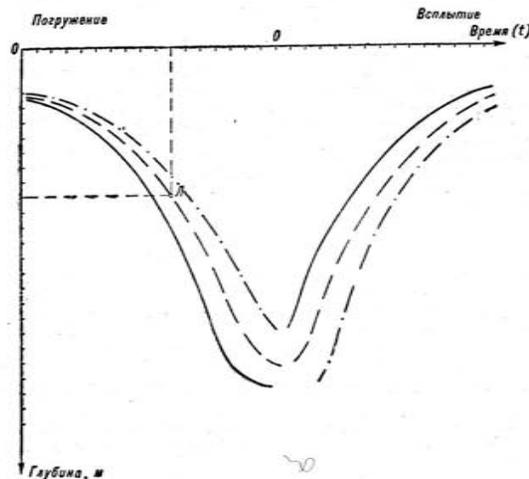


Рис. 7.14

2. В момент прихода подводной лодки на заданную глубину остановить секундомер, заметить отсчет лага. Аналогичные действия выполнить при всплытии подводной лодки с заданной глубины под перископ.

3. Построить график погружения и всплытия (график подныривания): по оси абсцисс отложить время через 10 сек, по оси ординат — глубину, начиная с перископной и далее через каждый метр (рис. 7.14). По данным наблюдений нанести точки, по которым построить кривые; каждую кривую вычертить своим цветом.

4. С помощью графика составить таблицы погружения и всплытия по времени и на расстоянии, в которых показывается время погружения на различные глубины при разных скоростях хода и углах дифферента и проходимые при этом подводной лодкой расстояния.

Глава 8

НАВИГАЦИОННАЯ ПРОКЛАДКА

§ 8.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ДЛЯ ПРОКЛАДКИ

Навигационная прокладка — совокупность графических работ, выполняемых на карте или планшете при счислении пути корабля и определении его места. В процессе прокладки ведутся соответствующие расчеты и записи в навигационных документах.

Перед ведением прокладки подготовить рабочее место:

- убрать все лишнее с прокладочного стола;
- карту положить так, чтобы ближайший край не свисал со стола (если есть прорезь в столе, заправить в нее ближайший край карты);
- раскрытый навигационный журнал положить с правой стороны так, чтобы видны были обе страницы. Простой карандаш с маркой М, предназначенный только для записи в навигационном журнале, положить на журнал;
- справочные таблицы повесить в рамке на удобном месте, логарифмическую линейку положить с левой стороны;
- параллельную линейку и транспортир положить перед собой на карту;
- простой карандаш с маркой ТМ или СТ, мягкую резинку, циркуль-измеритель и записную книжку штурмана (ЗКШ) положить с правой стороны.

§ 8.2. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОКЛАДКИ НА КАРТЕ

Графическое оформление прокладки на карте производить в строгом соответствии с правилами, изложенными в Правилах штурманской службы № 27 (ПШС-27). Образец оформления навигационной прокладки приведен на рис. 8.1.

1. Прокладку на карте вести остро отточенным графитовым карандашом средней твердости ТМ, СТ или НВ. Карандашные надписи стирать мягкой резинкой.

2. Курс прокладывать в виде линии не толще линий меридианов и параллелей, изображенных на карте.

3. Вдоль линии курса (при плавании без дрейфа или сноса на течении) записывать компасный курс до десятых долей градуса, а в скобках — величину поправки компаса с ее знаком.

4. При учете дрейфа компасный курс, величину поправки компаса (со своим знаком в скобках) и угол дрейфа писать вдоль линии пути; линию курса наносить при углах дрейфа и сноса больше 4° ; линию пути наносить более жирной прямой по сравнению с линией курса.

5. При учете течения линию курса прокладывать тонкой линией, а путь — линией несколько толще, но не толще линий, изображающих меридианы и параллели на карте. Вдоль линии пути (вне угла сноса) писать компасный курс, величину поправки компаса с ее знаком и угол сноса; в случае когда угол сноса равен нулю (при попутном или встречном течении), писать $\beta=0$.

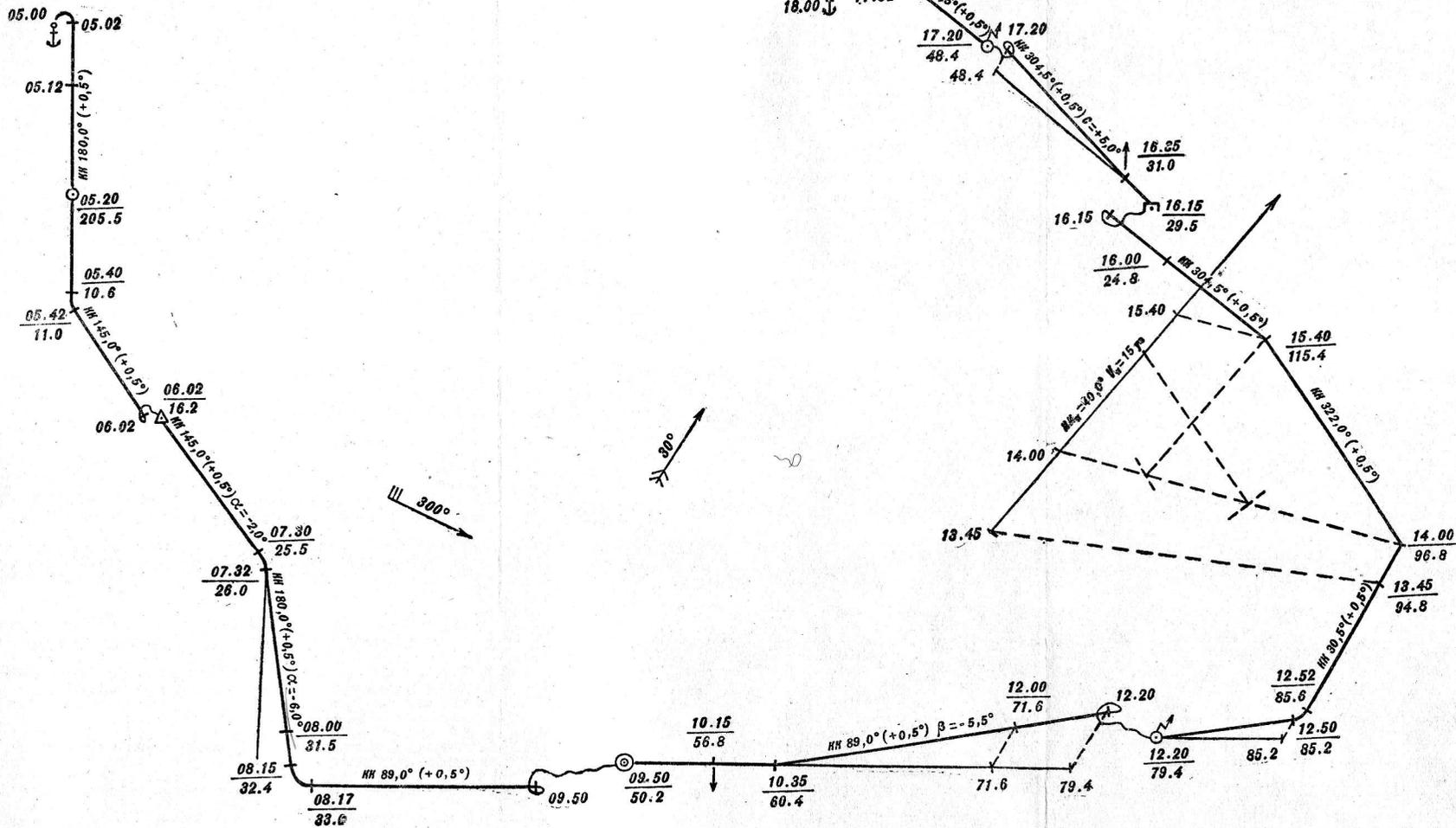


Рис. 8.1

6. При совместном учете дрейфа и течения линию пути с учетом дрейфа проводить тонко, а линию пути от совместного учета дрейфа и течения несколько толще. Линию курса наносить при углах дрейфа и сноса более 4° . Надпись компасного курса, величину поправки компаса (с ее знаком в скобках) и угла сноса делать вдоль линии пути от совместного учета дрейфа и течения вне угла сноса. Если угол сноса $c = \alpha + \beta = 0$, то писать $c=0$.

7. Надписи компасного курса, поправки компаса и величины угла дрейфа или угла сноса на карте писать для данного курса один раз; после определений места корабля надписи не повторять.

8. Линию курса при плавании подводной лодки в подводном положении на карте проводить сплошной; моменты погружения и всплытия в надводное положение на линии пути отмечать соответственно стрелкой вниз и вверх.

9. Счислимое место корабля на карте отмечать небольшой черточкой, перпендикулярной линии курса (пути). Около счислимых мест корабля (при отсутствии течения) время и отсчет лага писать на карте в виде дроби: числитель — часы и минуты, знаменатель — отсчет лага. Черту дроби проводить с помощью линейки или транспортира параллельно параллели так, чтобы ее концы не выходили за боковые края цифр числителя и знаменателя. При учете течения и совместном учете дрейфа и течения время и отсчет лага писать у счислимых точек линии пути снаружи угла сноса; на линии курса писать только отсчет лага.

10. Обсервованные места корабля на карте обозначать соответствующими условными знаками; у обсервованного места записывать время и отсчет лага.

11. При определении места корабля по пеленгам на карте истинные пеленги проводить тонкими линиями в виде отрезков прямой в районе счислимого места.

12. Все счислимые и обсервованные места корабля связывать между собой линиями пути или обозначением невязок, благодаря чему на карте разрывов в прокладке не должно быть.

13. Все надписи на карте делать разборчиво и аккуратно. Цифры, обозначающие время, отсчет лага, компасный курс и другие величины, по размерам должны быть не больше цифр, показывающих глубины на карте.

14. Неправильно написанное, неверно проложенный курс, пеленг и другие лишние линии, нанесенные на карту, тщательно стирать мягкой резинкой.

§ 8.3. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОКЛАДКИ НА КАРТАХ И КАРТАХ-СЕТКАХ В ПРОЕКЦИИ МЕРКАТОРА

Нанесение точки по заданным координатам осуществляется с помощью параллельной линейки или циркуля методом засечек:

— на вертикальной рамке карты отметить точку, соответствующую заданной широте, на горизонтальной — точку, соответствующую долготе;

— в месте пересечения линий, параллельных меридианам и параллелям и проходящих через отмеченные точки на рамках карты, будет заданная точка;

— при пользовании циркулем заданная точка получится в пересечении двух соответствующих засечек.

Измерение расстояния между двумя точками производить с помощью циркуля-измерителя и отсчитывать на вертикальной рамке

карты в той же широте, десятые доли мили оценивать на глаз; если измеряемое расстояние велико, то его измерять по частям, снимая длину каждой части в соответствующей широте. Ломаные линии измерять последовательным наращиванием раствора циркуля-измерителя прямолинейными отрезками, как показано на рис. 8.2. Соответствующее раствору циркуля-измерителя расстояние снять с боковой рамки карты.

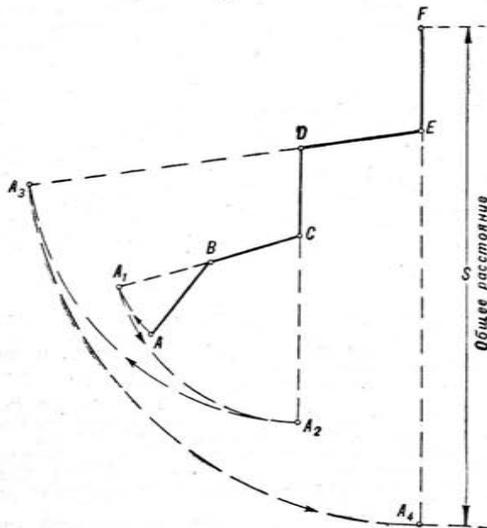


Рис. 8.2

Измерение направлений прямых линий производить с помощью транспортира и параллельной линейки:

— снять отсчет против риски на градусной дуге, совпадающей с одним из промежуточных меридианов при совмещении с ним центрального штриха транспортира; десятые доли градуса оценить на глаз;

— отсчет направления делать по одному из двух рядов чисел, нанесенных на дуге транспортира, который соответствует искомому направлению по круговой системе счета; измеренное направление является локсодромическим;

— для получения ортодромического направления из полученного при измерении направления вычесть ортодромическую поправку ϕ .

Прокладка отрезка прямой от заданной точки по заданному направлению:

— наложить транспортир на промежуточный меридиан карты, ближайший к заданной точке, так, чтобы центральный штрих транспортира и деление на его градуированной дуге, соответствующее заданному направлению, совпадали с этим меридианом;

— с помощью параллельной линейки провести заданное направление через заданную точку;

— требуемое расстояние снять с боковой рамки карты в той широте, в которой оно будет откладываться, и перенести на проложенную прямую.

Перенос точки с одной карты на другую производить по координатам или по направлению и расстоянию. Перенос точки по координатам производить тогда, когда обе карты имеют одну и ту же геодезическую основу. При различной геодезической основе карт переносить точку по направлению и расстоянию:

— на первой карте вблизи выбранной точки выбрать какой-либо ориентир (маяк, знак и т. д.), нанесенный также на вторую карту;

— на первой карте снять направление от выбранного ориентира на заданную точку и измерить расстояние между точкой и ориентиром;

— на второй карте от выбранного ориентира провести линию по направлению, снятому с первой карты, и по этой линии отложить от ориентира (в масштабе второй карты) расстояние, измеренное на первой карте.

§ 8.4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОКЛАДКИ НА КАРТАХ В ПРОЕКЦИИ ГАУССА

Нанесение точки по заданным координатам. При известных географических координатах положение точки получается в пересечении двух прямых, проведенных через штрихи, предварительно нанесенные на рамках карты и соответствующие заданным значениям широты и долготы. Штрихи заданной широты наносить на восточной и западной рамках, а штрихи заданной долготы — на северной и южной рамках.

При известных прямоугольных координатах x и y положение точки наносить с помощью координатометров, которые изготовлены для стандартных масштабов 1:25 000, 1:50 000 и 1:100 000 (рис. 8.3). Зная координаты x и y , найти квадрат, в котором расположена точка. Наложить координатометр на карту так, чтобы одна его сторона совпала с южной километровой линией выбранного квадрата, а вершина прямого угла отстояла от юго-западного угла квадрата на величину Δy (разность y точки и $y_{\text{ж}}$ ближайшей слева километровой линии). По другой шкале координатометра отсчитать величину Δx (разность x точки и $x_{\text{ж}}$ южной стороны квадрата); уколком циркуля нанести искомую точку.

Снятие (измерение) координат заданной точки. С помощью координатометра на карте измерить величины Δx и Δy относительно южной и западной километровых линий квадрата, где расположена точка; приращение координат Δx и Δy просуммировать с координатами километровых линий, от которых измерялись эти приращения.

Измерение расстояния между точками. При измерении расстояния между двумя точками в километрах ножки циркуля-измерителя совместить с этими точками, затем циркуль расположить по одной из километровых линий и считать число километров, вмещающихся между остриями ножек; доли километров оценивать на глаз.

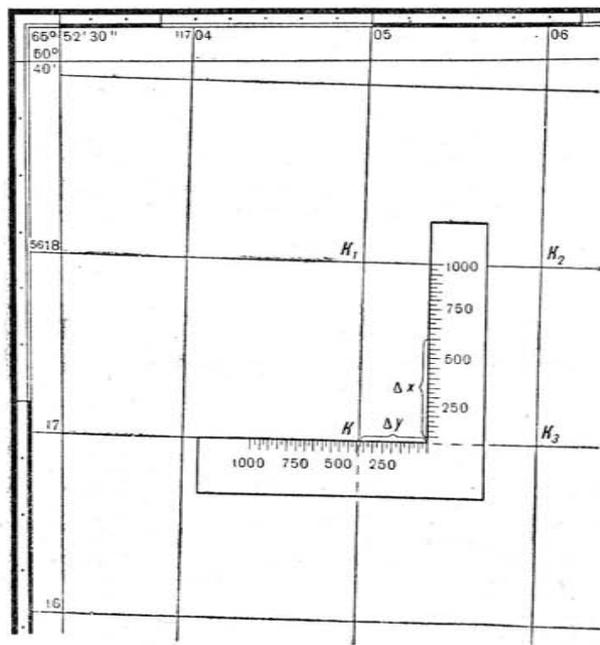


Рис. 8.3

При измерении расстояния в морских милях ножки циркуля, имеющие разворот, соответствующий измеряемому расстоянию, расположить вдоль восточной или западной рамки карты с минутными делениями широты и считать это расстояние.

Измерение направлений. Для измерения истинного пеленга на карте провести истинный меридиан через одинаковые деления долготы на северной и южной рамках карты; направление измерить транспортиром обычным порядком.

Для измерения дирекционного угла отсчитывать его от северной части любой километрововой линии $y = \text{const}$.

Прокладка отрезка прямой от заданной точки по заданному направлению. Заданную точку на карту нанести по ее географическим или прямоугольным координатам.

Направление, задаваемое дирекционным углом, прокладывать с помощью транспортира и линейки от северной части километрововой линии $y = \text{const}$.

Заданное расстояние в километрах и его долей снимать с поперечного масштаба с помощью циркуля-измерителя; заданное расстояние в морских милях снимать с боковой рамки карты в минутных делениях широты.

Перенос точки с одной карты на другую осуществлять по координатам или по направлению и расстоянию от ориентира, имеющегося на обеих картах.

§ 8.5. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОКЛАДКИ НА КАРТАХ И КАРТАХ-СЕТКАХ В ГНОМОНИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ

Нанесение точки по заданным координатам:

— по заданной долготе проинтерполировать промежутки между меридианами на северной и южной параллелях четырехугольника, в котором расположена точка; через полученные засечки провести дополнительные меридианы;

— интерполируя по меридианной шкале промежутки между параллелями, циркулем-измерителем снять отрезок, соответствующий заданной широте;

— снятый отрезок отложить на дополнительном меридиане от соответствующей параллели.

Снятие (измерение) координат заданной точки:

— циркулем-измерителем измерить кратчайшее расстояние от точки до ближайшей параллели;

— отложить полученный отрезок от соответствующей параллели на восточном и западном меридианах четырехугольника, в котором расположена точка; по меридианной шкале снять широту точки;

— интерполируя промежуток между меридианами на уровне полученной параллели, снять долготу точки; интерполирование промежутка между меридианами выполнять с помощью прозрачной делительной палетки, подготовленной заранее (рис. 8.4).

Прокладка (снятие) заданного направления. На картах и картах-сетках масштаба 1:500 000 и крупнее истинные направления *ИИ* (азимут, пеленг, курс) практически равны гномоническим направлениям *ГН* (азимут, пеленг, курс). Прокладка (снятие) заданного ортодромического направления на картах в нормальной гномонической проекции масштаба мельче 1:500 000 (рис. 8.5):

— проложить меридиан точки, при которой делается измерение;

— заданное истинное направление перевести в гномоническое по формуле

$$ГН = ИИ + \Delta И, \quad (8.1)$$

где $\Delta И$ — поправка, выбираемая из табл. 8.1;

— проложить полученное *ГН* на карте от меридиана точки;

— для нахождения истинного направления по снятому с карты гномоническому поправку $\Delta И$ выбрать из табл. 8.1 по гномоническому направлению.

Таблица 8.1

Поправки ΔH в град для перевода истинных направлений в гномонические и обратно

$$(\Gamma H = \text{ИИ} + \Delta H; \text{ИИ} = \Gamma H - \Delta H)$$

ИИ, град		Широта, град								ИИ, град			
(-)	(+)	62	66	70	74	78	82	86	(-)	(+)			
0	90	90	180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180	270	270	360
4	86	94	176	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	184	266	274	356
8	82	98	172	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	188	262	278	352
12	78	102	168	1,4	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	192	258	282	348
16	74	106	164	1,8	1,3	0,9	0,6	0,3	0,1	196	254	286	344
20	70	110	160	2,2	1,6	1,1	0,7	0,4	0,2	200	250	290	340
24	66	114	156	2,5	1,9	1,3	0,8	0,5	0,2	204	246	294	336
28	62	118	152	2,9	2,1	1,5	0,9	0,5	0,2	208	242	298	332
32	58	122	148	3,1	2,3	1,6	1,0	0,6	0,3	212	238	302	328
36	54	126	144	3,3	2,4	1,7	1,1	0,6	0,3	216	234	306	324
40	50	130	140	3,5	2,5	1,7	1,1	0,6	0,3	220	230	310	320
44	46	134	136	3,5	2,6	1,8	1,1	0,6	0,3	224	226	314	316

Таблица вычислена по формуле

$$\Delta H = \Gamma H - \text{ИИ} = \arctg(\text{tg ИИ} \sin \varphi) - \text{ИИ},$$

где φ — широта точки, при которой производится измерение.
Знак ΔH указан в столбце аргумента ИИ.

Учет искажений измеренных углов на картах в косоугольной или поперечной гномонической проекции масштаба мельче 1:500 000 (рис. 8.6):

- точку А, при которой производится измерение, соединить с центральной точкой карты Ц;
- по географическим координатам точки А (φ_A , λ_A) и центральной точки Ц (φ_C , λ_C) вычислить z :

$$\cos z = \sin \varphi_A \sin \varphi_C + \cos \varphi_A \cos \varphi_C \cos(\lambda_A - \lambda_C); \quad (8.2)$$

- измерить на карте ΓH_1 и ΓH_2 ;
 - ΓH_1 и ΓH_2 перевести в ИИ_1 и ИИ_2 , используя в качестве аргумента для входа в табл. 8.1 вместо φ величину $(90^\circ - z)$;
 - истинное направление найти как сумму ИИ_1 и ИИ_2 .
- Прокладка заданного локсодромического направления (рис. 8.7):
- в заданном районе провести меридианы через 1-2°;
 - при использовании карты в нормальной гномонической проекции масштаба мельче 1:500 000 локсодромическое направление

ние перевести в гномоническое ΓH ; при использовании карты масштаба 1:500 000 гномоническое направление принять равным локсодромическому;

— проложить отрезки прямых от начальной точки под углом

$$\Gamma H_{\text{ср}} = \Gamma H \pm \frac{\Delta \lambda}{2} \quad (8.3)$$

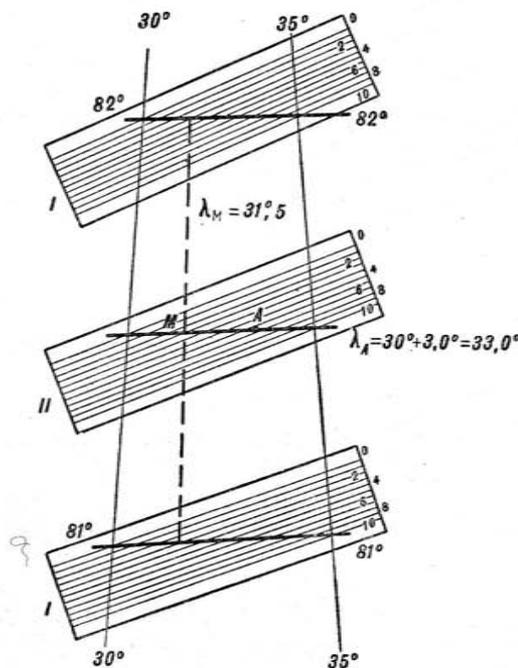


Рис. 8.4

к ее меридиану и далее от точек пересечения этих отрезков с последующими меридианами. $\frac{\Delta \lambda}{2}$ — полуразность долгот дополнителных меридианов; знак плюс — при $\Gamma H < 180^\circ$, знак минус — при $\Gamma H > 180^\circ$.

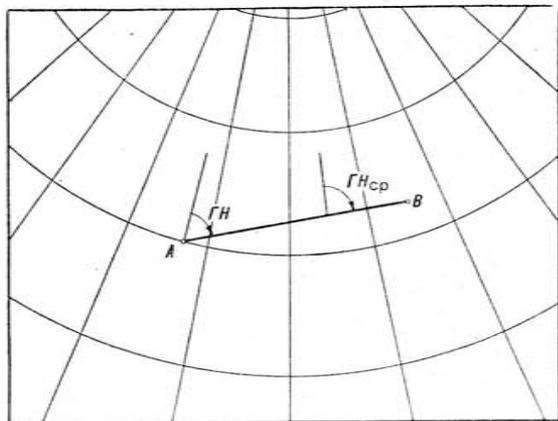


Рис. 8.5

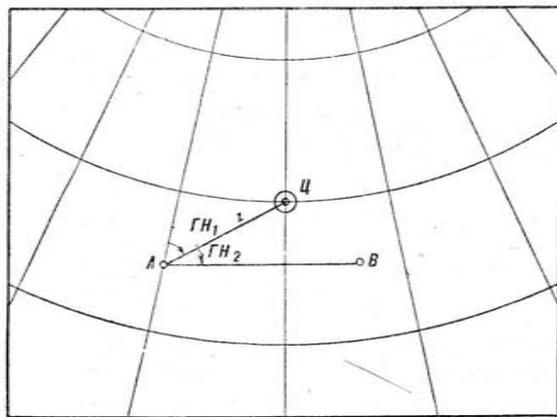


Рис. 8.6

Прокладка и измерение расстояний. На картах и картах-сетках масштаба 1 : 500 000 и крупнее истинные расстояния практически равны гномоническим. Прокладка и измерение расстояний на картах в нормальной гномонической проекции масштаба мельче 1 : 500 000 (рис. 8.5):

- пользуясь табл. 8.1, перевести истинное (ортодромическое) направление ИИ в гномоническое ГН;
- по географическим координатам нанести заданную точку А и из нее проложить направление под углом ГН;

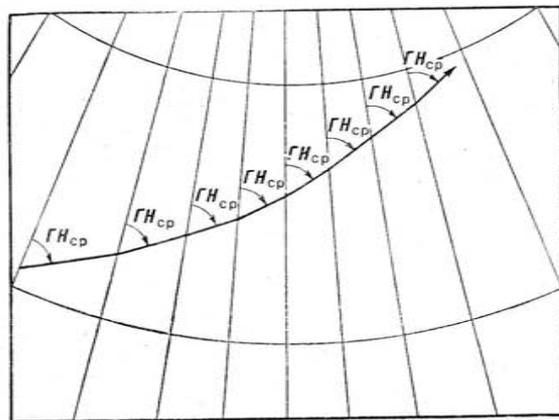


Рис. 8.7

- рассчитать величину $\Gamma H_{ср}$ по формуле (8.3), где $\Delta\lambda$ — разность долгот конечной и исходной точек;
- заданное расстояние $S_{орт}$ перевести в гномоническое $S_{г}$:

$$S_{г} = S_{орт} - S_{орт} \frac{\delta S}{100}, \quad (8.4)$$

где δS — поправка, выбираемая из табл. 8.2 по приближенному значению широты середины прокладываемого отрезка $\varphi_{ср}$ и $\Gamma H_{ср}^{\circ}$;

— циркулем-измерителем снять $S_{г}$ с меридианной шкалы вблизи середины расстояния и проложить по направлению ГН. При измерении расстояния на гномонической карте истинное расстояние

$$S_{орт} = S_{г} + S_{г} \frac{\delta S}{100}, \quad (8.5)$$

где δS — поправка к расстоянию, выбираемая из табл. 8.2, %.

Таблица 8.2

Направление, град				Поправки δS в % к расстояниям								
				Широта, град								
				62	66	70	74	78	82	86		
0	180		360									
10	170	190	350	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1				
20	160	200	340	1,3	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1			
30	150	210	330	2,8	2,1	1,5	1,0	0,5	0,2	0,1		
40	140	220	320	4,7	3,5	2,4	1,6	0,9	0,4	0,1		
50	130	230	310	6,7	5,0	3,5	2,3	1,3	0,6	0,1		
60	120	240	300	8,6	6,4	4,5	2,9	1,6	0,7	0,2		
70	110	250	290	10,3	7,6	5,3	3,4	1,9	0,9	0,2		
80	100	260	280	11,3	8,4	5,8	3,8	2,1	0,9	0,2		
90		270		11,7	8,7	6,0	3,9	2,2	1,0	0,2		

Таблица вычислена по формуле

$$\delta S = 100 (1 - \sqrt{1 - \sin^2 \Gamma H_{cp} \cos^2 \varphi_{cp}}) [\%]$$

и справедлива для S менее 200—250 миль. Расстояния более 250 миль прокладывают по частям.

Прокладка и измерение расстояния S_r по локсодромии:

- проложить от заданной точки локсодромию;
- разбить заданное расстояние на отрезки, не превышающие 50 миль, и приближенно определить по карте разность долгот начальной и конечной точек отрезков;
- определить по табл. 8.3 разность ΔS в длинах локсодромии и ортодромии, проходящих через две общие точки;
- рассчитать длину отрезка ортодромии $S_{орт}$, соответствующую отрезку локсодромии $S_{лок}$:

$$S_{орт} = S_{лок} - \Delta S; \quad (8.6)$$

— учесть искажение, свойственное гномонической проекции, по формуле (8.4);

- пользуясь меридианным масштабом, проложить из заданной точки по прямой S_r и получить на локсодромии точку, удаленную от начальной на заданное расстояние. Расстояния измерять в обратном порядке.

Таблица 8.3

Расстояние S , мили	Величины h и ΔS в милях					
	Разность долгот $\Delta \lambda$, град					
	10		20		30	
	h	ΔS	h	ΔS	h	ΔS
10	0,2	0,0	0,4	0,0	0,7	0,1
20	0,4	0,0	0,9	0,1	1,3	0,2
30	0,6	0,0	1,3	0,2	2,0	0,3
40	0,9	0,0	1,7	0,2	2,6	0,5
50	1,1	0,1	2,2	0,3	3,3	0,6
100	2,2	0,1				

Таблица вычислена по формулам:

$$h = S \frac{\Delta \lambda}{46} ;$$

$$\Delta S = S \frac{(\Delta \lambda)^2}{80000} .$$

Прокладка пути корабля на картах и картах-сетках масштаба 1 : 500 000 и крупнее (рис. 8.8):

- предварительную прокладку пути делать прямыми линиями, представляющими дуги больших кругов; плавание по дуге большого круга осуществлять по отрезкам локсодромии;
- линию пути разбить на отрезки, выбирая из табл. 8.3 величины отрезков $S_{орт}$ такими, чтобы без особой необходимости удаление h середины отрезка локсодромии от ортодромии не превышало 2 миль, а разность долгот начала и конца отрезка $\Delta \lambda$ не превышала 20° ;
- измерить начальный $ИК_{нач}$ и конечный $ИК_{кон}$ курсы на каждом отрезке и рассчитать средние курсы $ИК_{ср}$ для каждого отрезка плавания:

$$ИК_{ср} = \frac{ИК_{нач} + ИК_{кон}}{2} . \quad (8.7)$$

Прокладку плавания по отрезку пути, на котором удерживался $ИК_{ср}$, выполнять в следующем порядке:

- от меридиана начальной точки отложить $ИК_{нач}$ и провести линию курса до намеченной начальной точки следующего отрезка пути;
- выбрать из табл. 8.3 величины h и ΔS ;
- в середине отрезка пути восстановить перпендикуляр и по нему в противоположную от полюса сторону отложить h ; соединить вершину перпендикуляра плавной линией с начальной и конечной точками пути;

— по прохождении кораблем расстояния

$$S_{\text{лок}} = S_{\text{орт}} + \Delta S \quad (8.8)$$

(где $S_{\text{орт}}$ — длина отрезка пути, полученная из предварительных расчетов с учетом поправки лага) повернуть на следующий $ИК_{\text{ср}}$

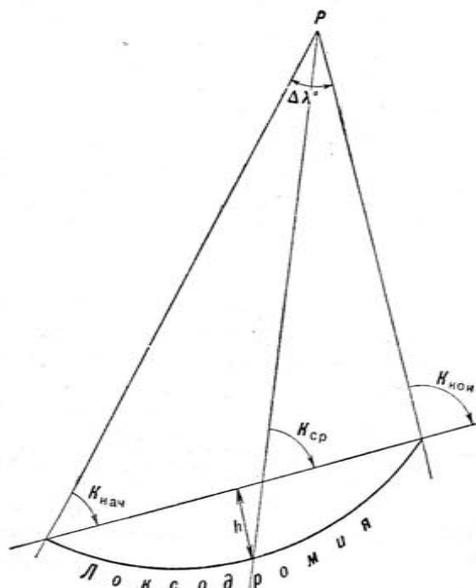


Рис. 8.8

При учете дрейфа и течения прокладывать линии путей ($ПУ_{\alpha}$ или $ПУ_{\beta}$), значения которых определять аналитическим расчетом или графическим построением на листе бумаги.

При необходимости изменения $ИК_{\text{ср}}$ до прихода корабля в намеченную точку поворота прокладку производить способом непосредственного построения локсодромии, соответствующей $ИК_{\text{ср}}$.

Построение отрезка изоазимуты, когда пеленгуемый ориентир и числимое место корабля находятся в пределах одной карты (рис. 8.9):

— к востоку и западу от числимого места корабля M_c через $0,5-2^\circ$ провести дополнительные меридианы;
 — истинный пеленг перевести в гномонический по широте числимого места корабля, пользуясь табл. 8.1;
 — на дополнительных меридианах сделать засечки линиями гномонических пеленгов, проходящих через пеленгуемый ориентир;
 — полученные на меридианах точки K_1, K_2, \dots соединить плавной кривой, которая и будет отрезком искомой изоазимуты.

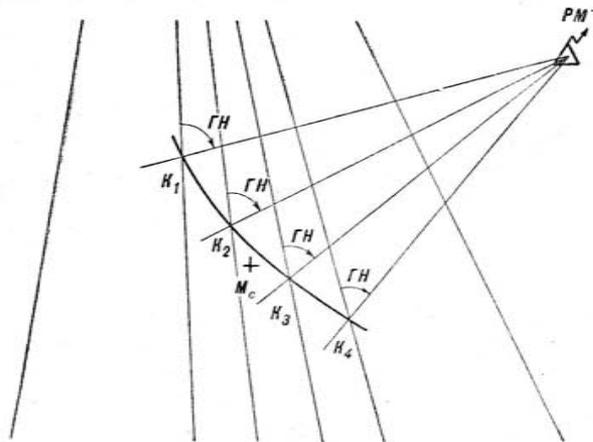


Рис. 8.9

Когда пеленгуемый ориентир находится за пределами карты, отрезок изоазимуты строить по координатам. Расчетные формулы:

$$ОГП = (ИП + \Delta H_1) \pm 180^\circ + \Delta \lambda; \quad (8.9)$$

$$ОИП = ОГП - \Delta H_2; \quad (8.10)$$

$$\cos \varphi = -\varphi_p \sin ОИП \operatorname{cosec} ИП, \quad (8.11)$$

где

$ОГП$ — обратный гномонический пеленг;

$ИП$ — истинный пеленг;

ΔH_1 — поправка, выбираемая из табл. 8.1 по $ИП$ и широте числимого места;

$\Delta \lambda = \lambda_p - \lambda$ — разность долгот пеленгуемого предмета и дополнительного меридиана;

$ОИП$ — обратный истинный пеленг;

ΔH_2 — поправка, выбираемая из табл. 8.1 по направлению $ОГП$ и широте пеленгуемого предмета;

φ — широта точки пересечения дополнительного меридиана с изоазимутой;

φ_p — широта пеленгуемого предмета.

Перенесение заданной точки с одной карты на другую, если карты составлены в различных проекциях, осуществлять по географическим координатам; если карты составлены в одной проекции — по гномоническому пеленгу и расстоянию до ориентира, нанесенного на обе карты, или до точки с одинаковыми значениями координат. При различной геодезической основе карт точку переносить только по пеленгу и расстоянию до ориентира, учитывая искажения направлений и расстояний, свойственные гномонической проекции.

§ 8.6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПРОКЛАДКИ НА КАРТАХ-СЕТКАХ В ПОПЕРЕЧНОЙ ПРОЕКЦИИ МЕРКАТОРА

Нанесение точки по заданным координатам и снятие координат точки производят:

— по географическим — так же, как и на картах-сетках в нормальной гномонической проекции относительно географической системы координат;

— по квазигеографическим — так же, как и на картах-сетках в проекции Меркатора относительно квазигеографической системы координат.

Измеряемые расстояния снимать с боковых рамок карт-сеток, как это делается при использовании карт в проекции Меркатора.

Прокладка ортодромического направления (квазилоксодромии) (рис. 8.10):

— по заданному истинному направлению относительно меридиана заданной точки вычислить квазикурс K_q или квазипеленг Π_q :

$$\left. \begin{aligned} K_q &= ИК \pm \lambda \frac{W}{Ost} \\ \Pi_q &= ИП \pm \lambda \frac{W}{Ost} \end{aligned} \right\} \quad (8.12)$$

— проложить прямую через заданную точку под вычисленным углом относительно любого квазимеридиана.

Снятие ортодромического направления (квазилоксодромии):

— измерить угол, под которым заданная прямая пересекает квазимеридианы;

— снять долготу заданной точки;

— вычислить истинный курс или истинный пеленг:

$$\left. \begin{aligned} ИК &= K_q \mp \lambda \frac{W}{Ost} \\ ИП &= \Pi_q \mp \lambda \frac{W}{Ost} \end{aligned} \right\} \quad (8.13)$$

При расположении пеленгуемого ориентира за рамками карты-сетки квазипеленг прокладывать так же, как на гномонических картах.

Расчет квазипоправок. Для магнитного компаса

$$\Delta MK_q = d_q + \delta, \quad (8.14)$$

где d_q — квазисклонение (гривация): $d_q = d - \lambda$;
 δ — девиация магнитного компаса.

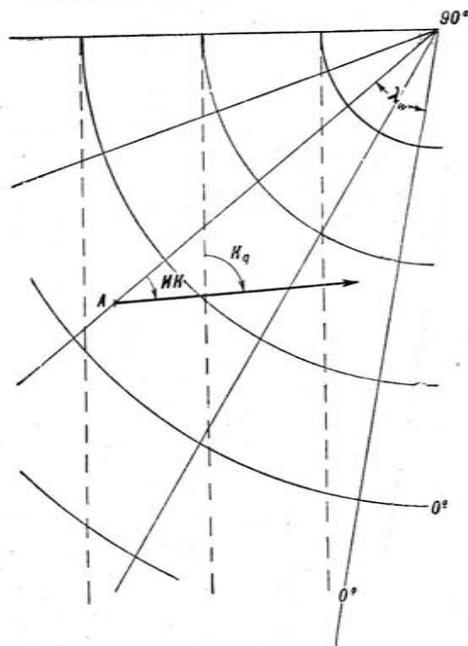


Рис. 8.10

Для гирокомпаса (гиросимута)

$$\Delta GK_q = \Delta GK \mp \lambda \frac{Ost}{W}. \quad (8.15)$$

Расчет квазикурса по компасному курсу:

$$K_q = KK_{MK} + \Delta MK_q. \quad (8.16)$$

Прокладка локсодромического направления. 1-й способ (рис. 8.11):

- в заданном районе провести меридианы через 1—2°;
- провести отрезки локсодромии от начальной точки под углом

$$ИК_{ср} = ИК \mp \frac{\Delta\lambda}{2}, \quad (8.17)$$

где $\Delta\lambda$ — разность долгот между меридианами, к ее меридиану и далее до точек пересечения этих отрезков с по-

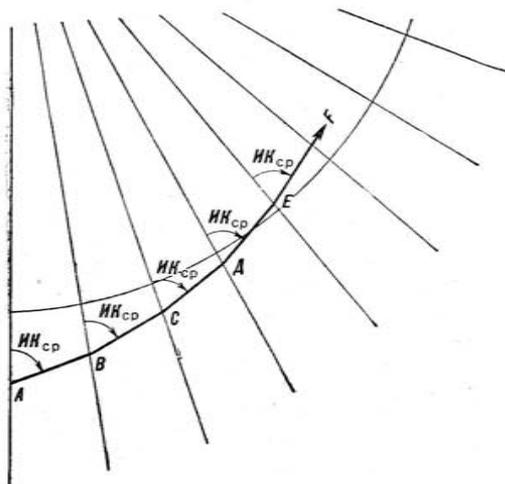


Рис. 8.11

следующими меридианами. Знак минус — при общем движении на восток, знак плюс — при общем движении на запад.

2-й способ (рис. 8.12) — локсодромию прокладывать по частям, являющимся хордами соответствующих дуг; каждую хорду прокладывать по квазикурсу

$$K_q = ИК \mp \lambda \frac{O^{st}}{W}, \quad (8.18)$$

где λ — долгота средней точки хорды.

Перенесение заданной точки с одной карты на другую производить по географическим координатам, по квазигеографическим

координатам или по пеленгу и расстоянию до ориентира, показанного на обеих картах.

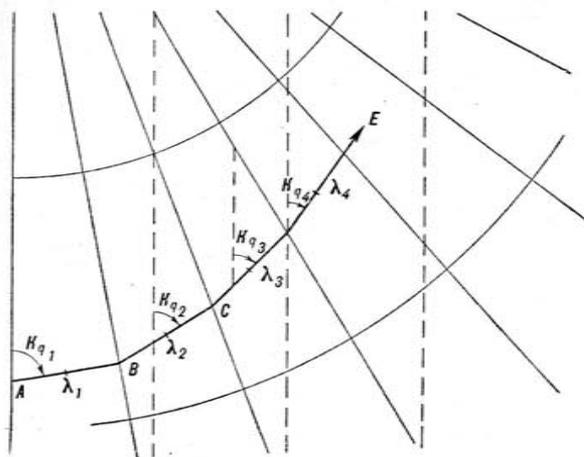


Рис. 8.12

Глава 9

ГРАФИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ ПУТИ КОРАБЛЯ

§ 9.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1. Графическое счисление пути корабля — важный метод обеспечения безопасности кораблевождения; оно должно с возможной точностью воспроизводить на карте движение корабля относительно неподвижных ориентиров. Счисление пути корабля вести точно, аккуратно и непрерывно в течение всего времени, пока корабль находится в плавании.

2. Счисление пути корабля начинают сразу после его выхода за пределы акватории порта, гавани, бухты или места якорной стоянки на открытом рейде. Исходной для счисления точки должно быть самое точное место корабля, которое может быть получено при данных условиях. За начальную для счисления точку принимают:

- место корабля в момент прохода ворот порта или гавани;
- точное (обсервованное) место корабля, полученное сразу после выхода за пределы порта или после съёмки с якоря на открытом рейде;

— при невозможности определения точного места корабля за исходную для счисления точку следует принять место якорной стоянки корабля на рейде; в этом случае при прокладке должны быть учтены циркуляция корабля и его дрейф за время выбора якорной цепи.

3. При нахождении корабля в начальной точке заметить время по корабельным часам с точностью 1 мин при скорости хода до 12 уз и 0,5 мин при скорости хода более 12 уз.

4. После выхода корабля на свободную воду включить лаг и заметить полный его отсчет; в дальнейшем отсчет лага замечать до сотен с точностью 0,1 милл.

5. Проложенный на карте истинный курс перевести в компасный и задать его рулевому. При наличии на корабле гироскопического и магнитного компасов дать указание рулевому замечать курсы по обоим компасам.

6. После каждого поворота, когда корабль ляжет на новый курс, сразу же рассчитать продолжительность плавания по новому курсу и время поворота на следующий курс. Если есть возможность, то снять с карты истинный пеленг хорошо видимого ориентира, на котором будет корабль в момент начала поворота на следующий курс; выбранный ориентир должен быть возможно ближе к траверзу. Если к приходу корабля на рассчитанный пеленг момент не совпадает с заранее намеченным, то отдать предпочтение пеленгу. У точек начала и конца поворота надписать в виде дроби момент по корабельным часам и отсчет лага.

7. С момента начала ведения счисления штурман обязан тщательно учитывать все изменения курса корабля, его скорости, величины дрейфа и сноса течением, происходящие в процессе плавания.

8. Счисление пути корабля прекращают при входе корабля на акваторию порта или в точке начала маневров по постановке на якорь. С момента прекращения счисления штурман обязан вести непрерывный контроль за дальнейшим продвижением корабля к месту швартовки или якорной стоянки путем визуальной ориентировки, наблюдения за опасными пеленгами, углами и створами. Не следует ограничиваться только глазомерным определением местонахождения корабля относительно береговой черты и навигационных опасностей; для контроля продвижения корабля использовать необходимые технические средства.

9. При постановке корабля на якорь с наибольшей возможной точностью определить место якоря, пользуясь моментом его отдачи и учета расстояние от компаса до клюза. Если этот момент упущен, то по приходе корабля на якорь-цепь определить место компаса и затем уже нанести место якоря по расстоянию его от компаса, руководствуясь курсом корабля, глубиной места стоянки и длиной вытравленной якорь-цепи.

§ 9.2. УЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИИ

Циркуляцию учитывать при ведении графического счисления на карте масштаба 1 : 500 000 и крупнее. При плавании вдали от берегов циркуляцию учитывать только при частых изменениях курса. При изменениях курса менее 30° циркуляцию не учитывать; линию нового курса при этом прокладывать от счислимой точки, соответствующей моменту начала поворота.

Графический метод. Нахождение точки конца поворота (рис. 9.1):

— от точки начала поворота A восстановить перпендикуляр к линии начального курса $ИК_1$ в сторону поворота и на перпендикуляре отложить расстояние $R_{ц}$, равное радиусу циркуляции в масштабе карты;

из точки O как из центра радиусом OA описать дугу AB ;

— линия конечного курса $ИК_2$ будет касательной к проведенной дуге; точка касания B — конец поворота.

Нахождение точек начала и конца поворота (рис. 9.2):

— проложить конечный курс $ИК_2$ посредине фарватера или по линии створа, на который должен лечь корабль;

— в произвольных точках A' на линии начального курса и B' на линии конечного курса восстановить перпендикуляры к ли-

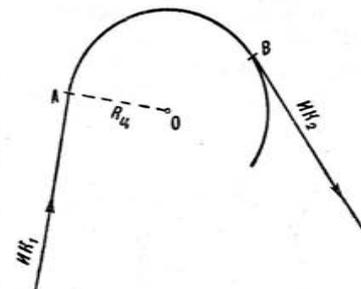


Рис. 9.1

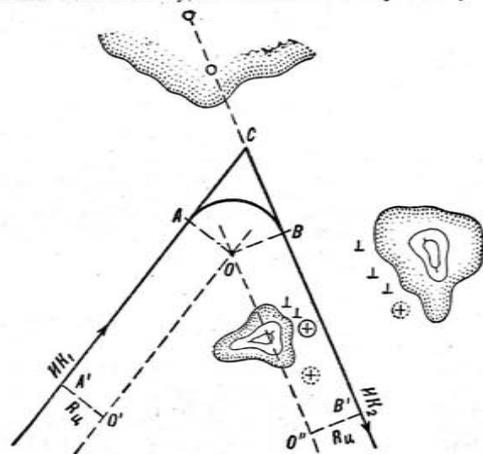


Рис. 9.2

ниям начального и конечного курсов, на которых отложить расстояние $R_{ц}$, равное радиусу циркуляции;

— из точек O' и O'' провести линии, параллельные начальному и конечному курсам;

— из точки O как из центра радиусом OA описать дугу AB ; точки касания на истинных курсах укажут начало A и конец поворота B .

Табличный метод. Нахождение точки конца поворота (рис. 9.3, а):

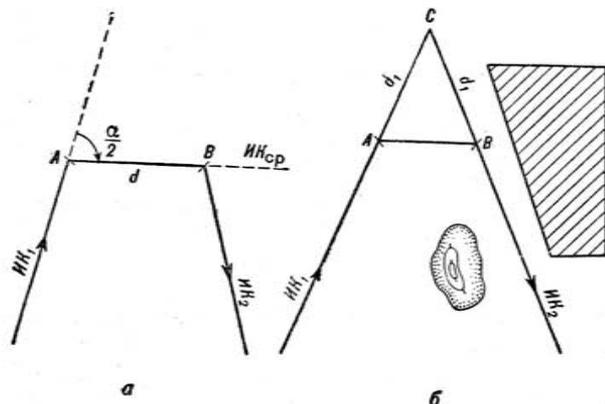


Рис. 9.3

— рассчитать угол поворота α как разность конечного $ИК_2$ и начального $ИК_1$ (при повороте вправо) или начального $ИК_1$ и конечного $ИК_2$ (при повороте влево);

— выбрать из таблицы циркуляции промежуточное плавание d и рассчитать промежуточный курс

$$ИК_{cp} = \frac{ИК_1 + ИК_2}{2} = ИК_1 \pm \frac{\alpha}{2}, \quad (9.1)$$

где знак плюс при $\frac{\alpha}{2}$ брать при повороте вправо, знак минус — при повороте влево;

— из точки A провести промежуточный курс $ИК_{cp}$ и на нем отложить промежуточное плавание d ; из полученной точки конца поворота B проложить конечный курс $ИК_2$.

Нахождение точек начала и конца поворота (рис. 9.3, б):

— проложить конечный курс $ИК_2$ по линии створа (фарватера);

— выбрать из таблицы циркуляции расстояние d_1 до конечного курса и отложить его от точки C назад по начальному курсу; полученная точка A и будет точкой начала поворота; концом поворота будет точка B , полученная отложением на линии конечного курса от точки C отрезка d_1 .

§ 9.3. УЧЕТ ВЕТРОВОГО ДРЕЙФА

Дрейф корабля — отклонение движущегося корабля с линии намеченного курса под совокупным влиянием ветра и вызванного им волнения.

Угол дрейфа α — угол между диаметральной плоскостью корабля и направлением действительного его перемещения. Направлением ветра принято считать направление, откуда дует ветер («ветер дует в компас»). Имеет знак плюс при дрейфе вправо (ветер слева) и минус — при дрейфе влево (ветер справа).

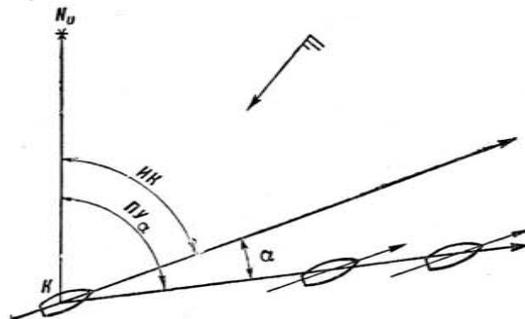


Рис. 9.4

Угол дрейфа увеличивается с усилением ветра, при уменьшении скорости хода и при уменьшении осадки корабля. Угол дрейфа равен нулю при курсовых углах ветра, равных 0 или 180° ; при курсовых углах, близких к $50-60^\circ$, он достигает максимума. Путевой угол $ПУ_\alpha$ (путь) — направление, по которому перемещается корабль относительно водной среды (рис. 9.4):

$$\left. \begin{aligned} ПУ_\alpha &= ИК + \alpha \\ ПУ_\alpha &= КК_{ГК} + \Delta K_\alpha \\ \Delta K_\alpha &= \Delta GK + \alpha \end{aligned} \right\} \quad (9.2)$$

где ΔK_α — поправка курса при учете дрейфа.

Величина угла дрейфа α выбирается из таблиц или номограмм, составляемых на основе наблюдений дрейфа на однотипных кораблях. Если таких данных нет, к учету может быть принят наблюдаемый угол дрейфа

$$\alpha = ПУ_\alpha - ИК. \quad (9.3)$$

Величина $ПУ_{\alpha}$ может быть определена одним из способов:

— пеленгованием свободно плавающего предмета (вешки) с малой парусностью выступающих над водой частей, сброшенного с корабля идущего постоянными курсом и скоростью:

$$ПУ_{\alpha} = ИП \pm 180^{\circ}; \quad (9.4)$$

— по пеленгам неподвижного ориентира (рис. 9.5): на карте проложить истинные пеленги от произвольной точки A , проложить линию истинного курса и на нем отложить отрезки $BC = kt_1$ и $CE = kt_2$ (k — произвольно выбранный коэффициент пропор-

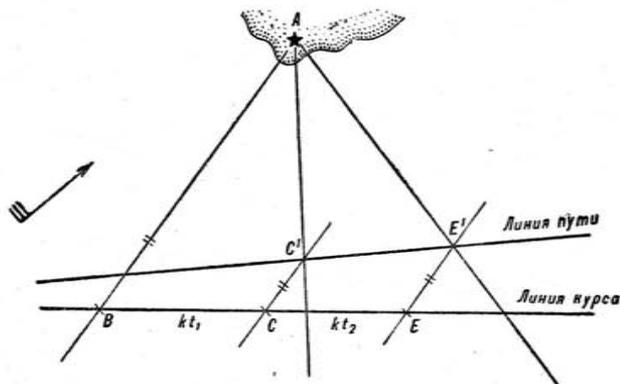


Рис. 9.5

циональности), через полученные точки провести прямые, параллельные линии первого пеленга, до пересечения их с линиями второго и третьего пеленгов; направление прямой, соединяющей точки C' и E' , будет совпадать с искомым направлением линии пути;

— по пеленгам и расстояниям до свободно плавающей вешки (рис. 9.6): лечь на курс с расчетом пройти вблизи вешки на расстоянии 3—4 каб от нее; с помощью визуального пеленгатора и оптического дальномера или радиолокатора измерить пеленги и расстояния в секторе курсовых углов на вешку от 40 до 135°; на карту или маневренный планшет нанести 5—7 «обсервованных» мест; через полученные точки провести осредненную прямую, которая будет совпадать с искомым направлением линии пути;

— по обсервациям: определить 3—4 раза место корабля; через полученные точки провести осредненную прямую, которая укажет направление линии пути. Этот способ менее точен, особенно при значительных течениях в районе плавания корабля;

— по створу: при известном направлении створа подобрать курс так, чтобы корабль перемещался по линии этого створа; искомое направление пути будет направлением створа.

Угол дрейфа должен учитываться, когда его величина, рассчитанная или определенная опытным путем, превысит 1° .

При учете дрейфа на карте прокладывать только линию пути; при учете угла дрейфа больше 4° прокладывать две линии: линию курса (тонко) и линию пути. Лаг учитывает изменение скорости хода корабля под действием ветра; пройденное кораблем расстояние S_A или $S_{об}$ откладывать по линии пути. При углах дрейфа $\alpha > 4^{\circ}$ (для лагов, жестко связанных с корпусом ко-

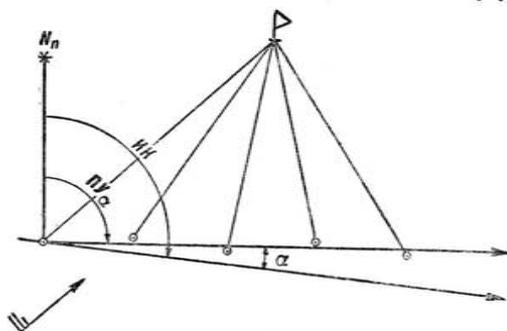


Рис. 9.6

рабля) действительное пройденное расстояние по линии пути рассчитывать по формулам:

$$\left. \begin{aligned} S &= S_A \sec \alpha \\ S &= (oL_2 - oL_1) \left(1 + \frac{\Delta L_{\alpha}}{100} \right) \\ \Delta L_{\alpha} &= \Delta L + 0,015 (\alpha)^2 \end{aligned} \right\} \quad (9.5)$$

где ΔL_{α} — поправка лага при дрейфе, %; зависит от угла дрейфа. Все надписи и отметки счислимых мест делать только на линии пути.

Расчет траверза при графическом счислении с учетом ветрового дрейфа (рис. 9.7):

— рассчитать истинный или обратный истинный пеленг

$$ИП_{\perp} = ИК \pm 90^{\circ} \frac{п. б.}{л. б.}; \quad (9.6)$$

— на карте от ориентира M провести линию $ИП_{\perp}$ или $ОИП_{\perp}$ и в пересечении с линией пути получить счислимую точку корабля T_1 и oL_1 в момент, когда ориентир будет на траверзе;

— рассчитать время T_1 и oL_1 прихода корабля в точку траверза,

Расчет времени и $ол$ в счислимой точке в момент открытия (скрытия) маяка или огня (рис. 9.8):

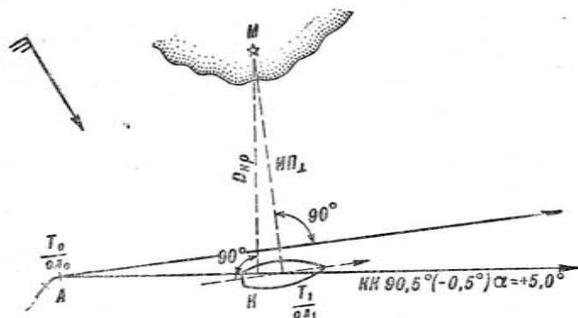


Рис. 9.7

— вычислить дальность видимости маяка или огня при заданной высоте глаза наблюдателя;

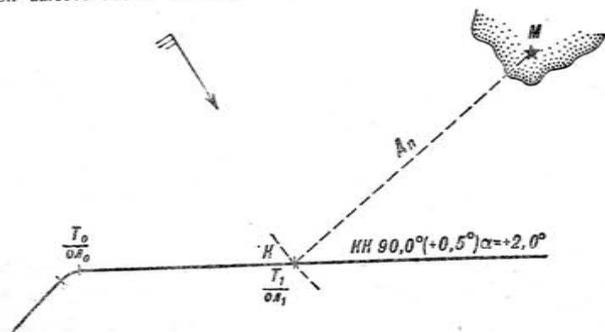


Рис. 9.8

— засечь линию пути при дрейфе радиусом $D_{П}$; точка засечки (T_1 и $ол_1$) будет счислимым местом корабля в момент открытия (скрытия) маяка или огня;

— рассчитать время T_1 и $ол_1$ прихода корабля в точку открытия (скрытия) маяка или огня.

Дрейф корабля с застопоренными машинами:

— при полной остановке корабля заметить показания по корабельным часам и нанести на линии пути счислимую точку;

— измерить направление и скорость наблюдаемого ветра; при длительном дрейфе направление и скорость ветра измерять 2—3 раза в течение 1 ч;

— определить линейную скорость дрейфа корабля $v_{др}$:

$$\left. \begin{aligned} v_{др} &= \kappa_v W \text{ [м/сек]} \\ v_{др} &= 1,94 \kappa_v W \text{ [уз]} \end{aligned} \right\} (9.7)$$

где κ_v — коэффициент скорости дрейфа; определяется по наблюдаемым скоростям дрейфа;

W — скорость наблюдаемого или кажущегося ветра, м/сек;

— из счислимой точки, соответствующей моменту остановки корабля, провести волнистую линию по направлению линии действия ветра; по этой линии отложить расстояние $S_{др}$, на которое корабль будет снесен ветром:

$$S_{др} = v_{др} (T_2 - T_1), (9.8)$$

где $v_{др}$ — скорость дрейфа, уз;

$T_2 - T_1$ — продолжительность дрейфа, ч.

§ 9.4. УЧЕТ ТЕЧЕНИЯ

Направление течения указывается в градусах по круговой системе на ту точку горизонта, куда этим течением перемещается

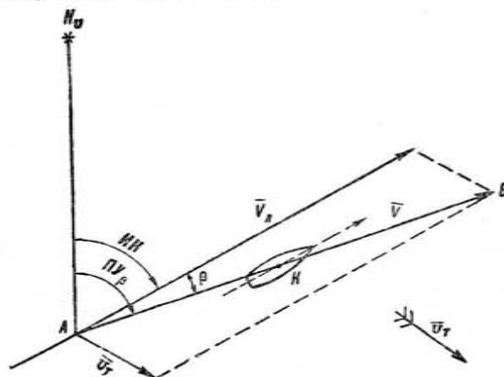


Рис. 9.9

масса воды («течение идет из компаса»). Корабль перемещается относительно дна по линии AB , называемой линией пути (рис. 9.9).

Путевой угол $ПУ_\beta$ (путь) — угол, составляемый линией пути с плоскостью истинного меридиана:

$$\left. \begin{aligned} ПУ_\beta &= ИК + \beta \\ ПУ_\beta &= ККГК + \Delta K_\beta \\ \Delta K_\beta &= \Delta GK + \beta \end{aligned} \right\} \quad (9.9)$$

где ΔK_β — поправка курса при учете течения.

Угол сноса течением (поправка на течение) β — угол, заключенный между линиями истинного курса и пути корабля; снимается с карты или рассчитывается по табл. 32 МТ-63. Имеет знак плюс при $ПУ_\beta > ИК$ (снос вправо) и знак минус при $ПУ_\beta < ИК$ (снос влево).

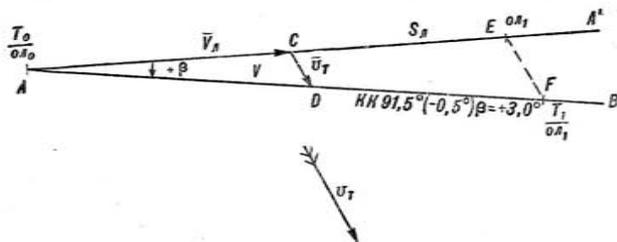


Рис. 9.10

Графический расчет пути при учете течения. Для расчета пути и истинной (относительно земли) скорости корабля по заданным $ИК$, скорости относительно воды V_A и вектору скорости течения v_T (рис. 9.10):

- от начальной точки A по линии курса A' на карте отложить в произвольном масштабе скорость хода корабля по лагу \bar{V}_A или по оборотам винтов $V_{об}$;
- из конца вектора \bar{V}_A отложить в том же масштабе вектор скорости течения v_T ;
- соединить точки A и D прямой; транспортиром снять величину путевого угла $ПУ_\beta$ с точностью до одной десятой доли градуса; рассчитать угол сноса

$$\beta = ПУ_\beta - ИК; \quad (9.10)$$

— измерить длину отрезка AD по линии пути, который представляет собой истинную скорость корабля V .

Графический расчет $ИК$ при учете течения. Для расчета $ИК$, который должен быть назначен, чтобы перемещение корабля происходило по заданной (проложенной на карте) линии пути и

с истинной скоростью корабля, при известных скорости относительно воды V_A и векторе скорости течения v_T (рис. 9.11):

- из начальной точки A провести линию пути корабля AB ; из этой же точки отложить вектор скорости течения v_T в произвольном масштабе;
- из конца вектора v_T раствором циркуля, равным скорости хода корабля V_A в том же масштабе, сделать засечку на линии пути;
- провести из начальной точки A прямую, параллельную найденной прямой CD , получить линию курса, направление которой будет $ИК$ корабля;

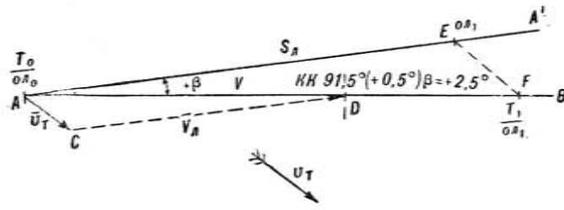


Рис. 9.11

— измерить длину отрезка AD по линии пути, который представляет собой истинную скорость корабля V ;

— рассчитать поправку на течение по формуле (9.10).

Нахождение счислимого места на линии пути в заданный момент (рис. 9.10):

— от исходной точки A по линии курса отложить пройденное расстояние по лагу S_A и получить точку E ;

— из точки E провести пунктирную прямую EF , параллельную вектору скорости течения, до пересечения с линией пути AB ; точка F будет искомым счислимым местом корабля в момент T_1 . На линии курса у точки E записать отсчет лага $ол_1$; у точки F на линии пути — дробью момент времени T_1 и отсчет лага $пол_1$.

Расчет времени и $ол$ в момент прихода корабля в заданную счислимую точку (рис. 9.11):

— из точки F по направлению, противоположному действию течения, провести пунктирную линию до пересечения с линией курса в точке E ;

— снять с линии курса расстояние $AE = S_A$ и, зная скорость хода корабля относительно воды, рассчитать время t , которое необходимо, чтобы пройти это расстояние, и разность отсчетов лага $пол$;

— рассчитать момент T_1 прихода корабля в заданную счислимую точку и $ол_1$:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= T_0 + t \\ ол_1 &= ол_0 + пол \end{aligned} \right\} \quad (9.11)$$

Расчет времени и $ол$ в момент траверза ориентира (рис. 9.12):
 — рассчитать ИП или ОИП по формуле (9.6);
 — из места ориентира M проложить на карте линию пеленга MB и получить точку B на линии пути, где будет находиться корабль в момент траверза;
 — рассчитать время T_1 и $ол_1$ на момент траверза аналогично изложенному выше.

Расчет времени и $ол$ в момент открытия (скрытия) маяка или огня:

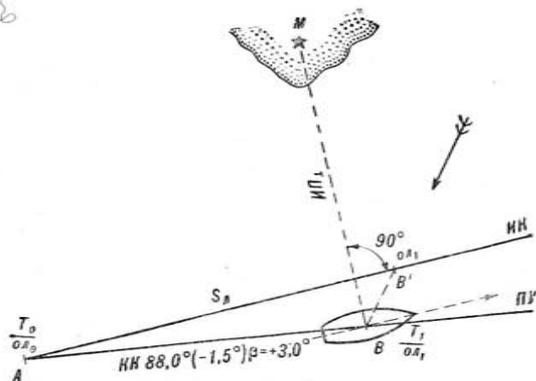


Рис. 9.12

— вычислить дальность видимости маяка или огня при заданной высоте глаза наблюдателя;
 — засечь линию пути радиусом $л_в$; точка засечки будет считаться местом корабля в момент открытия (скрытия) маяка или огня;
 — рассчитать время T_1 и $ол_1$ прихода корабля в точку открытия (скрытия) маяка или огня так же, как и в предыдущих случаях.

§ 9.5. СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ДРЕЙФА И СНОСА ТЕЧЕНИЕМ ПРИ ГРАФИЧЕСКОМ СЧИСЛЕНИИ

Расчет пути и истинной скорости корабля по заданным истинному курсу $НК$, скорости относительно воды V_A , вектору скорости течения \vec{v}_T и углу дрейфа α (рис. 9.13):

— от начальной точки A на карте продолжить линию пути с учетом дрейфа $ПУ\alpha$;

— по линии пути с учетом дрейфа в произвольном масштабе отложить скорость хода корабля по лагу V_A ;

— из конца вектора \vec{V}_A отложить в том же масштабе вектор скорости течения \vec{v}_T ;
 — соединить точку A с точкой B и получить линию пути от совместного действия ветра и сноса течением $ПУ\epsilon$;

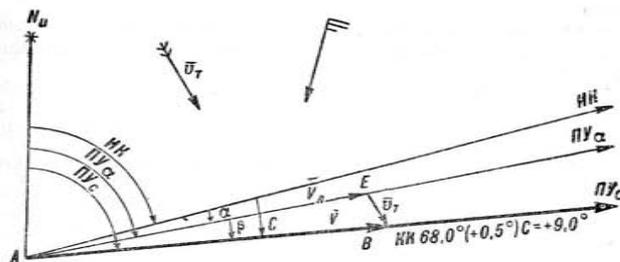


Рис. 9.13

— снять транспортиром величину путевого угла от совместного влияния ветра и сноса течением с точностью до одной десятой доли градуса; рассчитать угол сноса

$$c = ПУ\epsilon - НК; \quad (9.12)$$

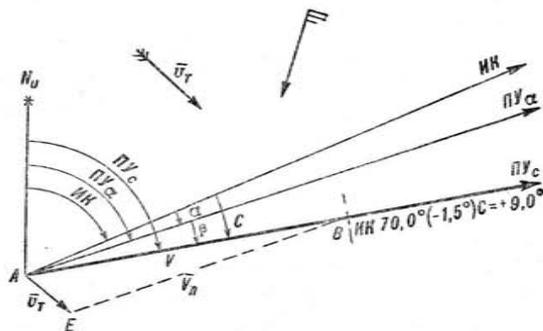


Рис. 9.14

— измерить длину отрезка AB , который равен истинной скорости корабля V .

Расчет истинного курса, который должен быть назначен, чтобы перемещение корабля происходило по заданной линии пути при известной скорости относительно воды V_A , вектору скорости течения \vec{v}_T и углу дрейфа α (рис. 9.14):

— из начальной точки A на карте проложить линию действительного перемещения корабля $ПУ_c$;

— из точки начала совместного учета дрейфа и сноса течением в произвольном масштабе отложить вектор скорости течения \bar{v}_j ;

— из конца вектора \bar{v}_j раствором циркуля, равным скорости хода корабля \bar{V}_k в том же масштабе, сделать засечку на линии пути;

— провести из начальной точки A прямую, параллельную найденной прямой EB , и получить линию пути при учете дрейфа $ПУ_d$;

— рассчитать истинный курс корабля исходя из формулы (9.2), угол сноса c — по формуле (9.12);

— измерить длину отрезка AB и получить истинную скорость корабля V .

§ 9.6. ТОЧНОСТЬ ГРАФИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ

При малой длительности плавания (менее 0,5—1 суток). а) Если плавание совершается малой скоростью хода или маршрут перехода близок к замкнутому (конечная точка счисления находится недалеко от исходной), средняя квадратическая ошибка счисления M_c в *милях* вычисляется по приближенной формуле

$$M_c = a_c t, \quad (9.13)$$

где a_c — скорость нарастания ошибок счисления по времени, *миля/ч*;

t — общая длительность плавания по счислению, ч.

Величина a_c выводится как среднее арифметическое значение $a_{c_j} \dots$, полученных на кораблях одного типа в одном и том же районе плавания при сходных метеорологических условиях:

$$a_{c_j} = \frac{\left| \sum_{i=1}^n \bar{c}_i \right|}{t_j}, \quad (9.14)$$

где $\left| \sum_{i=1}^n \bar{c}_i \right|$ — абсолютная величина геометрической суммы векторов невязок, наблюдавшихся за время рассматриваемого этапа плавания, *мили*;

t_j — время наблюдения, ч.

б) Если плавание совершается большой скоростью хода (конечная точка счисления находится далеко от начальной):

$$M_c = \frac{b_c}{100} S, \quad (9.15)$$

где b_c — средняя относительная величина ошибок счисления в процентах от пройденного расстояния;

S — общее расстояние, пройденное за время плавания по счислению, *мили*.

Величина b_c находится как среднее арифметическое значение наблюдавшихся в сходных условиях плавания относительных величин ошибок счисления b_{c_j} , выраженных в процентах от пройденного расстояния:

$$b_{c_j} = \frac{\left| \sum_{i=1}^n \bar{c}_i \right|}{S} 100, \quad (9.16)$$

где S — пройденное расстояние, *мили*.

При большой продолжительности плавания

$$M_c = k_c \sqrt{t}, \quad (9.17)$$

где k_c — коэффициент точности счисления;

t — длительность плавания, *сутки*.

Величина коэффициента точности счисления вычисляется из невязки после длительного плавания по счислению

$$k_{c_j} = \frac{C}{\sqrt{t}}, \quad (9.18)$$

где C — величина невязки, *мили*;

t — время плавания, ч.

или, если в походе определялись места корабля:

$$k_{c_j} = \frac{\left| \sum_{i=1}^n \bar{c}_i \right|}{\sqrt{t}}. \quad (9.19)$$

Величины коэффициентов a_c и k_c зависят от оснащённости корабля штурманскими приборами, района и условий плавания, подготовленности штурмана. Для корабля, снабженного современными штурманскими приборами, они могут находиться в пределах: $a_c = 0,2 \div 0,5$; $k_c = 5,0 \div 10,0$ (меньшая величина соответствует плаванию в районе с хорошо изученными или незначительными течениями, большая — плаванию в районе с плохо изученными течениями).

Вычисленную величину средней квадратической ошибки счисления места записывать на правой странице навигационного журнала в момент, на который произведен расчет, а круг погрешности наносить на карту.

Глава 10

АНАЛИТИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ

§ 10.1. ФОРМУЛЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ

При плавании вне видимости берегов, если оно продолжительно и прокладка ведется по карте мелкого масштаба, или при маневрировании, когда бывает затруднительно фиксировать на карте движение корабля, вместо графического счисления рекомендуется вести аналитическое. Для аналитического счисления служат формулы:

$$PШ = S \cos K; \quad (10.1)$$

$$ОТШ = S \sin K; \quad (10.2)$$

$$РД = ОТШ \sec \varphi_{\text{ср}}; \quad (10.3)$$

$$РД = РМЧ \operatorname{tg} K, \quad (10.4)$$

где $PШ$ — разность широт, *дуг. мин.*;
 $ОТШ$ — отстояние, *дуг. мин.*;
 $РД$ — разность долгот, *дуг. мин.*;
 S — пройденное кораблем расстояние (плавание), *мили*;
 K — курс корабля, *град.*;
 $РМЧ$ — разность меридиональных частей параллелей пунктов отхода и прихода, *экв. мили*;
 $\varphi_{\text{ср}}$ — средняя широта пунктов отхода и прихода, *град.*

Формула (10.3) приближенная. При больших плаваниях, когда сделанная кораблем разность широт велика, или при плавании в высоких широтах, когда ошибка от применения формулы (10.3) может достигнуть значительных размеров, надлежит пользоваться точной формулой (10.4).

Средняя широта пунктов отхода и прихода

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (10.5)$$

где φ_1, φ_2 — географические широты пунктов отхода и прихода. Для упрощения расчетов по формулам (10.1) и (10.2) пользоваться табл. 24 МТ-63. Правильность выбранных из табл. 24 $PШ$ и $ОТШ$ контролировать условиями:

— $PШ$ и $ОТШ$ в отдельности меньше плавания;
 — сумма $PШ$ и $ОТШ$ больше плавания, а их разность меньше плавания;

— при курсе 45° $ОТШ = PШ$;
 — при курсе меньше 45° $ОТШ$ меньше $PШ$;
 — при курсе больше 45° $ОТШ$ больше $PШ$.

Наименования выбранных $PШ$ и $ОТШ$ определяются наименованием той четверти, в которой лежит курс корабля.

Для упрощения расчетов по формуле (10.3) пользоваться табл. 25-а МТ-63. Правильность выбранной из табл. 25-а $РД$ контролировать условиями:

— $РД$ всегда больше $ОТШ$ (дуга экватора больше соответствующей дуги параллели);

- если $\varphi_{\text{ср}}$ меньше 60° , то $РД$ меньше двойного $ОТШ$;
- если $\varphi_{\text{ср}}$ равна 60° , то $РД$ равна двойному $ОТШ$;
- если $\varphi_{\text{ср}}$ больше 60° , то $РД$ больше двойного $ОТШ$.

Меридиональные части, соответствующие широтам φ_1 и φ_2 , выбирать из табл. 26 МТ-63.

§ 10.2. ПРОСТОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ

Простое аналитическое счисление, применяемое в случае движения из пункта отхода до данного счислимого места одним курсом:

— по $ИК$ и плаванию корабля из табл. 24 МТ-63 выбрать $PШ$ и $ОТШ$;

— к широте пункта отхода φ_1 прибавить алгебраически выbranную $PШ$ и получить широту пункта прихода φ_2 ;

— рассчитать $\varphi_{\text{ср}}$ между пунктом отхода и пунктом прихода;

— по $\varphi_{\text{ср}}$ и $ОТШ$ из табл. 25-а МТ-63 выбрать $РД$;

— к долготе пункта отхода λ_1 прибавить алгебраически выbranную $РД$ и получить долготу пункта прихода λ_2 .

При больших переходах в высоких широтах:

— по широте пункта отхода φ_1 и широте пункта прихода φ_2 из табл. 26 МТ-63 выбрать меридиональные части D_1 и D_2 ;

— рассчитать разность меридиональных частей $РМЧ = D_2 - D_1$;

— по формуле (10.3) или (10.4) рассчитать разность долгот $РД$;

— рассчитать долготу пункта прихода λ_2 .

Если корабль при плавании пересекает экватор, то:

— при небольшом плавании $РД$ принимать равной $ОТШ$;

— при большом плавании рассчитывать отдельно $РД$ для северной и южной широт.

§ 10.3. СОСТАВНОЕ И СЛОЖНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ СЧИСЛЕНИЕ

Составное аналитическое счисление применяется в тех случаях, когда корабль подходит к точке, координаты которой желательно определить, несколькими курсами. Для определения этих координат нужно:

— для каждого курса и соответствующего плавания из табл. 24 МТ-63 выбрать $PШ$ и $ОТШ$;

— найти алгебраическую сумму $PШ$, равную генеральной разности широт:

$$\text{Ген. } PШ = \sum PШ; \quad (10.6)$$

— найти алгебраическую сумму $ОТШ$, равную генеральному отстоянию:

$$\text{Ген. } ОТШ = \sum ОТШ; \quad (10.7)$$

— по $\text{Ген. } PШ$ и широте пункта отхода φ_1 рассчитать широту пункта прихода φ_2 :

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \text{Ген. } PШ; \quad (10.8)$$

Таблица 10.1

Таблица для ведения составного счисления

 $\varphi_1 =$ _____ Ветер _____ $\lambda_1 =$ _____ Течение _____

Продолжительность учета течения _____

№ курса	ИК	Дрейф (α)	Путь		Плавание (S)	РШ		ОТШ	
			круговой	четвертной		N	S	O st	W
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

 $\varphi_1 =$ _____

Ген. РШ = _____

 $\varphi_2 =$ _____ $\varphi_1 =$ _____ $\frac{1}{2}$ Ген. РШ = _____ $\varphi_{cp} =$ _____

Ген.

Для φ_{cp} : ОТШ = _____ РД = _____ $\varphi_2 =$ _____ $\lambda_2 =$ _____

Ген. ОТШ = _____ Ген. РД = _____

 $\lambda_1 =$ _____ $\lambda_2 =$ _____

— найти среднюю широту

$$\varphi_{cp} = \varphi_1 + \frac{1}{2} \text{ Ген. РШ}; \quad (10.9)$$

— по Ген. ОТШ и φ_{cp} из табл. 25-а МТ-63 выбрать Ген. РД;— рассчитать долготу пункта прихода λ_2 :

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \text{Ген. РД}. \quad (10.10)$$

Генеральный курс и генеральное плавание рассчитать по Ген. РШ и Ген. ОТШ по формулам (10.1), (10.2) или

$$\text{tg } K = \frac{\text{ОТШ}}{\text{РШ}}. \quad (10.11)$$

При ведении составного счисления все записи и расчеты вести по табл. 10.1.

Сложное счисление. Счисление, в котором РД вычисляют отдельно для каждого курса, а долготу пункта прихода получают как алгебраическую сумму долготы пункта отхода λ_1 и Ген. РД, называют сложным счислением. Этот прием применяют при плавании на больших переходах в широтах, больших 60°:

— для данного курса и соответствующего плавания из табл. 24 МТ-63 выбрать РШ и ОТШ;

— последовательно вычислить широты промежуточных точек и найти для каждого курса φ_{cp} ;— по φ_{cp} и соответствующим ОТШ из табл. 25-а МТ-63 выбрать РД между промежуточными точками;

— по найденным РД вычислить долготы промежуточных точек или Ген. РД и долготу точки пункта прихода.

§ 10.4. УЧЕТ ДРЕЙФА, ТЕЧЕНИЯ И ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ АНАЛИТИЧЕСКОМ СЧИСЛЕНИИ

1. При дрейфе РШ и ОТШ рассчитывать не по ИК корабля, а по его ПУ_α:

$$\left. \begin{aligned} \text{РШ} &= S \cos \text{ПУ}_\alpha \\ \text{ОТШ} &= S \sin \text{ПУ}_\alpha \end{aligned} \right\} \quad (10.12)$$

В табл. 24 МТ-63 входить со значением путевого угла ПУ_α. Пройденное кораблем расстояние (плавание S) рассчитывать по лагу.

2. При плавании на течении направление течения принимать за дополнительный путь, а линейную величину сноса корабля течением — за плавание по этому пути. С этими данными входить в табл. 24 МТ-63.

3. Учет циркуляций производить:

По таблице циркуляции. Из таблицы циркуляции при данной скорости хода и угле перекладки руля по углу поворота α выбрать величины d и q. Дополнительный (промежуточный) курс корабля K_{cp} определить:

$$K_{cp} = \text{ИК}_1 \pm q. \quad (10.13)$$

Пройденное кораблем расстояние $S = d$;
 Графически (рис. 10.1). На свободном месте карты или отдельном листе бумаги в произвольном масштабе последовательно описать все циркуляции, которые сделал корабль за время ведения аналитического счисления. Соединить начальную точку

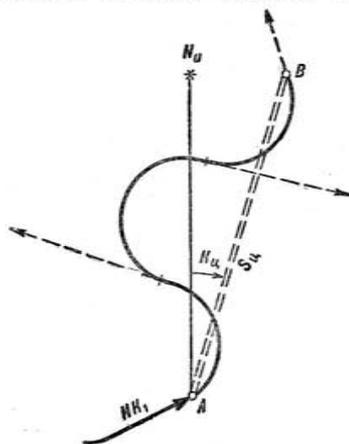


Рис. 10.1

полученной кривой A и конечную точку B прямой линией. Направление линии AB принять за дополнительный курс, а расстояние от A до B по прямой — за плавание по этому курсу.

§ 10.5. НЕКОТОРЫЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПО ФОРМУЛАМ АНАЛИТИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ

Расчет локсодромического курса или пеленга и расстояния между заданными точками:

$$\operatorname{tg} K = \frac{OTIII}{PШ}; \quad (10.14)$$

$$\operatorname{tg} K = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)'}{D_2 - D_1}'; \quad (10.15)$$

$$S = (\varphi_2 - \varphi_1)' \operatorname{sec} K'; \quad S = (\lambda_2 - \lambda_1)' \cos \varphi_{\text{ср}} \operatorname{cosec} K'. \quad (10.16)$$

При больших разностях широт для расчетов по формуле (10.14) вычислять промежуточную широту

$$\operatorname{sec} \varphi_{\text{п}} = \frac{PМЧ}{PШ}. \quad (10.17)$$

Расчет траверзного расстояния и расстояния до траверза:
 — расстояние до ориентира принять за плавание S ;
 — курсовой угол на ориентир принять за курс;
 — в табл. 24 МТ-63 в столбце $PШ$ найти расстояние до траверза, в столбце $OTШ$ — траверзное расстояние.

§ 10.6. ФОРМУЛЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО СЧИСЛЕНИЯ В КВАЗИГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

$$PШ_q = \left(S_M + \frac{S_M}{100} f \right) \cos K_q; \quad (10.18)$$

$$PД_q = \left(S_M + \frac{S_M}{100} q \right) \sin K_q \operatorname{sec} \varphi_{q\text{ср}}; \quad (10.19)$$

где $PШ_q$, $PД_q$ — разность квазиширот и разность квазидолгот, *дуг. мин*;

S_M — плавание корабля, *мили*;

K_q — квазикурс корабля (с учетом сноса), *град*;

$\varphi_{q\text{ср}}$ — средняя квазиширота плавания, *град*;

f , q — поправки за отличие морской мили от одной минуты дуги квазимеридиана и за принятие средней квазишироты вместо промежуточной, *мили*.

При $\varphi_{q\text{ср}}$ от 0 до 10° и $PШ$ от 0 до 10° поправки f и q практически постоянны и равны 0,5%.

Глава II

ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА КОРАБЛЯ И ОЦЕНКИ ЕГО ТОЧНОСТИ

§ 11.1. ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА КОРАБЛЯ

Частота обсерваций. Обсервация — определение координат наблюдателя $M_o(\varphi_o, \lambda_o)$ по измеренным навигационным параметрам $U = U(\varphi, \lambda)$.

Промежуток времени между двумя последовательными обсервациями ΔT в мин должен быть не более

$$\Delta T = \frac{1}{a_c} \sqrt{M_{\text{зад}}^2 - M_M^2}, \quad (11.1)$$

где $M_{\text{зад}}$ — допустимая для выполнения данной задачи средняя квадратическая ошибка места, *каб*;

M_M — средняя квадратическая ошибка наблюдения, мили;
 a_c — скорость нарастания ошибок счисления, каб/мин.

Практически место корабля должно определяться:

- при плавании в узкостях и в непосредственной близости берегов — не реже чем через каждые 5—10 мин;
- при плавании в пределах визуальной и радиолокационной видимости берегов — не реже чем через каждые 20—30 мин;
- вне дальности видимости берегов — через каждые 2—4 ч;
- в океане — по необходимости, но не реже чем через

$$\Delta T = \frac{1}{\kappa_c^2} (M_{\text{зад}}^2 - M_M^2), \quad (11.2)$$

где κ_c — коэффициент точности счисления, мили · г^{-0,5}.

Таблица 11.1

Основные навигационные изолинии

Навигационный параметр	Навигационная изолиния		
	Наименование	Вид на земном шаре	Смещение
Расстояние D до ориентира σ	Изостадия	Малый круг сферического радиуса D с центром в точке σ	$n = \Delta D$
Высота h светила	Высотная изолиния или круг равных высот	Малый круг сферического радиуса $z = 90^\circ - h$ с центром в полюсе освещения σ	$n = \Delta h$
Разность расстояний до двух ориентиров σ_1 и σ_2	Изолиния разности расстояний	Сферическая гиперболоа с фокусами в точках σ_1 и σ_2	$n = \frac{\Delta(D_2 - D_1)}{2 \sin \frac{\theta}{2}}$
Разность высот двух светил	Разностно-высотная изолиния	То же	$n = \frac{\Delta(h_2 - h_1)}{2 \sin \frac{A_2 - A_1}{2}}$
Параллактический угол Q (обратный азимут) ориентира σ	Параллактическая изолиния	Большой круг (ортодромия), проходящий через точки σ и M	$n = \Delta Q \sin D$
Азимут A ориентира	Изоазимута	Сферическая изогона с опорными точками в P и σ	$n = \frac{\Delta A}{g_A}$
Разность азимутов ΔA двух ориентиров (светил)	Разностно-азимутальная изолиния	Сферическая изогона с опорными точками в σ_1 и σ_2	$n = \frac{\Delta(A_2 - A_1)}{g_{\Delta A}}$

Навигационные изолинии и линии положения. Навигационная изолиния ($ни$) — линия равных значений данного навигационного параметра $U = U(\varphi, \lambda)$. Линия положения ($лп$) — отрезок прямой на карте (планшете, бланке) или отрезок большого круга на шаре, которым вблизи места наблюдения заменяется криволинейный отрезок навигационной изолинии.

При изменении навигационного параметра на величину ΔU $ни$ и $лп$ смещаются по направлению градиента \vec{g}_U в данной точке на расстояние $n = \frac{\Delta U}{g}$.

Градиенты навигационных параметров. Градиент навигационного параметра — вектор \vec{g}_U , характеризующий максимальную скорость изменения параметра в данной точке M ; направлен по нормали \vec{n} к изолинии в сторону возрастания параметра. Модуль g и азимут τ градиента определяются по формулам:

$$g = \frac{dU}{dn} = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} = \sqrt{g_N^2 + g_O^2}; \quad (11.3)$$

$$g_x = \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_M = g \cos \tau; \quad g_y = \left(\frac{\partial U}{\partial y} \right)_M = g \sin \tau;$$

$$g_N = \left(\frac{\partial U}{\partial \varphi} \right)_M; \quad g_O = \left(\frac{\partial U}{\partial \lambda} \right)_M \sec \varphi_M;$$

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{g_O}{g_N}. \quad (11.4)$$

Таблица 11.2

Градиенты основных навигационных параметров

Навигационный параметр	Градиент навигационного параметра		
	Модуль	Направление	Правила построения
Расстояние D до ориентира σ	$g = 1$	$\tau = ИП \pm 180^\circ$	В сторону от ориентира σ
Разность расстояний $\Delta D = D_2 - D_1$ до двух ориентиров σ_1 и σ_2	$g = 2 \sin \frac{\theta}{2}$	$\tau = ИП_{\text{ср}} - 90^\circ$	Перпендикулярно влево среднему пеленгу на ориентиры σ_1 и σ_2
Пеленг $ИП$ на ориентир σ	$g = \frac{1}{D}$	$\tau = ИП - 90^\circ$	Перпендикулярно влево линии пеленга

Продолжение

Навигационный параметр	Градиент навигационного параметра		
	Модуль	Направление	Правила построения
Пеленг Q от ориентира σ (обратный пеленг ориентира)	$g = \frac{1}{D}$	$\tau = Q + 90^\circ$	Перпендикулярно вправо линии пеленга
Горизонтальный угол $\theta = \angle IP_1 - IP_2$ между ориентирами σ_1 и σ_2	$g = \frac{d}{D_1 D_2}$ $d = \sigma_1 \sigma_2$	$\tau = ИП_1 + \gamma$ $\gamma = \angle P M \sigma_2$ $M P \perp \sigma_1 \sigma_2$	Внутри угла θ по формуле $\xi \theta = \xi ИП_2 - \xi ИП_1$
Расстояние D до ориентира σ	$g = 1$	$\tau = A \pm 180^\circ$	По направлению от ориентира σ
Высота h светила σ	$g = 1$	$\tau = A$	По направлению на светило
Разность расстояний $\Delta D = D_2 - D_1$ до двух ориентиров σ_1 и σ_2	$g = 2 \sin \frac{\Delta A}{2}$ $\Delta A = A_2 - A_1$	$\tau = A_{cp} - 90^\circ$ $A_{cp} = \frac{A_1 + A_2}{2}$	Перпендикулярно влево среднему азимуту ориентиров
Разность высот $\Delta h = h_2 - h_1$ двух светил	$g = 2 \sin \frac{\Delta A}{2}$	$\tau = A_{cp} + 90^\circ$	Перпендикулярно вправо среднему азимуту светил
Параллактический угол Q (обратный азимут) ориентира σ	$g = \frac{1}{\sin D}$	$\tau = A + 90^\circ$	Перпендикулярно вправо вертикалу ориентира
Азимут A ориентира σ	$g^2 = \text{tg}^2 \varphi + \text{ctg}^2 D - 2 \text{tg} \varphi \text{ctg} D \cos A$	$\cos(\tau - A) = \frac{\sin A \text{tg} \varphi}{g}$	Графически по методу В. В. Каврайского (рис. 11.1, а)
Разность азимутов $\Delta A = A_2 - A_1$ двух светил	$g^2 = \text{tg}^2 h_1 + \text{tg}^2 h_2 - 2 \text{tg} h_1 \text{tg} h_2 \cos \Delta A$	$\cos(\tau - A_1) = \frac{\sin \Delta A \text{tg} h_2}{g}$	Графически по методу В. В. Каврайского (рис. 11.1, б)

Приведение навигационных параметров к одному моменту и одному месту:

— рассчитать промежутки времени $\Delta T_i = T_{\text{зад}} - T_i$, где T_i — момент измерения параметра U_i ;

— найти скорость изменения параметра за единицу времени ω_{UT} и за плавание корабля в единицу времени ω_{US} :

$$\omega_{UT} = \frac{\partial U}{\partial T}; \quad \omega_{US} = \Delta S g \cos(\tau - \text{ПУ}); \quad (11.5)$$

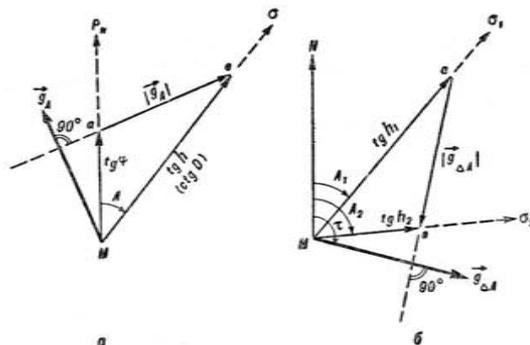


Рис. 11.1

— привести значения параметров U_i к $T_{\text{зад}}$:

$$\text{Прив. } U_i = U_i + (\omega_{UT} + \omega_{US}) \Delta T_i = U_i + \Delta U_T + \Delta U_S. \quad (11.6)$$

Построение линии положения от счислимого места:

— для счислимой (расчетной) точки $M_c(\varphi_c, \lambda_c)$ найти величину g и азимут τ градиента измеренного параметра U :

— рассчитать величину переноса линии положения $n = \frac{U - U_c}{g}$, где $U = U(\varphi_0, \lambda_0)$ — измеренное и исправленное всеми поправками значение навигационного параметра; $U_c = U(\varphi_c, \lambda_c)$ — счислимое значение параметра для точки M_c ;

— из точки M_c по направлению τ (рис. 11.3 и 11.4) отложить перенос n (если величина n отрицательна, то в обратном направлении, т. е. по $\tau \pm 180^\circ$);

— через полученную таким образом определяющую точку K перпендикулярно градиенту g провести lk ; ее направление $R = \tau \pm 90^\circ$.

Графическое приведение линий положения к одному месту*:

- рассчитать плавание корабля ΔS за $\Delta T = T_{\text{зад}} - T_i$;
- от любой точки $лл$ проложить отрезок ΔS по направлению $ПУ$ корабля (если ΔT отрицательно, то в обратном направлении, т. е. по $ПУ \pm 180^\circ$);
- через конец отрезка ΔS провести приведенную $лл'$ параллельно первоначальной $лл$.

§ 11.2. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ

Критерии точности навигационных параметров. Ошибка ΔU измеренного и исправленного всеми необходимыми поправками значения навигационного параметра U состоит из систематической δU и случайной ∇U составляющих:

$$\Delta U = \delta U + \nabla U = \delta U \pm k_p m_U, \quad (11.7)$$

где k_p — вероятностный коэффициент, характеризующий пределы учета случайных ошибок (табл. 11.3); m_U — средняя квадратическая ошибка параметра:

$$m_U = \sqrt{M_{\text{набл}}^2 + M_{\text{испр}}^2}; \quad M_{\text{набл}} = \frac{1}{\sqrt{n}} m_{\text{набл}}. \quad (11.8)$$

Таблица 11.3

Вероятность появления случайных ошибок, не превосходящих величины $\nabla = k_p m$

∇	$2/3 m$	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m	3,5 m	3,6 m	3,8 m
P, %	50,0	68,3	86,6	95,4	98,8	99,7	99,95	99,97	99,99

В качестве предельной обычно принимается $\nabla_{\text{пред}} = 2m$.

Априорная оценка точности навигационных параметров осуществляется на основании теоретических исследований или предыдущего опыта с учетом квалификации и состояния наблюдателя, типа и качества применяемых приборов, района плавания корабля и внешних условий наблюдений.

Оценка точности измерений по размаху:

- по результатам наблюдений U_i и T_i без приведения их к одному моменту и одному месту нанести точки $f_i = 1, 2, 3, \dots$ в крупном масштабе на график (рис. 11.2);
- провести осредняющую прямую W' (с помощью прозрачной линейки);

* Применяется вместо аналитического приведения по формуле (11.6).

— снять с графика значения максимального положительного $|+U_{\text{max}}|$ и максимального отрицательного $| - U_{\text{max}} |$ уклонений точек f_i от осредняющей прямой по направлению оси U ;

Таблица 11.4

Ориентировочные значения средних квадратических ошибок наблюдения некоторых навигационных параметров

Навигационные параметры	$m_{\text{набл}}$
Пеленги и курсы по магнитному компасу с учетом ошибок в склонении и девиации	1,0—2,0°
Пеленги и курсы по гироскопическому компасу	0,5—1,0°
Пеленги по корабельному радиопеленгатору	1,0—2,0°
Пеленги по корабельному радиолокатору	1,5—2,0°
Пройденное по лагу расстояние с учетом ошибок в поправке лага	0,7—1,5%
Расстояние по корабельному радиолокатору	0,6—3,0%
Углы между наземными ориентирами, измеренные навигационным секстаном	1,0—2,0'
Высоты Солнца и Луны, измеренные секстаном	0,3—0,7'
Высоты звезд и планет, измеренные секстаном	0,6—1,2'
Высоты светил, измеренные секстаном с искусственным горизонтом	2,0—2,5'

— рассчитать размах результатов измерений: $r = |+U_{\text{max}}| + |-U_{\text{max}}|$. Если измеряемая величина U в процессе наблюдений оставалась неизменной или результаты измерений U_i были пред-

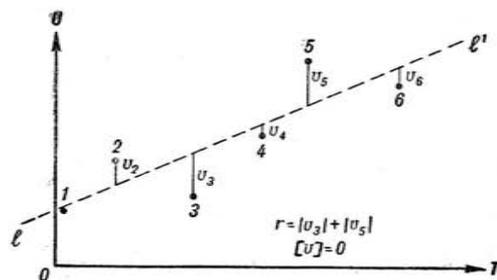


Рис. 11.2

варительно приведены к одному месту и одному моменту, т. е. без построения графика $r = U_{\text{max}} - U_{\text{min}}$;

- из табл. 11.5 выбрать доверительные коэффициенты k_r и K_r ;
- рассчитать средние квадратические ошибки:
 одиночного наблюдения U_i : $m = k_r r$
 среднего арифметического U_{cp} : $M = K_r r$ } (11.9)

Таблица 11.5

Доверительные коэффициенты размаха k_r и K_r для числа наблюдений n и доверительной вероятности P

P, %	Число наблюдений в серии (n)									
	3		5		7		8	9	10	11
	k_r	K_r	k_r	K_r	k_r	K_r	k_r	k_r	k_r	k_r
70	0,8	0,5	0,5	0,2	0,4	0,2	0,39	0,37	0,36	0,35
95	2,5	1,5	1,2	0,5	0,9	0,3	0,83	0,73	0,73	0,70
99	5,8	3,4	2,0	0,9	1,4	0,5	1,23	1,13	1,09	1,00

Оценка точности измерений по отклонениям от среднего:

- привести результаты всех измерений U_i к одному моменту и одному месту;

— рассчитать среднее арифметическое $U_{cp} = \frac{1}{n} \sum U_i$;

- найти отклонения $v_i = U_{cp} - U_i$ (при отсутствии ошибок расчетов $\sum v_i = 0$);

- из табл. 11.6 выбрать доверительные коэффициенты k_v и K_v ;
- рассчитать средние квадратические ошибки:

$$\left. \begin{array}{l} \text{одиночного наблюдения } U_i: \quad m = k_v \sqrt{\sum v_i^2} \\ \text{среднего арифметического } U_{cp}: \quad M = K_v \sqrt{\sum v_i^2} \end{array} \right\} (11.10)$$

Таблица 11.6

Доверительные коэффициенты отклонений k_v и K_v для числа наблюдений n и доверительной вероятности P

P, %	Число наблюдений в серии (n)									
	3		5		7		8	9	10	11
	k_v	K_v	k_v	K_v	k_v	K_v	k_v	k_v	k_v	k_v
70	0,9	0,5	0,6	0,3	0,5	0,2	0,42	0,39	0,37	0,35
95	3,1	1,8	1,4	0,6	1,0	0,4	0,89	0,82	0,75	0,70
99	7,0	4,0	2,3	1,0	1,5	0,6	1,32	1,19	1,08	1,00

Оценка точности измерений по истинным ошибкам (по отклонениям от истинного)*:

- вычислить истинные ошибки результатов наблюдений: $\Delta_i = \text{Набл. } U_i - \text{Ист. } U_i$;

— алгебраически сложить их и определить повторяющуюся ошибку: $\delta U = \frac{1}{n} \sum \Delta_i$;

— вычислить случайные составляющие ошибок наблюдений: $v_i = \Delta_i - \delta U$;

- из табл. 11.7 выбрать доверительные коэффициенты k_v и K_v ;

— рассчитать средние квадратические ошибки:

$$\left. \begin{array}{l} \text{одиночного наблюдения } U_i: \quad m = k_v \sqrt{\sum v_i^2} \\ \text{среднего арифметического } U_{cp}: \quad M = K_v \sqrt{\sum v_i^2} \end{array} \right\} (11.11)$$

Таблица 11.7

Доверительные коэффициенты ошибок k_v и K_v для числа наблюдений n и доверительной вероятности P

P, %	Число наблюдений в серии (n)									
	3		5		7		8	9	10	11
	k_v	K_v	k_v	K_v	k_v	K_v	k_v	k_v	k_v	k_v
70	0,8	0,4	0,5	0,2	0,4	0,2	0,40	0,37	0,35	0,33
95	2,5	1,5	1,2	0,6	0,9	0,4	0,83	0,77	0,72	0,67
99	5,7	3,3	2,1	0,9	1,4	0,7	1,24	1,12	1,03	0,96

Оценка точности линии положения:

- оценить примерную величину неисключенной составляющей систематической ошибки линии положения: $\delta_{лп} = \frac{\delta U}{gU}$. При построении линии положения от счислимой точки $\delta_{лп} = \frac{\delta U + \delta U_c}{gU}$;

* Этот прием в отличие от предыдущих двух позволяет оценить суммарную ошибку параметра (ее случайную и систематическую части).

— оценить среднюю квадратическую ошибку линии положения:

$$m_{лп} = \frac{m_U}{g_U} \text{ или } m_{лп} = \frac{1}{g_U} \sqrt{m_U^2 + m_{U_c}^2}; \quad (11.12)$$

— вычислить вес $лп$ $p_{лп}$ или ее относительный вес $p'_{лп}$:

$$p_{лп} = \frac{1}{m_{лп}^2} = \frac{g_U^2}{m_U^2}; \quad p'_{лп} = \frac{p_{лп}}{p_0}, \quad (11.13)$$

где p_0 — вес той $лп$, относительный вес которой принят за единицу;
— вычислить векторальную ошибку $лп$ по заданному направлению:

$$\overleftrightarrow{m}_{лп} = m_{лп} \operatorname{cosec} \theta; \quad \nabla_{лп} = k_p \overleftrightarrow{m}_{лп}, \quad (11.14)$$

где θ — угол между $лп$ и $\overleftrightarrow{m}_{лп}$ (рис. 11.3).

Ошибки $лп$ превращают ее в полосу положения (рис. 11.3) шириной $B = 2m_{лп}$ для $P = 68,3\%$ и $4m_{лп}$ для $P = 95,4\%$, смещенную относительно действительного места корабля M на величину $\delta_{лп}$.

§ 11.3. ОТЫСКАНИЕ ОБСЕРВАННОГО МЕСТА КОРАБЛЯ

По двум навигационным параметрам (рис. 11.4) observedанное место корабля получают графически, графо-аналитически или аналитически как точку M_0 пересечения приведенных к одному месту навигационных изолиний (прямое решение задачи) или же приближенно как точку M пересечения приведенных к одному месту линий положения (косвенное решение задачи).

Методом биссектрис при трех и четырех $лп$ *:

— при трех $лп$ в случае расположения градиентов навигационных параметров по всему горизонту (рис. 11.5, а) провести биссектрисы внутренних углов треугольника погрешностей; observedанное место находится в точке их пересечения внутри треугольника;

— при трех $лп$ в случае расположения градиентов навигационных параметров по одну сторону горизонта (рис. 11.5, б) провести биссектрисы внешних углов между средней и крайними $лп$ (параллельно средним азимутам соответствующих градиентов); observedанное место M находится в точке пересечения биссектрис за пределами треугольника погрешностей против средней $лп$;

* Применяется при преобладающем действии систематических ошибок в линиях положения.

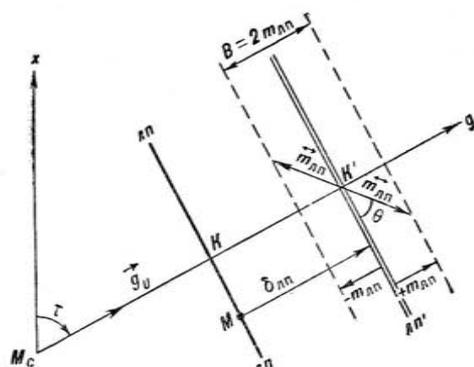


Рис. 11.3

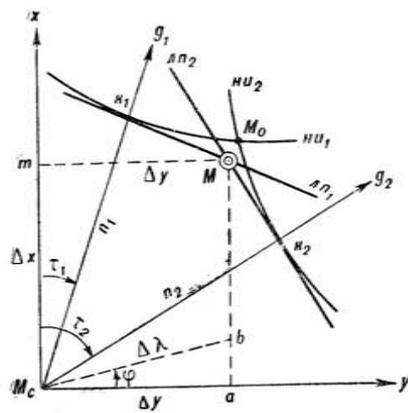


Рис. 11.4

— при четырех $лл$ в случае расположения градиентов навигационных параметров по всему горизонту (рис. 11.5, в) провести биссектрисы наиболее острых углов (между противоположными $лл$); при этом обе биссектрисы должны пройти между одина-

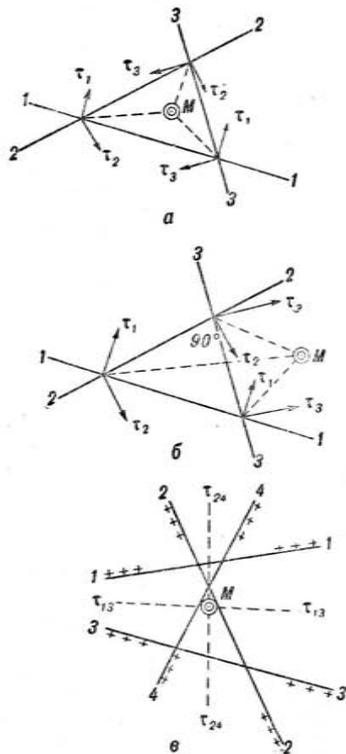


Рис. 11.5

ковыми («освещенными» или «неосвещенными») сторонами соответствующих $лл$; если этого нет, то в одной из $лл$ промах;

— для неравноточных $лл$ проводятся взвешенные биссектрисы, делящие соответствующие углы на части, обратно пропорциональные весам пересекающихся в данной точке $лл$.

Центрографическим приемом:

- проложить все $лл$ (рис. 11.6);
- вычислить по формуле (11.13) веса p_i, p_j, p_k, \dots всех $лл$ (или их относительные веса);
- вычислять условные веса p_{ij}, p_{ijk}, p_{ik} всех вершин F_{ij}, F_{jk}, \dots фигуры погрешностей по формуле

$$p_{ij} = p_i p_j \sin^2(\tau_2 - \tau_1) = k_{ij} p_i p_j, \quad (11.15)$$

где k_{ij} — относительные веса точек пересечения равноточных $лл$ ($p_1 = p_2 = \dots = 1$), выбираемые из табл. 11.8:

$\tau_1 = 20.0^\circ$	$n_1 = 1.0$	$p_1 = 1$
$\tau_2 = 250.0^\circ$	$n_2 = 1.0$	$p_2 = 3$
$\tau_3 = 140.0^\circ$	$n_3 = 1.5$	$p_3 = 2$

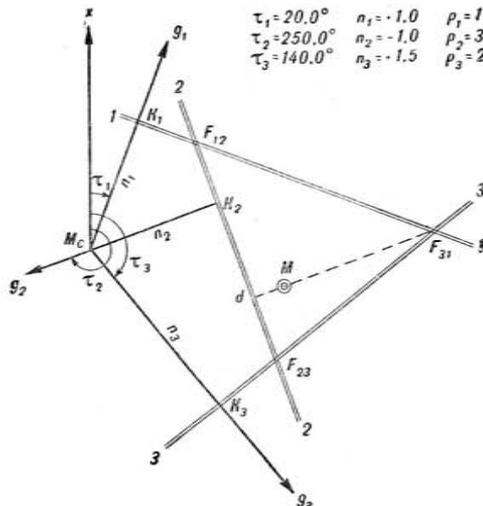


Рис. 11.6

— любую сторону F_{ij}, F_{jk} фигуры погрешностей разделить на части, обратно пропорциональные весам ее концов; точке деления d присписать вес, равный сумме весов этих концов, т. е.

$$F_{ij}d = \frac{p_{jk}}{p_d} F_{ij}F_{jk}; \quad p_d = p_{ij} + p_{jk}; \quad (11.16)$$

— полученную точку деления d соединить со следующей вершиной фигуры погрешностей прямой и разделить эту прямую на части, обратно пропорциональные весам ее концов;

Таблица 11.8

Относительные веса точек пересечения i и j одновесных $лп$

$\tau_j - \tau_i$	0°	-12°	-22°	-30°	-36°	-42°	-48°	-53°	-60°	-67°	-76°	-90°
k_{ij}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

— так поступать до тех пор, пока не будут учтены все вершины фигуры погрешностей; последняя точка будет вероятнейшим местом корабля M ; вес ее равен сумме весов всех вершин фигуры погрешностей.

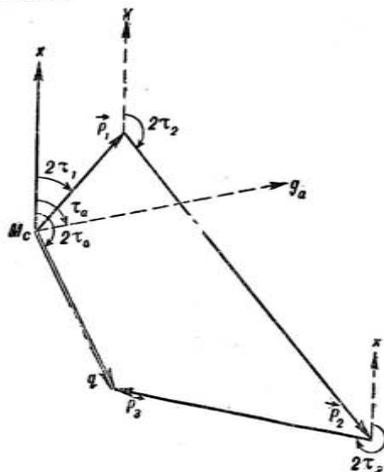


Рис. 11.7

По двум эквивалентным линиям положения:

— рассчитать по формуле (11.13) веса p_i всех $лп$ (для равно- точных $лп$ можно принять $p_{лп} = g^2/U$);

— вычислив их арифметическую сумму $[p]$, найти сумму весов эквивалентных линий положения: $[p] = p_a + p_b$;

— в произвольном масштабе построить полигон весов (рис. 11.7) геометрическим суммированием векторов \vec{p}_i , равных по модулю весам $лп$ и направленных под углами $2\tau_i$ к оси x ;

— измерить длину замыкающей полигона весов \vec{q} , т. е. найти разность весов эквивалентных $лп$: $q = p_a - p_b$;

— вычислить веса более точной p_a и менее точной p_b эквивалентных линий положения:

$$p_a = \frac{[p] + q}{2}; \quad p_b = \frac{[p] - q}{2}; \quad (11.17)$$

— из чертежа полигона весов определить азимут $2\tau_a = (x, \wedge q)$ замыкающей полигона весов \vec{q} ;

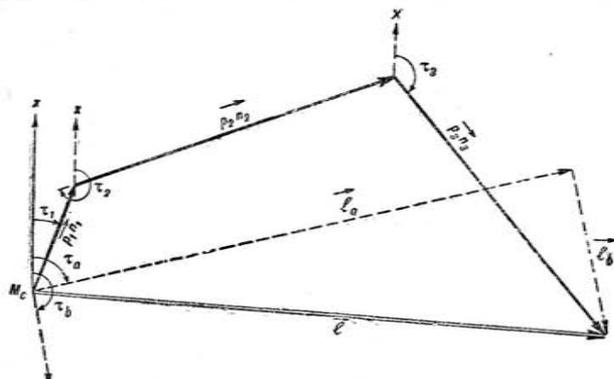


Рис. 11.8

— определить азимуты градиентов эквивалентных $лп$:

$$\left. \begin{array}{l} \text{более точной} \\ \text{менее точной} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \tau_a = \frac{1}{2} (x, \wedge q) \\ \tau_b = \tau_a + 90^\circ \end{array} \quad (11.18)$$

— в произвольном масштабе построить полигон переносов (рис. 11.8) геометрическим суммированием векторов $\vec{p}_i n_i$, равных по модулю произведениям переносов $лп$ на их веса p_i и направленных под углами τ_i к оси x ;

— спроектировать равнодействующую полигона переносов \vec{l} на направления τ_a и τ_b и измерить проекции l_a и l_b ;

— рассчитать переносы эквивалентных линий положения:

$$\left. \begin{aligned} \text{более точной} & \quad p_a = \frac{l_a}{P_a} \\ \text{менее точной} & \quad p_b = \frac{l_b}{P_b} \end{aligned} \right\} \quad (11.19)$$

— по элементам τ_a и n_a , τ_b и n_b построить эквивалентные ll (рис. 11.9); в точке их пересечения (они всегда перпендикулярны друг другу) находится вероятнейшее место корабля M .

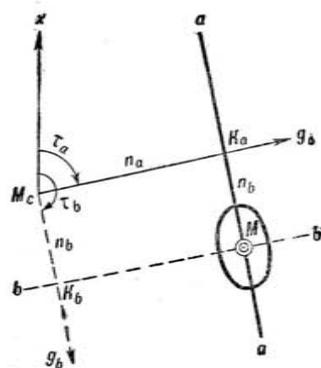


Рис. 11.9

При совместном действии случайных и систематических ошибок:

— методом биссектрис найти место M' , свободное от влияния систематических ошибок в линиях положения;

— центрографическим приемом или по двум эквивалентным линиям положения найти вероятнейшее место корабля M'' (при небольших размерах фигуры погрешностей вероятнейшее место корабля достаточно наметить на глаз);

— принять наблюдаемое место корабля M_0 на прямой $M'M''$ в расстояниях от этих точек, обратно пропорциональных отношению их весов.

Отыскание вероятнейшего места из серии наблюдений:

— привести счислимое M_c и все наблюдаемые места M_k к одному месту;

— установить их веса p_M и $p_{сч}$ или средние квадратические ошибки M_M и $M_{сч}$;

— принять относительный вес счислимого места $p'_{сч} = 1$ и рассчитать относительные веса наблюдаемых мест

$$p'_M = \frac{p_M}{p_{сч}} = \frac{M_{сч}^2}{M_M^2}; \quad (11.20)$$

— центрографическим приемом найти вероятнейшее место M_B ;

— его координаты могут быть найдены также аналитически:

$$\varphi_B = \frac{\sum p_i \varphi_i}{\sum p_i}; \quad \lambda_B = \frac{\sum p_i \lambda_i}{\sum p_i}. \quad (11.21)$$

Расчет координат наблюдаемого места. При прокладке линий положения на навигационной карте координаты наблюдаемой точки $M(\varphi_0, \lambda_0)$ снимаются непосредственно с карты. При прокладке линий положения от счислимой (расчетной) точки $M_c(\varphi_c, \lambda_c)$ на плане (рис. 11.4) необходимо:

— из наблюдаемой точки M провести перпендикуляр Mm к счислимому меридиану $M_c x$;

— в масштабе построений переносов измерить отрезки $M_c m = \Delta x$; $mM = \Delta y$;

— рассчитать наблюдаемые координаты по формулам:

$$\varphi_0 = \varphi_c + \Delta x; \quad \Delta \lambda = \Delta y \sec \varphi_0; \quad \lambda_0 = \lambda_c + \Delta \lambda. \quad (11.22)$$

В $\varphi < 60^\circ$ $\Delta \lambda$ можно получить графически, для чего:

— из точки M_c под углом φ_0 к оси y провести прямую $M_c b$ до пересечения с меридианом наблюдаемой точки Ma ;

— длина этой прямой в масштабе переносов будет равна искомой разности долгот, т. е. $\Delta \lambda = M_c b$ при $\angle bM_c y = \varphi_0$.

Расчет координат наблюдаемого места корабля в высоких широтах ($\varphi > 60^\circ$). После прокладки линий положения на плане и получения (как указано в предыдущем пункте) величин Δx и Δy вычислить наблюдаемые координаты по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_m = \varphi_c + \Delta x; \quad \text{tg } \Delta \lambda = \text{tg } \Delta y \sec \varphi_m \\ \lambda_0 = \lambda_c + \Delta \lambda; \quad \text{tg } \varphi_0 = \cos \Delta \lambda \text{ tg } \varphi_m \end{aligned} \right\} \quad (11.23)$$

§ 11.4. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОБСЕРВАННОГО МЕСТА

Критерии точности наблюдаемого места:

— систематическая ошибка места $\vec{\delta}_M = \vec{M'M}$ (рис. 11.10);

— эллипс ошибок (рис. 11.10 и табл. 11.9), характеризующий рассеяние наблюдаемого места корабля, вызванное случайными ошибками в линиях положения;

— средняя квадратическая (круговая) ошибка места

$$M_M = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{\frac{\overleftrightarrow{m}_1^2}{m_1^2} + \frac{\overleftrightarrow{m}_2^2}{m_2^2}} \quad (11.24)$$

применяется вместо эллипса ошибок для приближенной оценки точности места; она ограничивает площадь, внутри которой с вероятностью от 63% при $\frac{b}{a} = 1$ до 68% при $\frac{b}{a} = 0,2$ находится действительное место корабля; для предельной круговой ошибки $2M_M$ вероятность $P_{2M} = 97\%$;

— вес наблюдаемого места $p_M = \frac{1}{M_M^2}$;

Таблица 11.9

Элементы эллипсов ошибок						
Наименование эллипса ошибок	Обозначение	Сопряженные полу диаметры эллипса		Полуоси эллипса		Вероятность нахождения места внутри эллипса, %
		\leftrightarrow V_1	\leftrightarrow V_2	большая	малая	
Срединный	\mathcal{E}_p	$\frac{1}{2}m_1$	$\frac{1}{2}m_2$	$\frac{1}{2}a$	$\frac{1}{2}b$	20,3
Средний квадратический	\mathcal{E}_m	m_1	m_2	a	b	39,3
Вероятный	\mathcal{E}_v	$1,18m_1$	$1,18m_2$	$1,18a$	$1,18b$	50,0
Стандартный	$\mathcal{E}_{ст}$	$1,5m_1$	$1,5m_2$	$1,5a$	$1,5b$	67,5
Удвоенный	\mathcal{E}_{2m}	$2m_1$	$2m_2$	$2a$	$2b$	85,6
Предельный	$\mathcal{E}_{пр}$	$2,5m_1$	$2,5m_2$	$2,5a$	$2,5b$	95,6
Утроенный	\mathcal{E}_{3m}	$3m_1$	$3m_2$	$3a$	$3b$	98,9
Учетверенный	\mathcal{E}_{4m}	$4m_1$	$4m_2$	$4a$	$4b$	99,9

— параллелограмм погрешностей (рис. 11.10 и 11.11); вероятность нахождения места в нем равна 46,6% при ширине полос положения $2m_{л1}$ и 91% при ширине полос $4m_{л1}$;

— ошибка места по заданному направлению

$$d = \sqrt{a^2 \cos^2 \alpha + b^2 \sin^2 \alpha} = k_d a, \quad (11.25)$$

где α — угол между d и большой осью эллипса (рис. 11.11);

k_d — коэффициент, выбираемый из табл. 11.10.

Расчет систематической ошибки места, полученного по двум линиям положения:

— геометрически (рис. 11.10);

— аналитически по формуле

$$\delta_M = \operatorname{cosec}(\tau_2 - \tau_1) \sqrt{\delta_{л1}^2 + \delta_{л2}^2 - 2\delta_{л1}\delta_{л2} \cos(\tau_2 - \tau_1)}. \quad (11.26)$$

При равенстве систематических ошибок в линиях положения

$$\delta_M = \delta_{л1} \sec \frac{\tau_2 - \tau_1}{2}, \quad (11.27)$$

а линия ее действия параллельна биссектрисе угла между градиентами обеих линий положения (определяется углом $\tau_{ср}$).

Таблица 11.10

Коэффициенты k_d для расчета ошибки места по заданному направлению

$\frac{b}{a}$	Угол α , град							
	0	30	40	50	60	70	80	90
0,1	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1
0,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2
0,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
0,4	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
0,5	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4
0,6	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5
0,7	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7
0,8	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

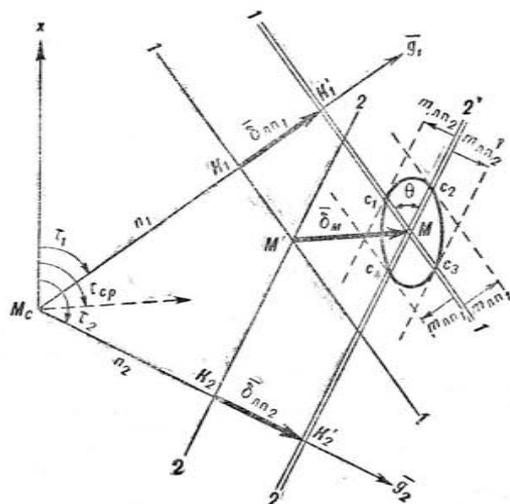


Рис. 11.10

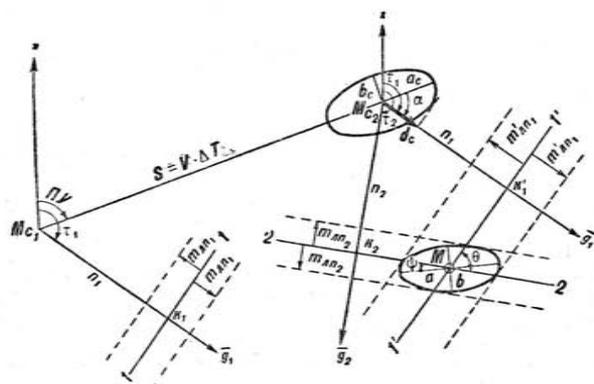


Рис. 11.11

Расчет элементов эллипса ошибок при определении места по двум линиям положения:

— найти отношение средних квадратических ошибок l или отношение весов r линий положения:

$$l = \frac{m_{\Delta n_2}}{m_{\Delta n_1}} < 1; r = \frac{p_{\Delta n_1}}{p_{\Delta n_2}} < 1, \quad (11.28)$$

где $m_{\Delta n_2}$, $p_{\Delta n_2}$ — средняя квадратическая ошибка и вес более точной $лл$ ($m_{\Delta n_2} < m_{\Delta n_1}$);

— рассчитать острый угол θ пересечения линий положения: $\theta = \tau_2 - \tau_1$ или $\theta = 180^\circ - (\tau_2 - \tau_1)$;

— из табл. 11.11 по θ и l (или по θ и r) выбрать угол ϕ ориентировки большой оси эллипса ошибок и отложить его внутрь острого угла θ от более точной линии положения $лл_2$ (рис. 11.11);

— из табл. 11.12 и 11.13 по θ и l (или по θ и r) выбрать коэффициенты k_a и k_b ;

— рассчитать полуоси эллипса ошибок:

$$a = k_a m_{\Delta n_2}; \quad b = k_b m_{\Delta n_2}. \quad (11.29)$$

Приближенно без расчетов эллипс ошибок можно построить, вписав его в параллелограмм погрешностей. Большая ось эллипса (рис. 11.10) ориентируется внутри острого угла θ пересечения линий положения (ближе к более точной из них), а эллипс касается параллелограмма в точках c_1 , c_2 , c_3 , c_4 пересечения исходных и смещенных линий положения. Размеры и ориентировка эллипса снимаются с чертежа.

Таблица 11.11

Угол ψ в град между более точной $лл$ и большой полуосью эллипса ошибок

$l(r)$	Угол θ , град								
	20	30	40	50	60	70	80	85	90
0,3 (0,1)	1	2	3	4	2	2	1	0	0
0,4 (0,2)	3	4	5	6	5	4	2	1	0
0,5 (0,3)	4	6	7	8	8	6	4	3	0
0,6 (0,4)	5	8	10	10	11	9	6	5	0
0,7 (0,5)	6	8	12	13	14	14	8	7	0
0,8 (0,6)	7	10	14	16	18	18	13	9	0
0,8 (0,6)	7	10	14	16	18	18	14	21	0
0,9 (0,8)	8	12	17	21	26	24	24	28	0
0,95 (0,9)	9	14	18	23	31	27	32	28	0
1,0 (1,0)	10	15	20	25	35	30	40	42	Любой

Таблица 11.12

Коэффициенты k_a для расчета большой полуоси эллипса ошибок

$l(r)$	Угол θ , град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,3 (0,1)	19	9,6	6,6	5,1	4,2	3,8	3,4	3,2	3,2
0,4 (0,2)	16	8,2	5,3	4,1	3,3	2,9	2,7	2,6	2,5
0,5 (0,3)	13	6,3	4,5	3,4	2,7	2,4	2,2	2,1	2,0
0,6 (0,4)	11	5,8	3,8	3,0	2,4	2,1	1,8	1,7	1,7
0,6 (0,4)	10	5,0	3,4	2,6	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4
0,7 (0,5)	10	5,0	3,4	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3
0,8 (0,6)	9,2	4,7	3,1	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
0,8 (0,6)	9,2	4,7	3,1	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2
0,9 (0,8)	8,6	4,4	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1
1,0 (1,0)	8,2	4,1	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Таблица 11.13

Коэффициенты k_b для расчета малой полуоси эллипса ошибок

$l(r)$	Угол θ , град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,3 (0,1)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,4 (0,2)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
0,5 (0,3)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
0,6 (0,4)	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
0,6 (0,4)	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
0,7 (0,5)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
0,8 (0,6)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
0,8 (0,6)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
0,9 (0,8)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
1,0 (1,0)	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0

Расчет круговой ошибки места, полученного по двум линиям положения:

$$- \text{ по полуосям эллипса ошибок } M = \sqrt{a^2 + b^2};$$

$$- \text{ по векториальным ошибкам } M = \sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2}{1 + \cos 2\theta}};$$

- по средним квадратическим ошибкам линий положения

$$M = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{m_{\Delta n_1}^2 + m_{\Delta n_2}^2} = k_M m_{\Delta n_2}, \quad (11.30)$$

где $m_{\Delta n_2}$ — средняя квадратическая ошибка более точной Δn ;

k_M — коэффициент, выбираемый из табл. 11.14.

При $\theta < 40^\circ$, а также при $\frac{b}{a} < 0,35$ ошибкой M_M для оценки точности места пользоваться не рекомендуется.

Таблица 11.14

Коэффициенты k_M для расчета круговой ошибки места

$i(r)$	Угол θ , град								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0,1 (-)	58	29	20	15,6	13,1	11,5	10,6	10,2	10,1
0,2 (-)	29	15	10	7,9	6,7	5,9	5,4	5,2	5,1
0,3 (0,1)	20	10	7,0	5,4	4,5	4,0	3,7	3,5	3,5
0,4 (0,2)	16	8	5,4	4,2	3,5	3,1	2,9	2,7	2,7
0,5 (0,3)	13	7	4,5	3,5	2,9	2,6	2,4	2,3	2,3
0,6 (0,4)	11	6	3,9	3,0	2,5	2,2	2,1	2,0	1,9
0,7 (0,5)	10	5	3,5	2,7	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7
0,8 (0,6)	9	5	3,2	2,5	2,1	1,8	1,7	1,6	1,6
0,9 (0,8)	9	4	3,0	2,3	1,9	1,7	1,6	1,5	1,5
1,0 (1,0)	8	4	2,8	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4

Расчет элементов эллипса ошибок при определении места по трем и более линиям положения:

- построить полигон весов и рассчитать веса p_a и p_b эквивалентных линий положения (§ 11.3);

- с помощью табл. 11.15 вычислить полуоси эллипса ошибок:

$$a = \frac{1}{\sqrt{p_b}}; \quad b = \frac{1}{\sqrt{p_a}}; \quad (11.31)$$

при построении полигона весов с относительными весами линий положения $p'_{\Delta n} = \frac{2}{g_{ij}}$ полуоси эллипса ошибок:

$$a = \frac{m_{ij}}{\sqrt{p_b}}; \quad b = \frac{m_{ij}}{\sqrt{p_a}};$$

- построить эллипс ошибок; его большая полуось a (рис. 11.9) всегда направлена вдоль более точной из двух эквивалентных линий положения (перпендикулярно биссектрисе полигона весов), а малая полуось b — вдоль менее точной эквивалентной линии положения (параллельно биссектрисе полигона весов), т. е. $a \perp \tau_a$; $b \parallel \tau_a$.

Таблица 11.15

Размеры полуосей эллипса ошибок

p_a, p_b	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	10,0
a, b	2,2	1,6	1,3	1,1	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Расчет круговой ошибки места, полученного по трем и более линиям положения:

- по полуосям эллипса ошибок $M_M = \sqrt{a^2 + b^2}$;

- по $p_{\Delta n}$ для разновесных линий положения:

$$M_M = \sqrt{\frac{\sum p_{\Delta n}}{\sum p_{\Delta n_i} p_{\Delta n_j} \sin^2 \theta_{ij}}} = \sqrt{\frac{\sum p_{\Delta n}}{\sum p_{\text{вершин}}}}; \quad (11.32)$$

- по $m_{\Delta n}$ для n одновесных однородных линий положения:

$$M_M = m_{\Delta n} \sqrt{\frac{n}{\sum \sin^2 \theta}}; \quad (11.33)$$

- приближенно для трех одновесных линий положения:

$$\left. \begin{aligned} \text{при } \theta = 40-90^\circ \quad M_M &= 1,2 m_{\Delta n} \\ \text{при } \theta = 30-40^\circ \quad M_M &= 1,5 m_{\Delta n} \end{aligned} \right\} \quad (11.34)$$

где θ — два из трех внутренних углов пересечения Δn ;

— приближенно для четырех и более одновесных $л$:

$$M_M = m_{лл}. \quad (11.35)$$

Оценка точности места, полученного методом биссектрис*:

— рассчитать средние квадратические ошибки биссектрис:

$$m_6 = k_6 m_{лл_i} = \frac{1}{2} \operatorname{cosec} \frac{\tau_j - \tau_i}{2} \sqrt{m_{лл_i}^2 + m_{лл_j}^2}, \quad (11.36)$$

где k_6 — коэффициент геометрической точности биссектрис, вы-

бираемый из табл. 11.16 по $f = \frac{m_{лл_i}}{m_{лл_j}}$ и $\Delta\tau = \tau_j - \tau_i$;

$m_{лл_i}$ — средняя квадратическая ошибка более точной из двух $лл$, между которыми проводится биссектриса $б_{ij}$;

— оценить точность места эллипсом ошибок или круговой ошибкой обычным порядком, понимая под более точной линией положения более точную биссектрису.

Таблица 11.16

Коэффициенты k_6 геометрической точности биссектрис

$f = \frac{m_{лл_i}}{m_{лл_j}}$	Угол $\Delta\tau = \tau_j - \tau_i$, град									
	10	20	30	40	50	60	90	120	150	180
0,1	5,8	2,9	1,9	1,5	1,2	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5
0,2	5,9	2,9	2,0	1,5	1,2	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5
0,3	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5
0,4	6,2	3,1	2,1	1,6	1,3	1,1	0,8	0,6	0,6	0,5
0,5	6,4	3,2	2,2	1,6	1,3	1,1	0,8	0,6	0,6	0,6
0,6	6,7	3,4	2,3	1,7	1,4	1,2	0,8	0,7	0,6	0,6
0,7	7,0	3,5	2,4	1,8	1,4	1,2	0,9	0,7	0,6	0,6
0,8	7,3	3,7	2,5	1,9	1,5	1,3	0,9	0,7	0,7	0,6
0,9	7,7	3,9	2,6	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,7
1,0	8,1	4,1	2,7	2,1	1,7	1,4	1,0	0,8	0,7	0,7

Расчет элементов эллипса ошибок счислимo-обсервованного места:

— рассчитать элементы эллипса ошибок счисления a_c , b_c , τ_c за промежутки времени между наблюдениями;

* При трех $лл$ берутся те две из трех биссектрис, угол пересечения которых ближе к 90° , а при четырех $лл$ — те, которые делят между $лл$ наиболее острые углы (рис. 11.5 в),

— рассчитать ошибку счисления по направлению градиента первой $лл$ $d_c = k_d a_c$ (формула 11.25);

— рассчитать ошибку перенесенной первой линии положения:

$$m'_{лл_1} = \sqrt{m_{лл_1}^2 + d_c^2}; \quad (11.37)$$

— обычным порядком для двух неравноточных линий положения с ошибками $m'_{лл_1}$ и $m_{лл_2}$ по формулам (11.28), (11.29) вычислить элементы эллипса ошибок счислимo-обсервованного места M .

Расчет круговой ошибки счислимo-обсервованного места:

— рассчитать круговую ошибку счисления $M_{сч}$;

— рассчитать среднюю квадратическую ошибку перенесенной первой $лл$:

$$m'_{лл_1} = \sqrt{m_{лл_1}^2 + M_{сч}^2}; \quad (11.38)$$

— рассчитать для двух неравноточных $лл$ с ошибками $m'_{лл_1}$ и $m_{лл_2}$ по формуле (11.30) ошибку M_M счислимo-обсервованного места.

Оценка точности вероятнейшего места из серии обсерваций:

— определить уклонения v_i каждого осредняемого места M_i от вероятнейшего места M_3 ;

— рассчитать круговую ошибку вероятнейшего места:

$$M_M = \sqrt{\frac{\sum p_i v_i^2}{(n-1) \sum p_i}}, \quad (11.39)$$

где p_i — веса осредняемых мест;

n — число осредняемых мест.

Глава 12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ВИЗУАЛЬНЫМИ СПОСОБАМИ

§ 12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Во время плавания в виду берегов счисление пути корабля надлежит систематически проверять определениями места всеми доступными при данных условиях способами, а также измере-

ниями глубин, использованием ограждающих линий положения, наблюдением за обстановкой.

2. Тщательность опознавания ориентиров — необходимое условие надежности обсервации. Ориентиры опознаются сравнением их характеристик с данными, приведенными в лоции, пособиях «Огни и знаки» и «Радиотехнические средства». При опознании огней по их периоду использование секундомера обязательно. Опознацию ориентиров могут помочь пеленги на них, снятые с карты от счислимого места корабля.

3. Надежное обсервованное место исключает все ошибки счисления, накопившиеся со времени предыдущего определения, и служит основанием для дальнейшего счисления. Точные обсервации позволяют установить величину отклонения счислимого места корабля от истинного, что дает возможность выяснить причины этого отклонения и учесть их при дальнейшем счислении.

4. Не всякое определение дает точное место корабля; возможны случаи, когда счислимое место является более точным, чем обсервованное. Основанием для переноса счисления в обсервованную точку может быть только такое обсервованное место, которое не вызывает сомнения и точность его заведомо выше точности счислимого места.

5. Источниками грубых ошибок при определении места могут быть небрежность при наблюдениях и вычислениях, неаккуратность графических построений, неисправность штурманских приборов и инструментов. Большие ошибки часто возникают при пеленговании отдельных естественных ориентиров (срезов мысов, скал, вершин гор, приметных пятен); при наблюдениях в условиях пониженной видимости; при наблюдениях, производимых во время качки корабля; из-за неправильного опознавания ориентиров и несоответствия нанесенных на карту предметов их действительному положению на местности.

6. К каждому обсервованному месту следует относиться критически и быть особенно осторожным, если оно выплывает при неблагоприятных условиях. Чтобы убедиться в правильности полученного места, рекомендуется повторять определения, использовать иные способы определения и другие ориентиры, измерять глубины.

7. Во всех случаях, когда полученное место корабля вызывает сомнение, следует задать вероятными ошибками наблюдений и приборов и рассчитать радиус круга возможных ошибок в обсервованном месте; дальнейшее счисление вести с учетом площади этого круга до тех пор, пока место корабля не будет определено более точно.

8. Всегда необходимо использовать наиболее точные способы определения места корабля. Во всех случаях, когда это представляется возможным, одновременно с определением места надлежит измерить глубину.

9. Определив место, нанести на карту соответствующее моменту обсервации счислимое место и показать невязку. Невязку на карте обозначают в виде затухающей волнистой линии, проведенной от счислимой точки; направление невязки измеряют от счислимой точки с точностью до 1° ; величину невязки — до 0,1 мили.

10. Полученное на карте обсервованное место обозначают соответствующим условным знаком, приведенным в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Условные обозначения обсерваций

Способ определения места корабля	По одновременным линиям положения	По разновременным линиям положения
По визуальным наблюдениям береговых ориентиров		
С использованием радиотехнических средств		
С использованием гидроакустических средств (кроме эхолота)		
С помощью эхолота		
По небесным светилам		
С использованием радиотехнических и гидроакустических средств		
По небесным светилам и радиотехническим средствам		
По небесным светилам и гидроакустическим средствам		

§ 12.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ДВУМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ УГЛАМ

1. Выбрать и опознать три ориентира, хорошо видимые с мостка корабля и нанесенные на карту; записать в ЗКШ названия ориентиров, выбранных для наблюдений, в той последовательности, в которой будут произведены наблюдения.

2. Измерить углы между левым и средним ориентирами α и между средним и правым β с точностью до 1'; после измерения второго угла заметить момент по часам и отсчет лага (рис. 12.1, а).

Если углы измеряются одним наблюдателем, то измерить первый угол, затем второй, заметить момент по часам и отсчет лага, после чего снова измерить первый угол α' и рассчитать его среднее значение $\alpha_{\text{ср}}$.

3. Исправить измеренные углы α и β поправкой индекса и общей инструментальной поправкой ($i + s$).

4. Поставить линейки протрактора на исправленные отсчеты углов.

Примечание. При отсутствии протрактора взять лист кальки и с помощью транспортира провести из точки К, взятой у одного из краев листа, прямую KB (рис. 12.1, б); под углом α к ней провести прямую KA и, отложив по другой стороне от KB угол β , провести прямую KC.

5. Наложить протрактор (кальку) на карту так, чтобы скошенные срезы линеек протрактора (прямые на кальке) прошли через изображения ориентиров, углы между которыми были измерены; убедившись, что линейки лежат правильно, сделать в центре протрактора (в точке К на кальке) легкий накол так, чтобы след его был слегка заметен на карте, и, поставив на нем точку, обвести этот накол кружком.

6. Для контроля сместить протрактор и произвести совмещение вновь; убедиться, что другого положения протрактора (кальки), при котором те же срезы линеек (прямые KA, KB и KC) опять пройдут через изображения тех же ориентиров, нет. Если такое положение будет найдено (случай неопределенности), то место корабля надо определить заново другим способом или выбрав другие ориентиры (хотя бы один из них).

Место, определенное по двум углам, получается тем точнее:

- чем угол пересечения линий положения θ ближе к 90° ;
- чем меньше расстояние D_B до среднего ориентира;

- чем меньше по величине отношения $\frac{D_A}{d_\alpha}$ и $\frac{D_C}{d_\beta}$.

Средняя квадратическая ошибка M_{2x} в месте, определенном по двум углам, в каб:

$$M_{2x} = \frac{D_B m_x}{3433 \sin \theta} \sqrt{\left(\frac{D_A}{d_\alpha}\right)^2 + \left(\frac{D_C}{d_\beta}\right)^2}, \quad (12.1)$$

где D_A, D_B, D_C — расстояния от места корабля до ориентиров А, В, С, каб;

m_x — средняя квадратическая ошибка измерения углов, мин;

θ — угол пересечения линий положения, град;

d_α, d_β — расстояния между ориентирами, каб.

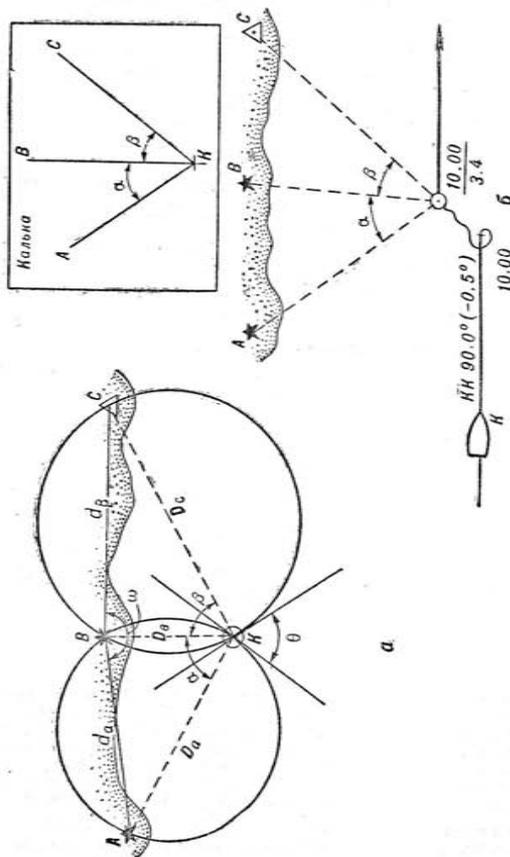


Рис. 12.1

Для избежания неопределенного случая ориентир следует выбирать так, чтобы выполнялось одно из следующих условий:

- они лежали примерно на одной прямой;
- средний ориентир был ближе к кораблю, чем крайние;
- корабль находился внутри треугольника, образованного соединяющими ориентир прямыми линиями.

Во всяком случае следует наблюдать за тем, чтобы сумма углов $\alpha + \beta + \gamma$ значительно отличалась от 180° .

Измерение горизонтальных углов секстаном можно заменить пеленгованием ориентиров и последующим расчетом по ним соответствующих углов. Точность определения места при этом понижается.

§ 12.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ОДНОВРЕМЕННО ИЗМЕРЕННЫМ ПЕЛЕНГАМ НЕСКОЛЬКИХ ОРИЕНТИРОВ

Определение по пеленгам трех или четырех ориентиров предпочтительнее, так как при определении места по двум ориентирам отсутствует контроль правильности измерений и прокладки.

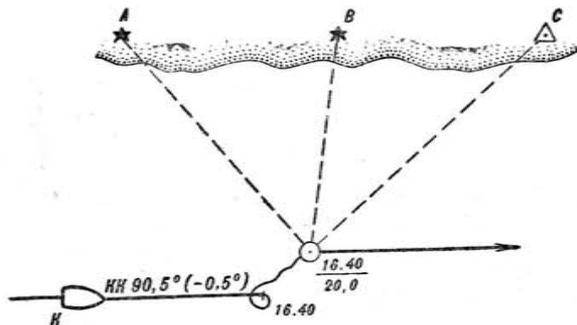


Рис. 12.2

Определять место по двум пеленгам следует лишь в крайних случаях, когда нет более надежных способов определения.

1. Измерить в быстрой последовательности компасные пеленги хорошо видимых и нанесенных на карту ориентиров, начиная от ориентира, лежащих ближе к диаметральной плоскости. В момент измерения последнего пеленга заметить момент по часам и отсчет лага, записав все эти данные в ЗКШ (рис. 12.2).

Примечание. В темное время следует начинать пеленгование с огня, у которого наиболее длинное затемнение; последним пеленговать постоянный огонь.

2. При большой скорости корабля пеленги следует приводить к одному моменту. Для этого измерить пеленг $KП_C$ первого, за-

тем $KП_B$ второго и $KП_A$ третьего ориентира, заметить момент по часам и отсчет лага. Затем повторно измерить $KП'_B$ второго и $KП'_C$ первого ориентира. За одновременно измеренные пеленги следует считать:

$$— \text{ для первого ориентира } \frac{KП_C + KП'_C}{2};$$

$$— \text{ для второго ориентира } \frac{KП_B + KП'_B}{2};$$

$$— \text{ для третьего ориентира } KП_A.$$

3. Исправив компасные пеленги поправкой компаса, проложить на карте от соответствующих ориентиров линии вычисленных истинных пеленгов, точка пересечения которых и даст observed место корабля.

Если при определении по трем (четырем) ориентирам линии пеленгов в одной точке не пересекаются, образуя треугольник погрешностей, то:

— если этот треугольник примерно равносторонний и каждая его сторона не более 5 м в масштабе путевой карты, то место корабля принимается в его центре;

— если две стороны треугольника погрешностей имеют вытянутую форму, то место корабля принимается ближе к его более короткой стороне;

— если стороны треугольника погрешностей имеют большие размеры, следует проверить правильность опознания ориентиров, измерений и расчетов, выполнить наблюдение повторно по другим ориентирам. Сохранение ориентировки и размеров треугольника погрешностей в нескольких выполненных подряд одна за другой наблюдениях при отсутствии ошибок в опознании ориентиров, исправлении и прокладке пеленгов свидетельствует об ошибке в поправке компаса. В этом случае для определения места все пеленги нужно изменить в одну сторону на один и тот же угол α ($2-3^\circ$) и, исправив им взятые пеленги, проложить на карте новые значения истинных пеленгов (рис. 12.3). Получив новый треугольник $A'B'C'$, соединить прямыми сходственные вершины треугольников ABC и $A'B'C'$ и продолжить эти прямые до их пересечения в точке K , которая и будет истинным местом корабля в момент взятия третьего пеленга. Сняв с карты истинные значения пеленгов, сравнить их с измеренными и найти поправку компаса на этом курсе (как среднюю из трех наблюдений), которую при дальнейшем плавлении проверить, после чего принимать в расчеты. Если прямые AA' , BB' и CC' не пересекутся в одной точке, то истинное место принимается в центре треугольника, образованного прямыми AA' , BB' и CC' .

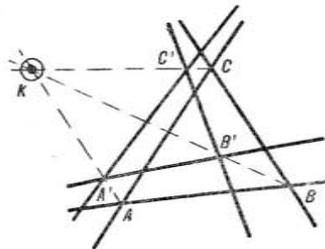


Рис. 12.3

Чтобы место корабля получить с возможно большей точностью, углы между направлениями на ориентиры не должны быть меньше 30° и больше 150° ; лучший случай — когда эти углы близки к 60 или 120° . Обсервацию, при которой угол пересечения пеленгов менее 30 или 150° , в расчет принимать нельзя.

Средняя квадратическая ошибка $M_{2\Pi}$ определения места по пеленгам в каб:

$$M_{2\Pi} = \frac{m_{\Pi}}{57,3 \sin \theta} \sqrt{D_1^2 + D_2^2}, \quad (12.2)$$

где m_{Π} — средняя квадратическая ошибка измерения пеленга, град;
 θ — разность пеленгов на ориентиры, град;
 D_1, D_2 — расстояния от обсервованного места до ориентиров, мили.

Третий пеленг лишь незначительно (на $15-20\%$) повышает точность обсервации, но зато дает возможность контролировать правильность измерений и прокладку обсервации на карте.

§ 12.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО РАССТОЯНИЯМ

1. Измерить в быстрой последовательности расстояния до выбранных ориентиров; заметить момент по часам и отсчет лага. Измерение расстояний следует начинать до ориентира, находящегося на курсовом угле, близком к 90° . Затем измерить расстояние до ориентира, находящегося на курсовом угле 0 или 180° . При медленном измерении расстояний и большом ходе корабля наблюдения следует приводить к одному моменту. Для этого измеряют расстояние D_1 до первого ориентира, затем расстояние D_2 до второго ориентира, замечают момент по часам и отсчет лага и повторно измеряют расстояние D_1 до первого ориентира. За одновременно измеренные расстояния считают до первого

ориентира $\frac{D_1 + D_1}{2}$ и до второго ориентира D_2 .

2. Измеренные расстояния исправить поправками.

3. Провести на карте дуги окружностей, центрами которых являются изображения ориентиров, а радиусы равны в масштабе карты измеренным расстояниям; в точке их пересечения находится обсервованное место корабля (рис. 12.4).

4. Если при определении по трем расстояниям окружности в одной точке не пересекаются, за обсервованное место принимается середина треугольника погрешностей; если треугольник велик, проверить правильность опознавания ориентиров, измерений и прокладки.

При измерении расстояний с помощью стереоскопических артиллерийских дальномеров, деления которых разбиты в артиллерийских кабельтовых, перед прокладкой артиллерийские кабельтовы перевести в навигационные, пользуясь табл. 45-а МТ-63. При измерении расстояний с помощью дальномерного приспособления перископа расстояния получают в навигационных кабельтовых.

Для определения расстояния по измеренному вертикальному углу:

— приготовить секстан к наблюдениям;
 — измерить вертикальный угол от линии горизонта (основания ориентира) до вершины ориентира α' ; отсчет секстана OC исправить поправкой индекса i и инструментальной поправкой секстана s :

$$\alpha' = OC + (i + s); \quad (12.3)$$

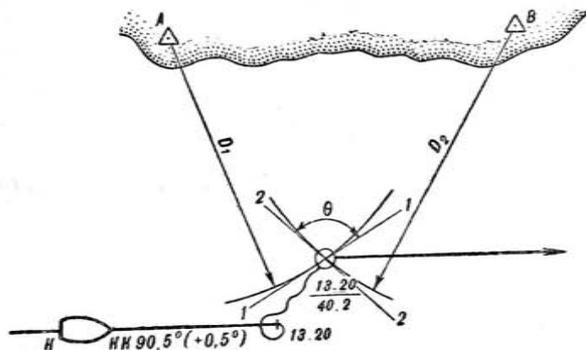


Рис. 12.4

— рассчитать расстояние D до ориентира в милях:

$$D = \frac{h}{1852} \operatorname{ctg} \alpha', \quad (12.4)$$

где h — высота ориентира над уровнем моря, м;
 α' — измеренный угол от вершины ориентира до уровня моря, дуг. мин.

По формуле (12.4) составлена табл. 29 МТ-63. Расчет расстояния до ориентира с помощью логарифмической линейки:

$$D = 1,86 \frac{h}{\alpha'}. \quad (12.5)$$

Вычисление расстояния до ориентира, основание которого скрыто под горизонтом:

— выбрать из табл. 11-6 МТ-63 наклонение видимого горизонта d ;

— рассчитать угол γ , под которым видна вершина ориентира над истинным горизонтом:

$$\gamma = OC + (i + s) - d; \quad (12.6)$$

— рассчитать расстояние до ориентира D :

$$D = D_c - \frac{0,423D_c^2 + \gamma D_c - 1,86(h - e)}{0,85D_c + \gamma}, \quad (12.7)$$

где D_c — счислимое расстояние до ориентира, мили;

γ — угол, под которым видна вершина ориентира над истинным горизонтом, дуг. мин;

h — высота ориентира, м;

e — высота глаза наблюдателя, м.

Если вычисленное расстояние будет значительно отличаться от счислимое, вычисления повторить, приняв полученный ранее результат за приближенное значение расстояния. Расстояние вычислять на логарифмической линейке.

Средняя квадратическая ошибка M_{2D} определения места по расстояниям в каб:

$$M_{2D} = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{m_{D_1}^2 + m_{D_2}^2}, \quad (12.8)$$

где θ — разность пеленгов на ориентиры, град;

m_{D_1} , m_{D_2} — средние квадратические ошибки измерения расстояний, каб.

§ 12.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО РАЗНОВРЕМЕННО ИЗМЕРЕННЫМ ПЕЛЕНГАМ ОДНОГО ИЛИ НЕСКОЛЬКИХ ОРИЕНТИРОВ

Общий случай крьюйс-пеленга:

— измерить первый компасный пеленг (рис. 12.5. а) хорошо видимого и нанесенного на карту ориентира и в момент пеленгования заметить момент по часам T_1 и $ол_1$;

— исправить $КП_1$ поправкой компаса, проложить на карте линию пеленга от ориентира;

— выждав, когда пеленг на ориентир изменится не менее чем на 30° , вторично измерить его $КП_2$ и заметить момент по часам T_2 и $ол_2$;

— исправив $КП_2$ поправкой компаса, проложить на карте от ориентира в районе курса часть линии пеленга;

— рассчитать пройденное кораблем расстояние за время между наблюдениями, отложить его по линии курса (пути) от точки пересечения линий первого пеленга и курса (пути) и из конца отрезка S_2 провести линию параллельно линии первого пеленга; в точке пересечения этой линии с линией второго пеленга будет счисливо-обсервованное место корабля в момент вторых наблюдений;

— на линии курса (пути) отметить счислимую точку на момент T_2 и оформить невязку;

— снять на карте расстояние D_k от счисливо-обсервованной точки по линии второго пеленга до ориентира.

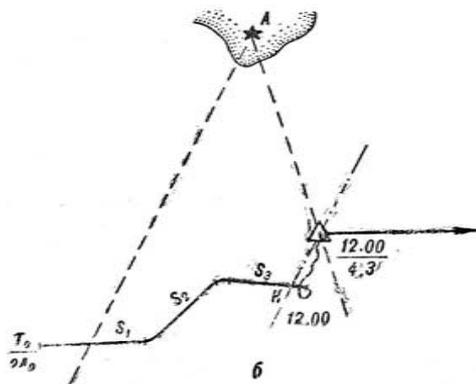
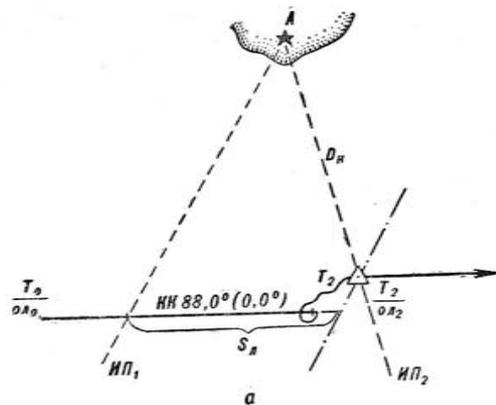


Рис. 12.5

Средняя квадратическая ошибка M_{Co} определения места в каб:

$$M_{Co} = \frac{1}{57,3 \sin \theta} \sqrt{m_{\Pi}^2 (D_1^2 + D_2^2) + (57,3 M_c)^2}, \quad (12.9)$$

- где θ — угол пересечения линий положения, град;
 m_{Π} — средняя квадратическая ошибка пеленгов, град;
 D_1, D_2 — расстояния до ориентира по первому и второму пеленгам, мили;
 M_c — средняя квадратическая ошибка счисления за время между измерением пеленгов.

Для повышения точности определения места по крьюйс-пеленгу:
 — расстояние до ориентира должно быть наименьшим, т. е. ориентир должен быть близок к траверзу;
 — промежутки времени между моментами измерения пеленгов должен быть возможно меньше;
 — угол θ между линиями пеленгов должен быть возможно ближе к 90° ; второй пеленг следует измерять тогда, когда первый изменится более чем на 30° .

В случаях когда за время между измерениями первого и второго пеленгов корабль шел несколькими курсами, для нахождения места (рис. 12.5, б):

- от точки пересечения линии курса с линией первого пеленга на карте проложить последовательно все курсы и пройденные по каждому из них расстояния S_1, S_2, S_3 и т. д.;
- через точку K в момент измерения второго пеленга провести перенесенную линию положения, параллельную линии первого пеленга; точка пересечения этой линии с линией второго пеленга даст счислимо-обсервованное место на линии второго пеленга.

Частные случаи крьюйс-пеленга. Крьюйс-пеленг на известном течении (рис. 12.6):

- от точки пересечения линии первого пеленга с линией истинного курса (точка A) отложить пройденное кораблем расстояние S_A ;
- из полученной точки B проложить линию по направлению течения, а из точки A — линию AC , параллельную пути $ПУ_B$; в пересечении проведенных линий получится точка C , через которую провести линию, параллельную линии первого пеленга; в точке пересечения ее с линией второго пеленга (точка M) находится счислимо-обсервованное место корабля;
- для нахождения счислимой точки на линии пути F , от которой показывают невязку, необходимо на момент вторых наблюдений отметить счислимую точку K на линии истинного курса и снести ее по направлению течения на линию пути.

Способ траверзного расстояния:
 — рассчитать компасный пеленг наблюдаемого ориентира так, чтобы он составлял с курсом корабля угол 45° ;
 — дождавшись, когда отсчет компасного пеленга наблюдаемого ориентира будет равен рассчитанному, заметить момент по часам T_1 и $0L_1$;
 — рассчитать траверзный компасный пеленг того же ориентира; когда отсчет пеленга будет равен рассчитанному, вновь заметить момент по часам T_2 и $0L_2$; проложить второй пеленг;

— рассчитать пройденное расстояние между пеленгами S_A и отложить его от ориентира по линии траверзного пеленга; полученная точка даст место корабля в момент измерения второго пеленга.

Способ двойного угла:
 — измерить первый пеленг ориентира, заметить момент по часам и отсчет лага;
 — рассчитать угол α между первым пеленгом и курсом; заранее рассчитать отсчет второго пеленга так, чтобы угол между

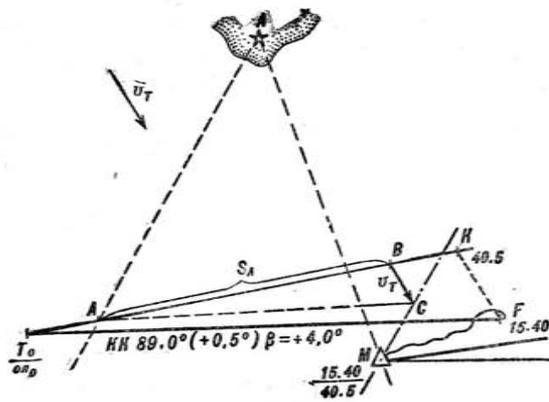


Рис. 12.6

ним и курсом был равен 2α ; дождавшись, когда отсчет пеленга будет равен рассчитанному, заметить вновь момент по часам и отсчет лага;

- рассчитать расстояние, пройденное между пеленгами S_A ;
- проложить исправленный второй пеленг и отложить на нем расстояние S_A ; полученная точка даст место корабля в момент взятия второго пеленга.

Способ прямого угла при ориентире:
 — рассчитать компасный пеленг наблюдаемого ориентира, чтобы он составлял с курсом угол 30° ; когда отсчет пеленга будет равен рассчитанному, заметить момент по часам и отсчет лага;
 — рассчитать компасный отсчет второго пеленга, чтобы он составлял с курсом угол 120° ; когда отсчет пеленга станет равным рассчитанному, заметить момент по часам и отсчет лага;
 — рассчитать расстояние S_A , пройденное между пеленгами;
 — проложить исправленный второй пеленг и отложить по нему расстояние, равное половине пройденного S_A ; полученная точка даст место корабля в момент измерения второго пеленга.

По двум пеленгам и расстоянию. Способ применяется, когда в видимости имеются два ориентира и нет полной уверенности в точности поправки компаса. Измеряемое расстояние служит при этом контролем определения места корабля по двум пеленгам.

По пеленгу и горизонтальному углу. Является разновидностью способа определения места по двум пеленгам. Применяется, когда один из ориентиров закрыт для наблюдателя, находящегося у компаса, какой-либо надстройкой корабля:

— измерить секстаном горизонтальный угол между двумя выбранными ориентирами и одновременно измерить компасный

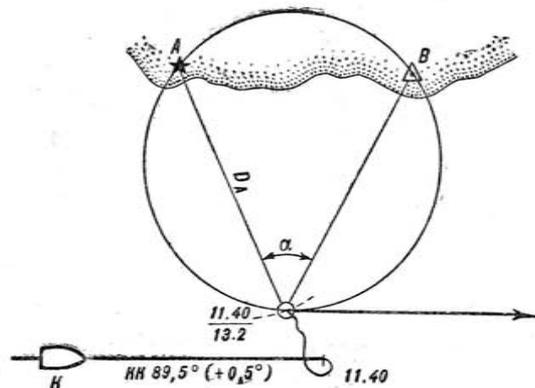


Рис. 12.9

пеленг на ориентир, который виден от компаса; заметить момент по часам и отсчет лага;

— исправив компасный пеленг поправкой компаса, а горизонтальный угол — поправкой индекса и общей инструментальной поправкой секстана ($i + s$), рассчитать истинный пеленг ориентира, который не виден от компаса:

$$ИП_B = ИП_A \pm \alpha, \quad (12.13)$$

где α — горизонтальный угол между ориентирами, град; если ориентир B находится справа от ориентира A , то в формуле (12.13) знак плюс; если слева — знак минус;

— на карте проложить две линии пеленгов, точка пересечения которых дает obserвованное место корабля.

Точность определения места корабля этим способом принимается равной точности obserвованного места, полученного по двум пеленгам.

По горизонтальному углу и расстоянию. Способ применяется, когда на корабле невозможно воспользоваться компасом, а береговые ориентиры хорошо видны и нанесены на карту (рис. 12.9):

— секстаном измерить горизонтальный угол α между направлениями на ориентиры A и B и одновременно определять расстояние до одного из них, например D_A ;

— на кальке у произвольной точки нанести измеренный угол α ; — на карте из точки, соответствующей месту ориентира A , предварительно провести дугу окружности радиусом D_A в масштабе карты;

— наложить кальку на карту, добиться, чтобы стороны угла проходили через места ориентиров, а вершина его располагалась на проведенной дуге; obserвованное место будет находиться в точке пересечения окружности, вмещающей угол α , и окружности с радиусом D_A .

По пеленгу и глубине. Способ используется при подходе к берегу при наличии в видимости только одного ориентира:

— одновременно измерить пеленг на ориентир и глубину эхолотом; заметить время по часам и отсчет лага;

— исправленный пеленг проложить на карту; точка его пересечения с изобатой или глубиной, соответствующей измеренной, даст место корабля.

Если глубины, соответствующей измеренной, на пеленге не окажется, то поступать двояко: принять место на пеленге между большей и меньшей (относительно измеренной) глубинами; провести от руки изобату, соответствующую измеренной глубине, используя для этого соответствующие глубины, нанесенные на карте по обе стороны проложенного пеленга, и место принять в пересечении пеленга с этой изобатой.

По пеленгу и расстоянию в момент открытия ориентира. Способ применяется в случаях, когда корабль, долгое время не имевший определенности, подходит к берегу со стороны моря:

— заранее рассчитать дальность видимости ориентира (огня) для высоты глаза наблюдателя и приближенное направление, откуда он должен открыться;

— не доходя нескольких миль до рассчитанного предела дальности видимости ориентира (огня), начать вести наблюдение и, как только он покажется, измерить пеленг; заметить время по часам и отсчет лага;

— проложить исправленный пеленг наблюдаемого ориентира и по нему рассчитанное расстояние; получить приближенное место корабля в момент открытия данного ориентира (огня).

Глава 13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО РАДИОПЕЛЕНГАМ КРУГОВЫХ РАДИОМАЯКОВ

§ 13.1. ОРТОДРОМИЧЕСКАЯ ПОПРАВКА

Ортодромическая поправка ψ (рис. 13.1) — разность между направлениями дуги большого круга и локсодромии в данной точке; она является поправкой на кривизну-изображения дуги большого

круга на меркаторской карте. Ортодромическая поправка вычисляется по приближенной формуле

$$\psi = \frac{1}{2} \Delta \lambda \sin \varphi, \quad (13.1)$$

где $\Delta \lambda$ — разность долгот между местом корабля и радиомаяком; φ — широта той точки, для которой определяется поправка.

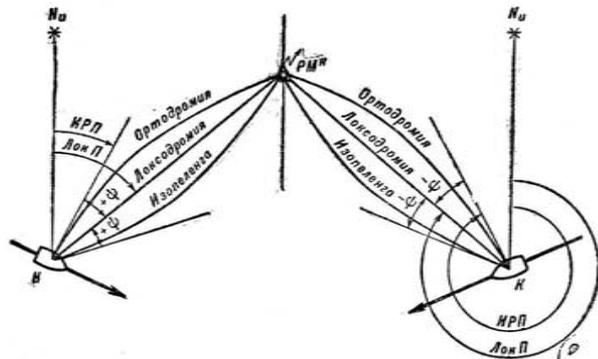


Рис. 13.1

Предельное расстояние, на котором можно пренебречь ортодромической поправкой и прокладывать пеленги на меркаторской карте без ее учета, определяется по формуле

$$D = \frac{2\psi \operatorname{ctg} \varphi_{\text{ср}}}{\sin \text{ИРП}}, \quad (13.2)$$

где ИРП — истинный радиопеленг.

В пособии «Радиотехнические средства навигационного оборудования» приводятся таблицы рассчитанных по формуле (13.2) предельных расстояний.

При больших расстояниях (в несколько сот миль) ортодромическая поправка вычисляется по формуле

$$\psi = \left(\frac{1}{2} \sin \varphi_{\text{ср}} - \frac{1}{12} \Delta D \operatorname{arc} 1^\circ + \frac{1}{16} \sin \varphi_{\text{ср}} \cos^2 \varphi_{\text{ср}} \Delta D^2 \operatorname{arc}^2 1^\circ \right) \Delta \lambda + \frac{1}{24} \sin \varphi_{\text{ср}} \cos^2 \varphi_{\text{ср}} \Delta \lambda^3 \operatorname{arc}^2 1^\circ, \quad (13.3)$$

где $\varphi_{\text{ср}}$ — средняя широта места корабля и места радиомаяка, град;

ΔD — разность меридиональных частей конечной и начальной точек, град.

Ортодромическую поправку следует учитывать во всех случаях решения навигационных задач, когда она превышает $\pm 0,2^\circ$. Величины ортодромических поправок выбирать из табл. 23-а и 23-б МТ-63.

Таблица 13.1

Знак ортодромической поправки

Радиопеленги			Плавание по дуге большого круга		
Местоположение начальной точки	Радиопеленг (ортодромический), град	Знак поправки	Местоположение начальной точки	Курс (пеленг) лохосдромический, град	Знак поправки
В северном полушарии	0—180	+	В северном полушарии	0—180	—
В южном полушарии	180—360	—	В южном полушарии	180—360	+
В северном полушарии	0—180	—	В южном полушарии	0—180	+
В южном полушарии	180—360	+	В северном полушарии	180—360	—

§ 13.2. ИЗМЕРЕНИЕ И ИСПРАВЛЕНИЕ РАДИОПЕЛЕНГОВ

При подготовке к измерениям радиопеленгов следует, пользуясь пособием «Радиотехнические средства навигационного оборудования», наметить радиомаяки для пеленгования и выбрать основные данные о каждом из них: частоту (длину волны), опознавательный сигнал, время работы. Пользуясь этими данными, наметить такую последовательность пеленгования, чтобы число переключений радиопеленгатора с одной частоты на другую и перерывы между измерениями пеленгов разных радиомаяков были наименьшими. Иметь в виду, что на расстояниях свыше 50—100 миль от радиомаяков в течение промежутка времени 1 ч до захода Солнца—1 ч после восхода Солнца непостоянство условий распространения пространственной волны может значительно уменьшить точность пеленгования.

Перед подготовкой к измерениям радиопеленгов следует заблаговременно включить и настроить радиопеленгатор. Измерив пеленг первого радиомаяка, заметить и записать отсчеты радиопеленга ОРП (по подвижной шкале гониометра) и радиокурсового угла ОРКУ (по неподвижной шкале); заметить радиодевiation f (по шкале указателя гониометра, если на гониометре нанесена кривая радиодевииации). Пока радиомаяк работает, выполнить несколько таких измерений; заметить и записать момент времени и отсчет лага среднего момента измерений.

Если курс от гирокомпыаса на радиопеленгатор не подается, установить вручную подвижную шкалу гониометра на заданный компасный курс $KK_{\text{зад}}$; строго одновременно с каждым измерением радиопеленга замечать компасный курс KK и в дальнейшем (при обработке наблюдений) исправлять снятые по подвижной шкале отсчеты радиопеленга ОРП' поправкой за рыскание

$$\text{ОРП} = \text{ОРП}' + (KK - KK_{\text{зад}}). \quad (13.4)$$

Так же измерить пеленги остальных радиомаяков, рассчитать среднее значение ОРП каждого радиомаяка. Истинные пеленги на радиомаяки рассчитывать по формуле

$$\text{ИРП} = \text{ОРП} + f + \Delta\text{ГК} \quad (13.5)$$

или

$$\text{ИРП} = \text{ОРКУ} + f + \text{КК} + \Delta\text{ГК}. \quad (13.6)$$

Радиодевияция f выбирается из таблицы радиодевияции по частоте (длине волны) пеленгуемого радиомаяка и отсчету радиокурсового угла.

При вычислениях по формуле (13.5) или (13.6) учитывается поправка того гироскопа, с которого подается курс на радиопеленгатор (по которому замечался курс в момент измерения пеленга).

§ 13.3. ПРОКЛАДКА ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ И ОТЫСКИВАНИЕ ОБСЕРВАННОГО МЕСТА

Прокладка радиопеленгов при малых и средних расстояниях ($\psi < 3^\circ$). На карте от радиомаяков прокладываются локсодромии, направления которых рассчитываются по формуле

$$\text{Лок П} = \text{ИРП} + \psi. \quad (13.7)$$

Если невязка невелика (проложенные на карте локсодромии проходят недалеко от счислимой точки), локсодромии принимаются за линии положения.

При большой невязке для исключения ошибок прокладки, возникающих вследствие пренебрежения кривизной изолиний, применяется один из следующих двух способов.

1. Исходя из долготы полученного в первом приближении места корабля, заново рассчитать или выбрать из таблиц ортодромические поправки и, введя их в формулу (13.7), пересчитать и проложить локсодромические пеленги; внутри образованной ими фигуры погрешности найти наблюдаемое место во втором приближении.

2. Опустив из счислимой точки перпендикуляры на локсодромии, найти определяющие точки K_1 (рис. 13.2); через них провести линии положения, направления которых R в град рассчитать по формуле

$$R = \text{Лок П} + \psi. \quad (13.8)$$

Прокладка локсодромических пеленгов, когда радиомаяк находится за рамкой карты. Готовят путевые карты для прокладки радиопеленгов заблаговременно, при подготовке к походу. Смещенные меридианы и параллели наносят тушью разного цвета для каждого радиомаяка.

Радиомаяк находится за боковой рамкой карты (рис. 13.3, а):

— в широте радиомаяка на боковой рамке карты (или любом меридиане) нанести условную точку M ;

— рассчитать разность долгот между меридианами радиомаяка и боковой рамки, которую отложить по параллели радиомаяка от точки M ;

- через полученную точку K провести смещенный меридиан;
- от точки M провести линию, параллельную локсодромическому пеленгу, до пересечения со смещенным меридианом;
- от полученной точки K_1 отложить расстояние $s = KK_1$ и через точку K_2 провести линию ЛокП.

Радиомаяк находится под нижней (над верхней) рамкой карты (рис. 13.3, б):

- условную точку M нанести в месте пересечения меридиана радиомаяка с рамкой карты и отложить разность меридиональных частей ΔD , выбранную из табл. 26 МТ-63;



Рис. 13.2

- получив определяющую точку K , дальнейшее построение вести в той же последовательности, как и в предыдущем случае.

Радиомаяк находится за углом рамки карты (рис. 13.3, в):

- условную точку M принять в точке пересечения меридиана и параллели рамки карты, которые сместить затем на расстоянии ΔD и $\Delta \lambda$;

- получить определяющую точку K ;
- дальнейшее построения вести в изложенной выше последовательности.

Прокладка радиопеленгов на больших расстояниях ($\psi > 3^\circ$). Для получения на карте линии положения применяется метод азимутов:

- из счислимого места на карте под углом τ проложить направление переноса линии положения;

- отложить по этому направлению число миль, равное величине переноса n , в сторону ее знака;

- через полученную определяющую точку перпендикулярно провести линию положения; место корабля определится в точке пересечения линий положения.

Элементы линии положения — направление переноса τ и его величина n — могут быть определены по «Таблице для определения места корабля по радиопеленгам», изд. ГУ ВМФ, 1952, с помощью таблиц ТВА-57 или по формулам аналитического счисления.

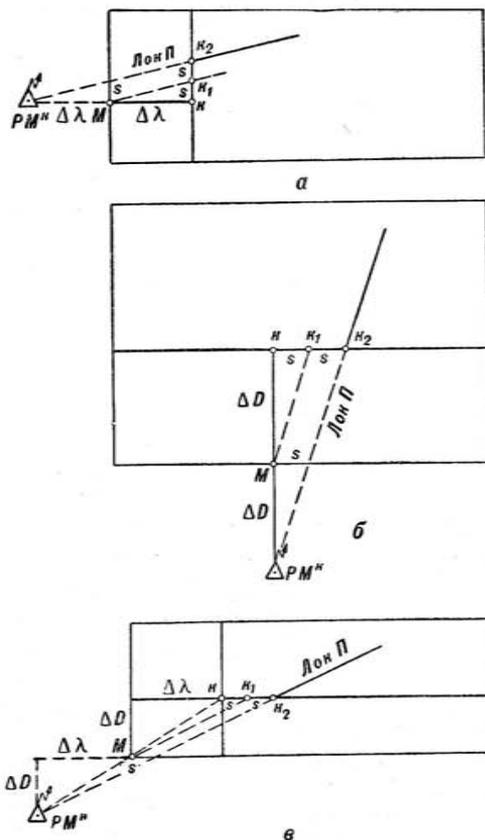


Рис. 13.3

Приведение линий положения к одному месту (рис. 13.4). Все линии положения должны приводиться к месту, соответствующему моменту измерения последнего радиопеленга аналитически по формуле (11.6) или графически (§ 11.1).

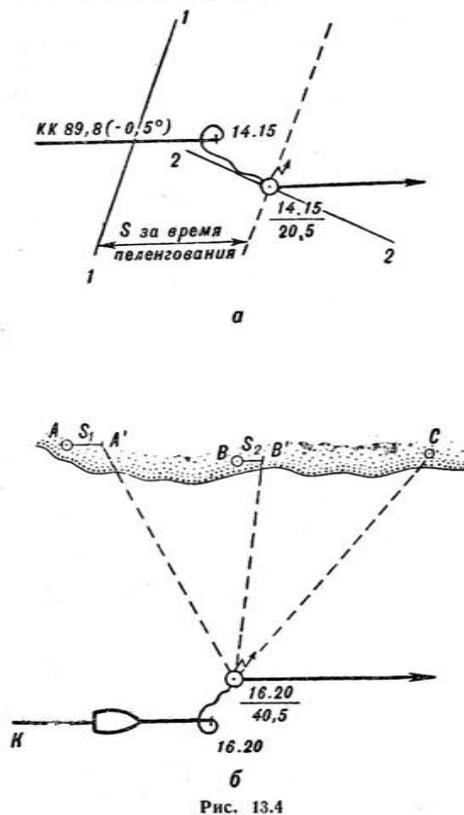


Рис. 13.4

Отыскание obserвованного места. При определении места корабля по трем радиомаякам и более obserвованное место отыскивается внутри треугольника (многоугольника) погрешностей исходя из предположения, что преобладают случайные ошибки

измерений; при одинаковых расстояниях до радиомаяков — в точке пересечения противомедиан треугольника погрешностей или прямых, соединяющих середины противоположных сторон четырехугольника погрешностей. Если расстояние до одного из радиомаяков меньше, чем до остальных, обсервованное место намечается ближе к линии положения, полученной по этому радиомаяку.

Если при нескольких определениях места корабля, выполненных одно за другим, размеры и ориентировка фигуры погрешностей остаются неизменными и имеются достаточные основания считать основной причиной ошибок изменение коэффициента D радиодевииции, то для исключения этой ошибки следует:

— задаться произвольной (2–3°) величиной ΔD , рассчитать величины Δf_i :

$$\Delta f_i = \Delta D \sin 2 \text{OPKV}_i; \quad (13.9)$$

— придав эти величины рассчитанным ранее значениям локсодромических пеленгов, проложить их на карте;

— соединив соответственные вершины старого и нового треугольников погрешностей прямыми линиями, в точке их пересечения получить обсервованное место корабля;

— снять величины локсодромических пеленгов из этой точки на радиомаяки и найти их разности ΔP_i с первоначально рассчитанными локсодромическими пеленгами;

— рассчитать величину поправки коэффициента ΔD как среднее значение величин

$$\Delta D_i = \frac{\Delta P_i}{\sin 2 \text{OPKV}_i}; \quad (13.10)$$

(те из этих значений, при которых $|\sin 2 \text{OPKV}_i| < 0,5$, отбрасываются);

— пользуясь формулой (13.9), откорректировать таблицу радиодевииции и последующими наблюдениями проверить ее правильность.

Оценивается точность обсервации, выполненной по двум радиоделенгам, по формуле (12.2). Величина m_{II} средней квадратической ошибки измерения радиопеленгов при благоприятных условиях измерений и уверенности в надежности таблицы радиодевииции принимается равной 1–1,5°. Обсервация по трем радиоделенгам повышает точность определения на 10–15% и значительно увеличивает его надежность (возможность заметить промах в измерениях и прокладке радиопеленгов).

Глава 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО СИГНАЛАМ СЕКТОРНЫХ РАДИОМАЯКОВ

§ 14.1. ПРИЕМ СИГНАЛОВ

Подсчет числа знаков на слух. Настроить приемник на частоту секторного радиомаяка, опознать его по опознавательному сигналу. По окончании передачи длинного тире подсчитать число n'

сигналов (точек или тире), принятых до прохождения равносигнальной зоны (до момента, когда сигналы перестают различаться; в этот момент заметить отсчет лага и момент времени по часам), и число n'' противоположных сигналов (тире или точек), принятых после момента, когда сигналы опять стали различаться. Рассчитать число пропущенных сигналов Δn :

$$\Delta n = 60 - (n' + n''). \quad (14.1)$$

Исправить число сигналов, принятых до прохождения равносигнальной зоны, половиной числа пропущенных:

$$n = n' + \frac{1}{2} \Delta n. \quad (14.2)$$

Эти наблюдения выполнить несколько раз (ночью до 10–15 раз). Рассчитать среднее арифметическое значение числа сигналов, средний момент времени и соответствующий ему отсчет лага. Аналогично произвести наблюдения по второму и третьему радиомаякам.

Использование секундомера и тестера. На выход радиопеленгатора (приемника) вместо головного телефона подключить тестер. Регулировкой громкости во время передачи длинного настроенного тире стрелку прибора установить на середину шкалы. С началом подачи сигналов пеленга пустить секундомер с двумя стрелками или два секундомера и наблюдать за тестером, стрелка которого будет колебаться около среднего положения в такт принимаемым сигналам. По мере приближения равносигнальной зоны амплитуда колебаний стрелки будет уменьшаться. В момент ее прохождения, когда стрелка на некоторое время совсем прекратит колебания, остановить одну из стрелок секундомера.

После прохождения равносигнальной зоны амплитуда колебаний будет увеличиваться. В момент окончания подачи сигналов вторую стрелку секундомера также остановить. Число сигналов, принятых до момента прохождения равносигнальной зоны

$$n = \frac{60t_1}{t_2}. \quad (14.3)$$

Использование магнитофона. На магнитофон записывают принимаемые сигналы со скоростью, равной скорости перематывания ленты. Затем запись прослушивают с обычной скоростью и подсчитывают число сигналов. Подсчет будет значительно облегчен, поскольку паузы между знаками сильно растянуты и равносигнальная зона опознается очень отчетливо.

Использование электронного индикатора КИ-55. Экран КИ-55 имеет большое послесвечение, и изображение сигналов на нем сохраняется в течение 30–40 сек. Сигналы воспроизводятся на экране в виде «всплесков» на кольцевой развертке. Электронный луч совершает полный оборот за 30 сек. Полный цикл работы секторного радиомаяка изображается на двух кругах развертки. За 30 сек на экране воспроизводятся позывные и длинные тире для пеленгования. В течение последующих 30 сек на экране воспроизводятся 60 сигналов пеленга (точек и тире). Для получения отсчета числа сигналов нуль подвижной прозрачной круговой радиальной шкалы устанавливают на начало изображения первого сигнала. Отсчет по шкале снимают против изображения равно-

сигнальной зоны (места на развертке, где сигналы одного вида переходят в сигналы другого вида). Ошибка в счете сигналов не превышает $\pm 0,5-1$ знака.

§ 14.2. ПРОКЛАДКА ЛИНИИ ПОЛОЖЕНИЯ И ОТЫСКАНИЕ ОБСЕРВАННОГО МЕСТА

По радионавигационным картам. На карте нанесены сетки изолиний, соответствующих одинаковому числу сигналов, принимаемых до момента прохождения равносигнальной зоны. Руководствуясь их оцифровкой, выполненной в числе сигналов, найти изолинию, соответствующую числу сигналов, принятых до прохождения равносигнальной зоны. Если эта линия на карте не нанесена, ее следует провести карандашом, проинтерполировав глазомерно или с помощью интерполяционной палетки.

По таблицам пособия «Радиотехнические средства навигационного оборудования морей». Для каждого секторного радиомаяка в пособии приведены две таблицы. В одну входят, если в начале цикла работы радиомаяка были слышны точки; в другую — если цикл начался с тире. По номеру сектора, в котором находится корабль, определяемому по содержащейся в пособии карте-схеме секторов, и числу принятых до момента прохождения равносигнальной зоны сигналов (точек или тире) выбирают ортодромический пеленг с радиомаяка на корабль. Придав ему ортодромическую поправку, рассчитывают локодромический пеленг, который прокладывают на карте.

В таблицах пособия «Руководство по использованию секторных радиомаяков Рыбачий и Канин» приводятся координаты точек пересечения изолиний с параллелями (меридианами) карты. Зная счислимое место корабля, находят сектор радиомаяка, в котором находится корабль. Входя в таблицу с числом принятых сигналов (точек или тире) и долготой меридиана карты, находят широту точки пересечения изолинии с этим меридианом карты.

В других случаях, наоборот, по числу принятых сигналов и широте параллели карты находят долготу точки пересечения изолинии с этой параллелью. Найдя координаты нескольких точек (не менее двух), нанеся их на карту и соединив плавной кривой, проводят изолинию, соответствующую принятому числу сигналов.

Аналитический расчет локодромического пеленга. Ортодромический пеленг с маяка на корабль вычисляется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{n + 60R}{120z} \\ \text{Орт } \Pi &= A_H + \alpha \end{aligned} \right\} \quad (14.4)$$

где α — направление равносигнальной зоны относительно нормали к базе, град;

n — число знаков, принятых до прохождения равносигнальной зоны;

R — номер сектора (выбирается с карты-схемы);

z — отношение половины длины базы к длине волны;

A_H — азимут нормали к линии антенн, град.

Величины A_H и z указываются в описаниях радиомаяков. Исправив величину $\text{Орт } \Pi$ ортодромической поправкой, получают локодромический пеленг, который прокладывают на карте.

Отыскание обсервованного места. Изолинии (линии положения) приводятся к одному месту (§ 13.3). Если они образуют фигуру погрешностей, обсервованное место находится исходя из предположения о преобладании случайных ошибок (§ 13.3). Средняя квадратическая ошибка M обсервованного места в каб:

$$M = \frac{0,0175}{\sin \psi} \sqrt{(D_1 m_{i_1})^2 + (D_2 m_{i_2})^2}, \quad (14.5)$$

где ψ — разность пеленгов, град;

D_1, D_2 — расстояния до радиомаяков, мили;

m_{i_1}, m_{i_2} — средние квадратические ошибки измерений (в знаках), оцениваемые по табл. 14.1.

Таблица 14.1

Средняя квадратическая ошибка измерений при приеме сигналов секторного радиомаяка на слух в знаках

Днем	Ночью					
	Расстояние до радиомаяка, мили					
	600	200	200—300	300—450	450—600	600—900
$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	± 3	± 5	± 3	$\pm 1,5$	

§ 14.3. ПЛАВАНИЕ ПО РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНЕ И СТВОРНОМУ РАДИОМАЯКУ

По равносигнальной зоне. Удерживают корабль на таком курсе, чтобы отсчет до и после прохождения равносигнальной зоны в каждый цикл передачи был равен предшествующему. Курс первоначально рассчитывают от счислимой места и с каждым циклом подправляют, пока корабль не пойдет точно на радиомаяк. При этом корабль будет следовать по изолинии, являющейся дугой большого круга.

По створному радиомаяку. Из пособия «Радиотехнические средства навигационного оборудования морей» выбирают основные данные радиомаяка: частота (длина волны), опознавательный сигнал, какие сигналы должны быть слышны по одну и по другую сторону от равносигнальной зоны. Сигналы принимаются на любой приемник подходящего диапазона или радиопеленгатор в режиме кругового приема (переключатель рода работы должен быть поставлен в положение «Д»).

Включив и настроив приемник, по характеру принимаемых сигналов следует определить, по какую сторону равносигнальной зоны находится корабль, и назначить курс для выхода на ось зоны под острым к ней углом. Когда корабль выйдет на ось зоны (слышен равномерный звук, сигналы стороны неразличимы), назначить курс по оси зоны. Если корабль от нее отклонится

(станет различаться один из переплетающихся сигналов), определить, по какую сторону от оси зоны находится корабль, назначить курс для выхода на ось и т. д.

Глава 15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНЫХ И ФАЗОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

§ 15.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА С ПОМОЩЬЮ ИМПУЛЬСНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Измерения. При подготовке к измерениям снять со специальной карты с сетками изолиний или с карты-схемы специальных таблиц условное обозначение частотных параметров каждой пары станций, по которой намечено производить измерения, и приближенное (для изолиний, ближайшей к счислимому месту) значение измераемого времени запаздывания приема сигналов. Условное обозначение частотных параметров пары станций радионавигационной системы «Лоран-А» состоит из двух элементов:

— цифры, обозначающей номер частотного канала, на котором работают станции данной пары;

— буквы с цифрой, указывающей частоту повторения импульсов.

Пример. ЗН1 означает, что станции пары работают на третьем частотном канале (1900 кГц, т. е. 158 м) при частоте повторения импульсов 33 1/3 гц.

Включив заблаговременно корабельный приемник с учетом времени, необходимого для его подгрева, установкой соответствующих переключателей набрать характеристики данной пары станций и приближенное значение измераемой величины. Произвести измерения. Снять и записать отсчет прибора, отсчет лага и момент времени. Затем набрать переключателями характеристики другой пары станций и выполнить аналогичные измерения.

Прокладка. На картах с сетками гиперболических изолиний разных пар станций нанесены разными цветами (зеленым, синим, фиолетовым, оранжевым). Если на карте нанесены изолинии более четырех пар станций, цвета гиперболических изолиний более четырех пар станций, цвета гиперболических изолиний.

Основная оцифровка гиперболических изолиний выполнена через 100 мксек с учетом кодовой задержки. На каждой сотой гиперболе показана ее цветом частотная характеристика пары станций и разность времен прихода импульсов в мксек. В пересечениях меридианов и параллелей карты через 2° широты и долготы указаны величины поправок для приведения отсчетов, выполненных по пространственным импульсам, к поверхностной волне.

Снятый с прибора отсчет времени запаздывания непосредственно принимается к прокладке, если измерения велись на поверхностной волне, или исправляется поправкой на приведение к поверхностной волне (снимаемой с карты в точке, ближайшей к счислимому месту корабля), если измерения велись на пространственной волне. Соответствующая этому отсчету изолиния проводится карандашом глазомерно. В точке пересечения линий положения находится наблюдаемое место корабля, которое по координатам переносят на путевую карту.

По таблицам:

— по карте-схеме наилучших пар в соответствии со счислимым местом подобрать пары станций;

— по карте-схеме таблиц соответствующих пар найти характеристики пар станций, приближенное значение гиперболической счислимой точки, а также приближенные границы распространения поверхностных волн и районы, где не следует пользоваться пространственными волнами;

— установить эти значения на приемоиндикаторе и произвести измерение; заметить время и отсчет лага. Если разность времен измерена по сигналам пространственных радиоволн, то ее исправить поправкой для приведения разности расстояний, измеренной по пространственным волнам, к разности расстояний, измеряемой по поверхностным волнам; эту поправку выбрать по счислимому координатам из таблицы «Поправки пространственных радиоволн»;

— по измеренным навигационным параметрам и ближайшим к счислимому месту целым значениям широты и долгот по таблицам пар станций выбрать вторую географическую координату (долготу или широту). Для интерполяции на точное значение отсчета, снятого с приемоиндикатора, справа от табличной величины второй координаты помещена поправка за изменение отсчета на 1 мксек;

— через полученные на путевой карте точки провести линии положения, в точке пересечения которых находится наблюдаемое место корабля.

Средняя квадратическая ошибка M определения места корабля в мксек:

$$M = \frac{m_i}{2 \sin \theta} \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \frac{\psi_1}{2}} + \frac{1}{\sin^2 \frac{\psi_2}{2}}}, \quad (15.1)$$

где m_i — средняя квадратическая ошибка измерения разности расстояний, мксек;

θ — угол пересечения линий положения, град;

ψ_1, ψ_2 — базовые углы на первую и вторую пары передающих станций (снимаются с карты), град.

Для получения M в каб надо M (мксек) умножить на 1,62 (каб/мксек).

Таблица 15.1

Средняя квадратическая ошибка измерения разности расстояний в мксек

Наименование РНС	Поверхностная волна	Пространственная волна		Поверхн. и пространственные волны
	Среднее расстояние до береговых станций, мили			
	весь диапазон	300—400	более 600—800	весь диапазон
„Лоран-А“	2	15	5	8

§ 15.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ ФАЗОВЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В фазовых гиперболических системах определение гиперболы основано на измерении разности фаз колебаний, непрерывно излучаемых береговыми станциями.

На корабле устанавливаются трехканальный приемник и два фазометра Φ_1 и Φ_2 , каждый из которых измеряет разность фаз, принимаемых от ведущей и одной из ведомых станций. Разность фаз, регистрируемая фазометром Φ_1 , пропорциональна разности расстояний ($D_2 - D_1$) от корабля до береговых станций. Поскольку разность фаз может изменяться в пределах только одного цикла (от 0 до 360°), а ее изменению на 360° соответствует приращение разности расстояний, равное (в зависимости от соотношения частот) от нескольких сот до нескольких тысяч метров (эквивалент фазового цикла), системе свойственна неоднозначность отсчета: одному и тому же отсчету фазометра соответствует не одна, а целый ряд разностей расстояний, отличающихся друг от друга на величины, кратные эквиваленту фазового цикла, а следовательно, и соответствующих им изолиний (линий, вдоль которых разность фаз остается постоянной) — гипербол. Разрешают неоднозначность двумя способами.

1. В начальный момент времени осуществляется привязка (определение места корабля одним из наиболее точных навигационных способов). Нанеся обсервацию на специальную карту с сеткой гипербол, снимают с нее соответствующие исходной точке разности фаз и устанавливают на эти отсчеты счетчики фазометров. В дальнейшем система должна работать непрерывно. При коротких перерывах в приеме сигналов береговых станций привязка восстанавливается по данным счисления; при длительных ее надо производить заново.

2. Ведущая и соответственно ведомые станции поочередно работают на разных частотах, которым соответствуют разные эквиваленты фазового цикла. Это позволяет, пользуясь данными счисления, сначала грубо определить место корабля («опознание номеров дорожек»), а затем более точно. Во избежание грубых ошибок, которые потом будет трудно обнаружить, необходимо тщательно контролировать правильность опознания номеров дорожек, используя для этого все доступные способы определения места корабля.

Карты для фазовых гиперболических систем — обычные навигационные карты в меркаторской проекции, на которых нанесены сетки гиперболических линий положения. Линии положения каждого семейства гипербол печатаются одним цветом (красным, зеленым, фиолетовым). За основу цифровки линий положения принят фазовый сдвиг сигналов ведущей станции при их распространении до ведомых станций.

Порядок обработки радионизмерений и получения места на карте:

- произвести разрешение неоднозначности одним из рассмотренных способов;
- с фазометров снять отсчеты, соответствующие линиям положения; заметить время по часам и отсчет лага;
- на карте с сеткой изолиний путем интерполяции отыскать соответствующие отсчету каждого фазометра гиперболы; в точке пересечения гипербола будет место корабля;
- обсервованную точку по координатам перенести на путевую карту.

Среднюю квадратическую ошибку обсервованного места корабля в метрах рассчитывают по формуле (15.1). Среднюю квадратическую ошибку измерения разности фаз (расстояний) принимают равной 2,8 деления дием и 15 делениям грубой сетки ночью.

Глава 16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

§ 16.1. ОПОЗНАНИЕ БЕРЕГОВОЙ ЧЕРТЫ ПО ВЕЕРУ ПЕЛЕНГОВ И РАССТОЯНИЙ

При подходе корабля к берегу с моря возникает необходимость опознания береговой черты, ориентиров, эхо-сигналы которых видны на экране ИКО и которые затем могут быть использованы для определения места корабля.

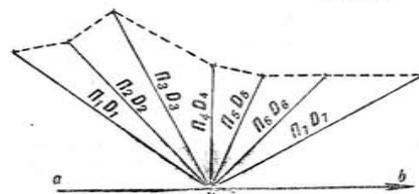
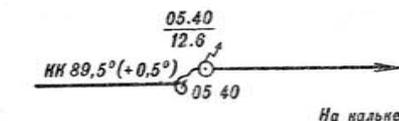
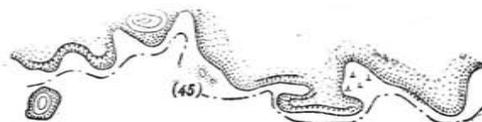


Рис. 16.1

1. С помощью ИКО одновременно или возможно быстрее измерить несколько пеленгов и соответствующих им расстояний до характерных на берегу ориентиров, дающих устойчивый отраженный импульс; в средний момент наблюдений заметить время по часам и отсчет лага.

2. На листе кальки проложить линию пути корабля ab (рис. 16.1), из произвольной точки K отложить дополненные по-

правками пеленги $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$, а по ним в масштабе карты — измеренные расстояния $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$.

3. Кальку с выполненным построением наложить на карту в районе счислимого места и перемещать ее до тех пор, сохраняя параллельность линии пути, пока возможно большее число отложенных на кальке расстояний не «супрется» в характерные объекты на карте; точка пересечения пеленгов даст приближенное место корабля, а ориентиры на экране можно считать опознанными.

Для ускорения и облегчения графических построений можно применять специальный радиолокационный планшет — лист прозрачного пластического материала с проведенными через каждые 5° тонкими радиальными линиями.

При скорости хода корабля свыше 12 уз веер пеленгов и расстояний строить из соответствующих счислимых точек.

Место корабля этим способом опознается тем точнее, чем больше измерено пеленгов и расстояний и чем характернее контуры наблюдаемых ориентиров. Для исключения случайных совпадений наблюдения повторять несколько раз.

§ 16.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ТОЧЕЧНЫМ ОРИЕНТИРАМ

Точечные ориентиры — объекты, размеры изображения которых на экране ИКО и карте практически можно принять за точку (активные и пассивные радиолокационные отражатели, маяки, башни, трубы, отдельно лежащие небольшие острова, скалы, оконечности молов и причалов).

По радиолокационному пеленгу и расстоянию до одного ориентира. Способ применяется в случае, когда в пределах действия радиолокатора находится точечный ориентир, до которого можно измерить расстояние и взять радиолокационный пеленг. Наблюдения, прокладку и оценку точности полученного места осуществляют так же, как и при визуальных определениях места по пеленгу и расстоянию.

По крьюс-расстоянию. Способ применяется, если в районе плавания только один ориентир.

1. Дважды измерить расстояния до наблюдаемого ориентира D_1 и D_2 через некоторый промежуток времени, достаточный для изменения пеленга на угол не менее 30° ; время по часам и отсчет лага заметить при каждом измерении расстояния.

2. На карте провести дуги окружностей aa' и bb' , принимая наблюдаемый ориентир за центр, радиусами, равными измеренным расстояниям D_1 и D_2 (рис. 16.2).

3. Первую линию положения (дугу aa' , соответствующую расстоянию D_1) графически привести к моменту взятия второй; из точки A' радиусом, равным первому измеренному расстоянию D_1 , сделать засечку на дуге окружности bb' радиуса D_2 . Точка пересечения будет местом корабля в момент второго наблюдения.

Средняя квадратическая ошибка M_{KD} определения места в каб:

$$M_{KD} = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{2(m_D)^2 + \left(\frac{m_{KS}}{57,3}\right)^2 + m_S^2}, \quad (16.1)$$

где θ — угол пересечения линий положения, град;
 m_D — средняя квадратическая ошибка измерения расстояния, каб;

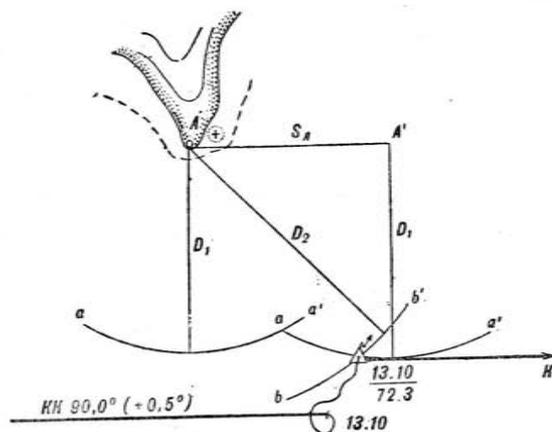


Рис. 16.2

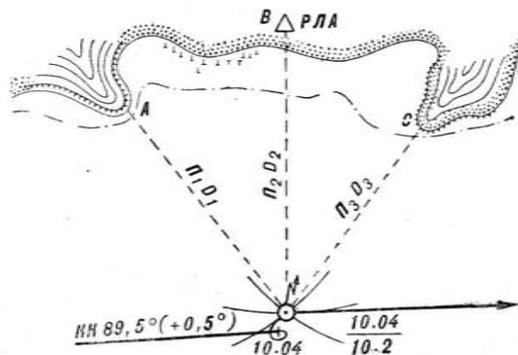


Рис. 16.3

m_K — средняя квадратическая ошибка курса, град;

S — пройденное кораблем расстояние за время между измерениями расстояний, каб;

m_S — средняя квадратическая ошибка в определении пройденного расстояния за время между измерениями расстояний, каб.

По радиолокационным пеленгам или расстояниям до нескольких ориентиров. Способ применяется при нескольких опознанных точечных ориентирах (рис. 16.3). При малых расстояниях до точечных ориентиров (менее 50—60 каб) лучшую точность дает определение по пеленгам; при больших — по расстояниям. Для контроля во всех случаях нужно стремиться измерять и пеленги, и расстояния. Точность наблюдений оценивать по формулам (12.2) и (12.8).

§ 16.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ОРИЕНТИРАМ

Пространственные ориентиры — объекты, изображения которых на экране ИКО и карте имеют размеры, и их нельзя принять за точку (береговая черта, холмы, мысы, не имеющие резких очертаний, бухты, острова и другие естественные объекты). При определении места корабля по этим ориентирам нужно учитывать особенности изображения берега на экране ИКО. Горы, холмы, возвышенности экранируют расположенную за ними местность, изображения от которой на экране не получается. Поэтому полуостров или мыс может быть принят за остров, что влечет за собой опасную ошибку в опознании ориентиров.

Изображения ориентиров, расстояния между которыми меньше разрешающей способности станции, на индикаторе сливаются; их трудно или невозможно различить. Объекты, облучаемые лучом станции «вскользь», почти касательно к их поверхности, наблюдаются очень плохо. Поэтому низкие пляжи, песчаные косы, ледовый припай у берега обнаруживаются лишь на малых расстояниях, а чаще не наблюдаются даже в непосредственной близости. Все эти объекты, как и пологие берега, тем более песчаные, — плохие радиолокационные ориентиры.

По расстояниям до ближайших к кораблю участков берега. Способ применяется при наличии в районе плавания крутых, обрывистых участков берега.

1. В быстрой последовательности измерить расстояния до нескольких ориентиров с помощью ПИД. При этом нужно подвижной импульс дальности совмещать с той частью изображения, которая больше всего выступает в сторону корабля; время по часам и отсчет лага заметить в момент измерения расстояния до последнего ориентира. Для облегчения опознания ориентиров измерить также пеленги на точки касания.

2. На кальке нанести линию курса корабля и из произвольной точки O как из центра провести дуги окружностей радиусами, равными в масштабе карты измеренным расстояниям, и (для опознания ориентиров) линии пеленгов (рис. 16.4).

3. Кальку наложить на карту и перемещать так, чтобы проведенные на ней дуги окружностей коснулись береговой черты; в точке O сделать накол острием циркуля и пометить observed место.

Точность наблюдений оценивать по формуле (12.8).

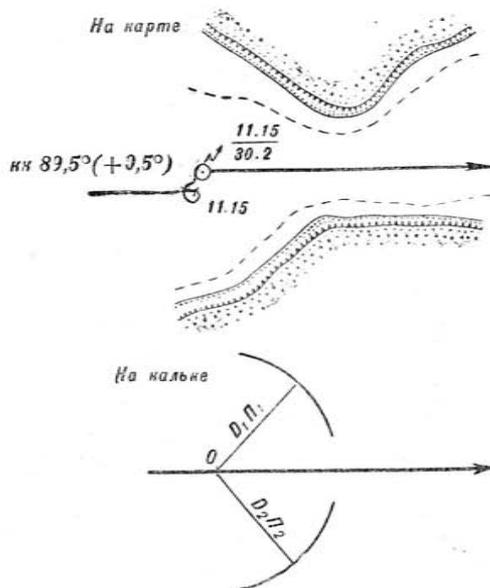


Рис. 16.4

По опознанному ориентиру и участку береговой черты. 1. Измерить расстояния до ближайшего участка береговой черты и до ориентира, имеющего характерные очертания; измерять расстояния так же, как и в предыдущем способе.

2. От ориентира, имеющего характерные очертания, радиусом, равным измеренному расстоянию D_1 , на карте провести дугу aa' (рис. 16.5).

3. На дуге aa' найти такое положение острия циркуля, при котором радиусом, равным измеренному расстоянию D_2 до бере-

говой черты, можно описать дугу bb' , касательную к участку береговой черты.

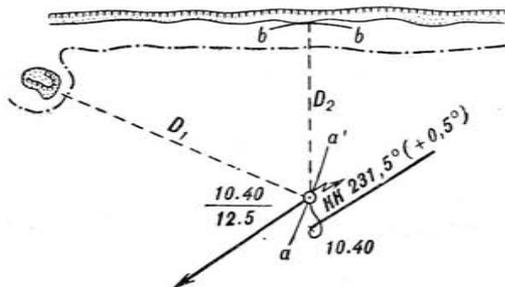


Рис. 16.5

§ 16.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ ПРИСТАВКИ «ПАЛЬМА»

Способ основан на совмещении радиолокационного изображения на экране ИКО приставки «Пальма» с изображением местности на карте.

1. Включить прибор, слить отметку курса корабля на экране с курсом корабля по гирокомпасу; при необходимости согласовать их.

2. Рукояткой «Масштаб грубо» установить диапазон масштабов изображения, соответствующий масштабу, указанному в заголовке карты.

3. Включить неподвижные кольца дальности, положить карту боковой рамкой под полупрозрачное зеркало так, чтобы центр развертки приходился в широте, примерно соответствующей району плавания корабля. Совмещая кольца дальности со штрихами боковой рамки карты, вращением рукоятки «Масштаб плавно» добиться, чтобы масштаб изображения был равен масштабу карты.

4. Выключить кольца дальности, положить карту районом плавания под полупрозрачное зеркало. Перемещая карту вправо — влево, вверх — вниз, добиться совмещения радиолокационного изображения с контурами береговой черты на карте. Совмещение осуществлять по точечным ориентирам и ближайшим к кораблю участкам береговой черты.

5. При достаточно точном совмещении изображений за место корабля принимается проекция центральной точки экрана ИКО на карту; время по часам и отсчет лага замечаются в момент нанесения наиболее вероятного места корабля на карту.

Глава 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

§ 17.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ТОЧЕЧНЫМ ОБЪЕКТАМ

Определение места корабля по точечным объектам (пассивный отражатель, подводный камень, подводная скала, затонувшее судно и т. д.) наиболее точное. Оно производится по расстояниям,

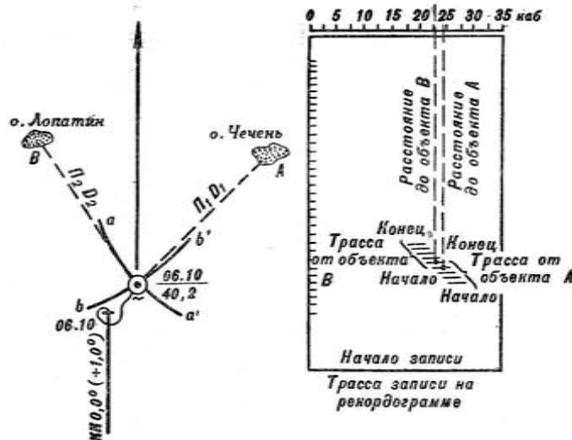


Рис. 17.1

измеренным гидролокатором; когда наблюдается лишь один объект — по пеленгу и расстоянию до него.

При определении места по расстояниям (рис. 17.1):

— выбрать по карте в районе плавания точечные объекты, опознать их и в быстрой последовательности (в течение 30 сек) гидролокатором измерить до них расстояния с записью трассы на рекордограмме; в момент начала измерения расстояния до второго объекта заметить время по часам, отсчет лага и глубину по эхолоту;

— по рекордограмме определить конечное расстояние до первого объекта A и начальное расстояние до второго объекта B ;

— на карте от наблюдаемых объектов, до которых производилось измерение расстояний, провести дуги окружностей радиусами, равными измеренным расстояниям; в точке их пересечения помечать обследованное место корабля.

При наблюдении точечных объектов значительной протяженности (банки, отмели, береговая черта с резкими изгибами и характерными выступами) для определения места корабля используется прием перенесения отражающих изобат параллельно самим себе по направлению измеренных гидролокатором пеленгов (рис. 17.2).

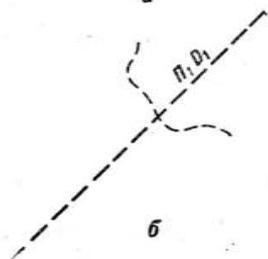
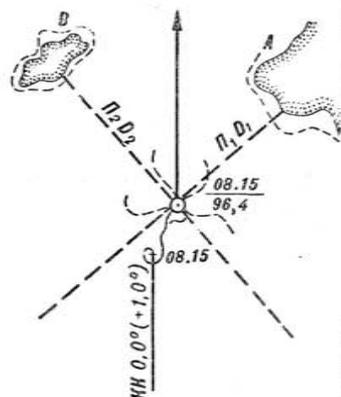


Рис. 17.2

1. По карте наметить объекты наблюдений. При подходе к объектам наблюдений дать малый ход, произвести поиск и опознание этих объектов с помощью гидролокатора.

2. При получении первой отметки контакта на индикаторе в быстрой последовательности через 5—10° поворота акустического преобразователя измерить курсовые углы (пеленги) и расстояния; при каждом измерении замечать время по часам, отсчет лага и глубину по эхолоту.

Среднюю квадратическую ошибку определения места по расстояниям рассчитывать по формуле (12.8); по пеленгу и расстоянию — по формуле (12.10).

§ 17.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ОБЪЕКТАМ

При определении места корабля по пространственным объектам (береговые склоны, банки, косы и т. д.) должны особо учитываться их отражающие свойства. Эхо-сигналы, отраженные от берегового склона, более длинные и менее четкие, чем эхо-сигналы, отраженные от точечных объектов. Эхо-сигналы, отраженные от каменистого обрывистого берега и подводных скал, получаются четкими, четкость и интенсивность эхо-сигналов увеличиваются по мере приближения к берегу. При отражении звуковых импульсов от пологих берегов эхо более расплывчато, удлинено и менее интенсивно. Особенно плохо эхо-сигналы отражаются от илистого берега.

Основным способом определения места корабля по пространственным объектам является веер пеленгов и расстояний.

3. На кальке провести прямую линию ab , условно изображающую линию пути корабля (рис. 17.3, б). Из произвольной точки A в масштабе карты нанести счислимые точки, соответствующие месту корабля в момент каждого измерения.

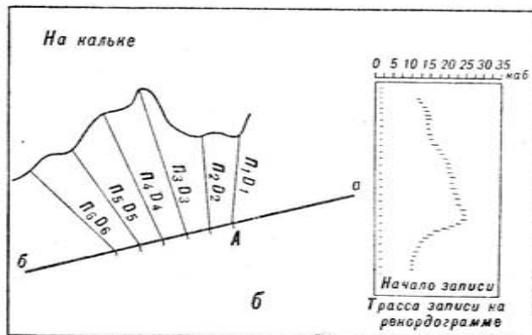
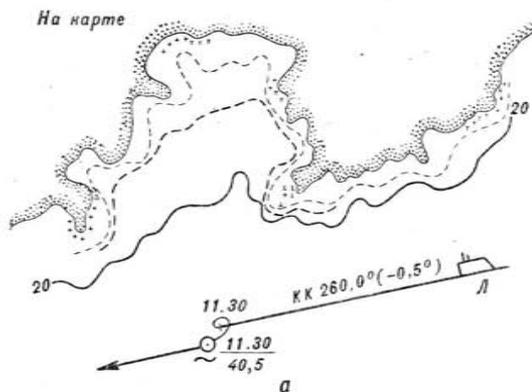


Рис. 17.3

4. Из каждой счислимой точки в масштабе карты отложить исправленные поправками измеренные расстояния по соответствующим направлениям $П_1 D_1, П_2 D_2, \dots, П_n D_n$; обусловленные этими расстояниями конечные точки пеленгов соединить кривой линией в соответствии с трассой записи, полученной на рекордограмме.

5. Кальку с выполненными построениями наложить на карту и перемещать вблизи численного места так, чтобы условная линия пути на кальке и линия пути на карте оставались параллельными друг другу. Место корабля считается определенным при совмещении кривой на кальке с линией отражающей изобаты на карте; за вероятное место принимают точку, соответствующую последнему измерению курсового угла (пеленга) и расстояния. Эту точку циркулем переколоть с кальки на карту (рис. 17.3, а).

Место корабля этим способом получается тем точнее, чем больше будет измерено пеленгов и расстояний и чем характернее очертания отражающей изобаты. Для исключения случайных совпадений наблюдения повторить несколько раз. Число выбранных точек и временные интервалы между ними должны быть такими, чтобы на кальке получилась характерная кривая, подобная лишь одному вполне определенному участку побережья.

Частным случаем этого способа является способ определения места путем измерения траверзных расстояний. Акустический преобразователь гидролокатора при этом устанавливается на $KU = 90^\circ$ в сторону берега.

§ 17.3. РАДИОГИДРОАКУСТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА КОРАБЛЯ

В качестве ориентира используется комбинированный радиомаяк, состоящий из кругового радиомаяка и подводного звукоизлучателя. Место корабля на карте находится в точке пересечения прямой Pa , соответствующей измеренному корабельным радиопеленгатором радиопеленгу, и дуги окружности bb' , соответствующей расстоянию D до подводного излучателя B (рис. 17.4).

Определение расстояния до подводного излучателя по сигналом комбинированного радиомаяка.

1. В момент подачи условного или нулевого радиосигнала и синхронизированного с ним звукового сигнала пустить секундомер, а в момент приема шумопеленгатором звукового сигнала секундомер остановить. Расстояние D в милях до подводного излучателя получается умножением отсчитанного количества секунд на коэффициент 0,8 или делением на коэффициент 1,25.

2. После подачи условного радиосигнала и синхронизированного с ним звукового сигнала радиомаяк передает серию коротких радиосигналов (точки и тире), продолжительность которых вместе с интервалами равна времени, за которое звук проходит расстояние 1 или 0,5 мили. Эти промежутки соответственно равны 1,25 или 0,63 сек. Приняв синхронизированный сигнал, начать подсчет точек или тире, подаваемых радиомаяком до момента приема подводного звукового сигнала. Искомое расстояние D до подводного излучателя в милях равно числу принятых точек или тире, если эти сигналы излучались через 1,25 сек, или половине числа сигналов, если они излучались через 0,63 сек.

Средняя квадратическая ошибка M_{Pr} определения места радиогидроакустическим способом в каб:

$$M_{Pr} = \frac{1}{\cos x} \sqrt{\left(D_p \frac{m_{\Pi}}{57,3}\right)^2 + m_D^2}, \quad (17.1)$$

где x — угол при обсервованном месте между направлениями на радиомаяк и подводный излучатель, снятый с карты, град;

D_p — расстояние от обсервованного места до радиомаяка, каб;

m_{Π} — средняя квадратическая ошибка в пеленге, град;

m_D — средняя квадратическая ошибка в измеренном расстоянии, каб.

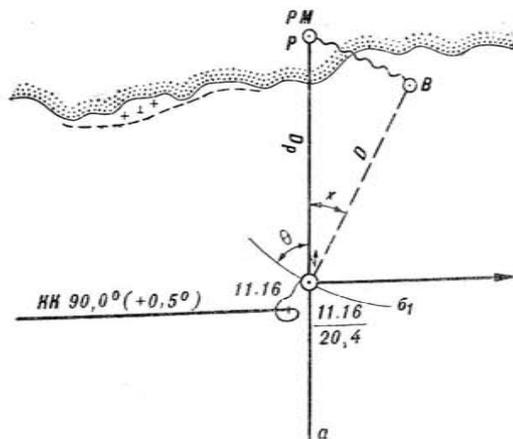


Рис. 17.4

§ 17.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гидроакустические системы служат для определения места подводных лодок при нахождении их в зоне звукового канала*.

1. В строго определенные по расписанию моменты времени T_0 в нескольких (двух — трех) точках — фокусах A, B, C , географические координаты которых известны, на глубине залегания оси подводного канала взрываются небольшие заряды взрывчатого вещества (рис. 17.5).

* В. И. Каманин. Гидроакустические станции в кораблеводении. М., Воениздат, 1964.

2. На подводной лодке, находящейся в зоне звукового канала, фиксируют время прихода этих звуковых сигналов T_1, T_2, T_3 с помощью секундомера или самописца.

3. Вычислить промежутки времени t между моментами посылки и приема звукового импульса

$$t_i = T_i - T_0. \quad (17.2)$$

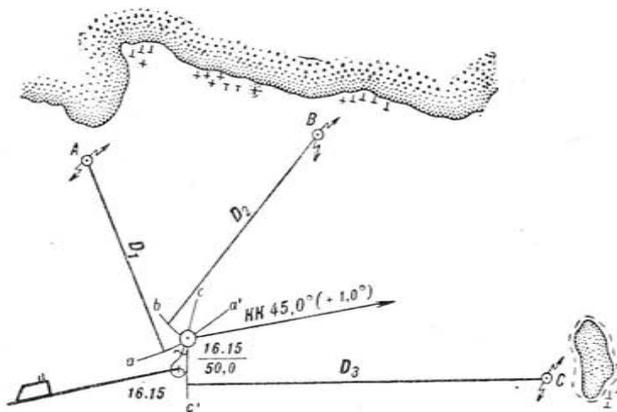


Рис. 17.5

4. По скорости распространения звука в зоне звукового канала c_3 и времени прогона сигналов t вычислить расстояния до точек излучения

$$D_i = c_3 t_i. \quad (17.3)$$

5. На специальной карте с сеткой изолиний, производя глазурную интерполяцию, провести карандашом изолинии, соответствующие рассчитанным расстояниям; место корабля получится в точке пересечения соответствующих изолиний.

При несовпадении места излучения звукового сигнала (рис. 17.6) с назначенным (точка A) и при смещении его по истинному пеленгу на некоторое расстояние Δr (точка A') в вычисленное расстояние D перед его прокладкой из назначенной точки A ввести поправку ΔD в м:

$$\Delta D = \Delta r \cos \alpha, \quad (17.4)$$

где Δr — линейная величина смещения, м;

α — угол между направлением на подводную лодку при точке A и направлением отрезка Δr , град.

При $\alpha < 90^\circ$ знак поправки ΔD плюс, при $\alpha > 90^\circ$ — минус. Средняя квадратическая ошибка в вычисленном расстоянии

$$m_D = \sqrt{\left(\frac{Dm_{c_3}}{c_3}\right)^2 + (c_3 m_t)^2}, \quad (17.5)$$

где D — расстояние до излучателя, км;

m_{c_3} — средняя квадратическая ошибка в принятой скорости звука, м/сек;

c_3 — скорость распространения звука в воде, м/сек;

m_t — средняя квадратическая ошибка в определении промежутка времени, сек.

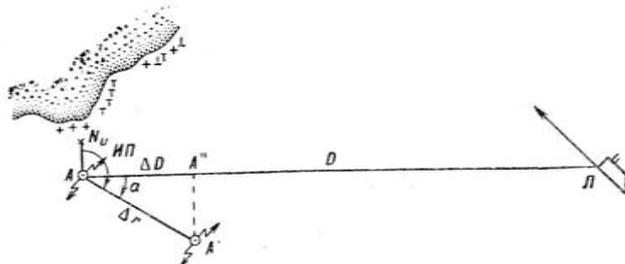


Рис. 17.6

Средняя квадратическая ошибка определения места по расстояниям рассчитывается по формуле (12.8).

Глава 18

ОПОЗНАНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ГЛУБИНАМ, ИЗМЕРЕННЫМ ЭХОЛОТОМ

§ 18.1. РАСЧЕТ ГЛУБИНЫ МОРЯ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТОЛЩИНЕ СЛОЯ ВОДЫ ОТ ПОВЕРХНОСТИ

Для надводного корабля (рис. 18.1, а):

$$H = H_3 + h_B - \Delta h, \quad (18.1)$$

где H — глубина моря от поверхности воды, м;

H_3 — глубина, измеренная эхолотом и исправленная поправкой за отклонение скорости звука от расчетной; эту поправку выбирать из табл. 34-а, 34-б и 34-в МТ-63, м;

h_B — поправка за углубление вибраторов; поправка положительна и равна осадке корабля (если эхолот отрегулирован и показывает глубину под килем), м;
 Δh — поправка за уровень моря (высоту прилива); поправка всегда отрицательна (при пользовании советскими картами) и численно равна высоте прилива, выбираемой из Таблиц прилива, м.

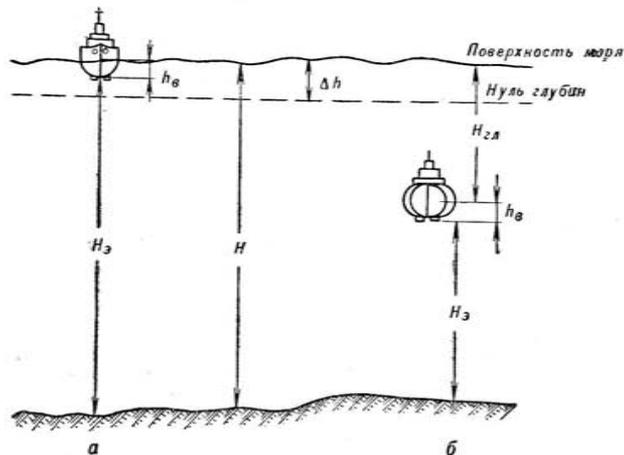


Рис. 18.1

Для подводной лодки, находящейся в подводном положении (рис. 18.1, б):

$$H = H_э + H_{гд} + h_B - \Delta h, \quad (18.2)$$

где $H_{гд}$ — глубина по глубиномеру, м;

h_B — поправка за отстояние места установки глубиномера от килеа подводной лодки, м.

§ 18.2. ОПОЗНАНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПО ГЛУБИНАМ

1. Рассчитать, за какой промежуток времени при данной скорости хода корабль проходит расстояние между соседними обозначениями глубин (изобат) на карте по направлению пути.

2. Измерить ряд глубин через промежутки времени от 1—2 до 15—20 мин в зависимости от скорости хода корабля и характера рельефа дна (чаще — при неровном рельефе, реже — в районах с пологими склонами дна); если возможно, одновременно с изме-

рением глубин определить характер донных отложений (характер грунта). При измерении каждой глубины заметить время по часам и отсчет лага.

3. Измеренные значения глубин исправить соответствующими поправками (§ 18.1).

4. Нанести на лист кальки меридиан и параллель и проложить линию пути корабля. На линии пути от точки, избранной за начальную, в масштабе карты отложить расстояния, пройденные

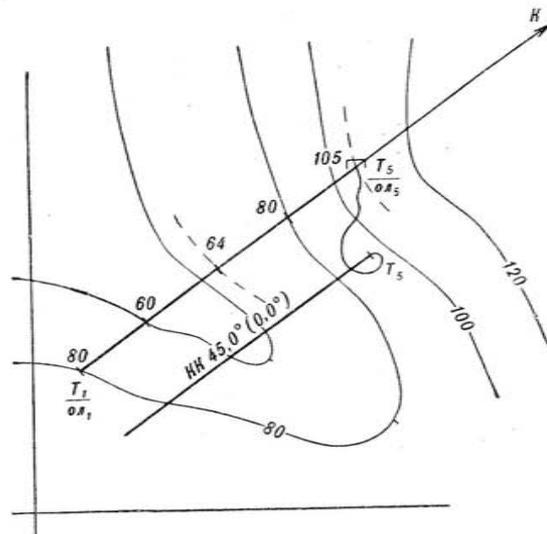


Рис. 18.2

кораблем от момента измерения первой глубины до момента очередного измерения (рис. 18.2). У каждой точки обозначить величину измеренной глубины, а у начальной и последней точек, кроме того, — время по часам и отсчет лага. Если одновременно с измерением глубин определен характер донных отложений, то обозначить и характер грунта.

5. На карте карандашом провести дополнительные изобаты, соответствующие исправленным глубинам (если эти изобаты не нанесены типографским способом).

6. Кальку наложить на карту в районе счислимого места корабля и, перемещая ее так, чтобы линия меридиана кальки была параллельна меридианам карты, добиться совмещения нанесенных на линии пути точек с изобатами, соответствующими помеченным у этих точек глубинам. Если точное совмещение окажется невоз-

возможным, то найти такое положение кальки, при котором нанесенные на ней точки будут находиться возможно ближе к соответствующим изобатам. Для контроля сдвинуть кальку и повторить совмещение еще раз. В точке, соответствующей последнему измерению глубин, сделать накол острием циркуля; на карте эту точку пометить условным знаком как место, опознанное по глубинам.

Если добиться удовлетворительного совпадения глубин не удается, то кальку несколько поворачивать, нарушая в разумной мере параллельность меридианов (линий пути) на карте и кальке. В случае совпадения измеренных глубин с нанесенными на карте угол между линиями пути на кальке и на карте покажет величину неучтенного сноса от течения или дрейфа. Если на карте не окажется глубин, совпадающих с измеренными, то найти такое положение кальки, при котором измеренные глубины будут отличаться от глубин, данных на карте, на одну и ту же постоянную величину.

Этот способ дает хорошие результаты, если глубины на карте нанесены по данным промера достаточной точности и подробности, глубины в районе плавания корабля не являются однообразными, но и не беспорядочно меняющимися, среди всех использованных изобат есть хотя бы две, пересекающие линию пути под углом не менее 30° .

Наиболее благоприятные условия опознания места по глубинам в прибрежных районах. В районах, лежащих за пределами дальности действия береговых средств навигационного оборудования, ошибки мест, опознанных по глубинам, могут быть значительными.

Средняя квадратическая ошибка опознания места по изобатам в каб

$$M = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{M_c^2 + m_{n_1}^2 + m_{n_2}^2}, \quad (18.3)$$

где θ — угол пересечения изобат в определяемом месте, град;

M_c — средняя квадратическая ошибка счисления за время плавания между моментами измерения глубин, соответствующих изобатам, каб;

m_{n_1}, m_{n_2} — средние квадратические ошибки в положении изобат на карте, каб.

§ 18.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ГРУНТА ЭХОЛОТОМ

Путем приема эхо-импульсов на слух. Требует от штурмана больших навыков и опыта. Определяется грунт по характеру звучания в телефонах:

— эхо-импульсы, отраженные от скалистого грунта и крупных валунов, воспринимаются как продолжительный треск и шипение;

— эхо-импульсы, отраженные от галечно-песчаных грунтов, — как короткие резкие удары;

— эхо-импульсы, отраженные от илстого грунта, — как короткое мягкое шипение.

Путем анализа эхограмм, полученных на самописце эхолота. Самописец подключается к ламповому выходу усилителя, а не к

тиратрону. Используется электрохимический способ записи. Грунт определяется по характеру записи:

— мягкие грунты (ил) дают неинтенсивную запись в виде распылчатой широкой полоски;

— твердые грунты (каменная плита, песок) дают интенсивную запись глубин с короткими четкими отметками.

Путем сравнения эхо-импульсов с эталоном. Используются самописец и электроннолучевой осциллограф, подключенный в схему эхолота. Грунт определяется на экране осциллографа по виду сигнала, отраженного от дна, сравнением полученного сигнала с видами сигналов (на осциллографе) от различных грунтов, приведенными в специальных атласах.

Глава 19

ОСОБЕННОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

§ 19.1. ПЛАВАНИЕ ПО ДУГЕ БОЛЬШОГО КРУГА (ОРТОДРОМИИ)

К плаванию по дуге большого круга прибегают в случаях, когда разность в длинах пути по локсодромии и ортодромии значительна и выигреш в продолжительности перехода выражается десятками часов и даже сутками.

Выигреш в длине пути ΔS определяется сравнением расстояний между точками по локсодромии $S_{лок}$ и ортодромии $S_{орт}$:

$$\Delta S = S_{лок} - S_{орт}. \quad (19.1)$$

Вычисление величин $S_{лок}$ и $S_{орт}$:

$$S_{лок} = (\varphi_2 - \varphi_1) \sec K = (\lambda_2 - \lambda_1)' \cos \varphi_{cp} \operatorname{cosec} K; \quad (19.2)$$

$$\cos S_{орт} = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_2 - \lambda_1), \quad (19.3)$$

где φ_1, λ_1 — географические координаты начальной точки;

φ_2, λ_2 — географические координаты конечной точки;

K — локсодромический курс, определяемый по формуле (10.15).

Вычисления по формулам (19.2), (19.3) делать по таблицам логарифмов.

Нанесение дуги большого круга по точкам, координаты которых сняты с карты в гномонической проекции. Способ служит лишь для общей ориентировки о возможном кратчайшем пути корабля.

1. Нанести на карту в гномонической проекции начальную A и конечную B точки перехода и соединить эти точки прямой линией.

2. Снять с этой карты начальный K_n и конечный K_k курсы, а в случае пересечения ортодромией экватора и курс в точке пересечения K_0 .

3. По разности снятых курсов рассчитать число промежуточных точек и нанести их на карте гномонической проекции. Число промежуточных точек определяется тем, как часто при данных условиях плавания корабль должен (или может) изменять свой курс. Практически курс меняют на $2-3^\circ$, поэтому число промежуточных точек берется не больше $\frac{K_k - K_n}{2}$ по одну сторону экватора. При плавании по ортодромии, пересекающей экватор, рассчитать число промежуточных точек по разностям $(K_0 - K_n)$ и $(K_k - K_0)$ отдельно до и после экватора.

4. Снять координаты промежуточных точек, перенести их на меркаторскую карту и соединить линиями курсов. Нанесение дуги большого круга по точкам, координаты которых вычислены по формулам или выбраны из специальных таблиц. Координаты промежуточных точек рассчитываются с помощью уравнений дуги большого круга:

$$\operatorname{tg} \varphi = \sin(\lambda - \lambda_0) \operatorname{ctg} K_0, \quad (19.4)$$

где λ_0 — долгота точки пересечения дуги большого круга с экватором;

K_0 — угол, под которым дуга большого круга пересекает меридиан в этой точке;

$$\operatorname{tg}(\lambda_{cp} - \lambda_0) = \operatorname{tg} \frac{1}{2}(\lambda_2 - \lambda_1) \sin(\varphi_1 + \varphi_2) \operatorname{cosec}(\varphi_2 - \varphi_1); \quad (19.5)$$

$$\operatorname{ctg} K_0 = \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{cosec}(\lambda_1 - \lambda_0); \quad (19.6)$$

$$\operatorname{ctg} K_0 = \operatorname{tg} \varphi_2 \operatorname{cosec}(\lambda_2 - \lambda_0). \quad (19.7)$$

1. Найти широты точек, в которых дуга большого круга пересекает меридианы с наперед заданными долготами, по формуле (19.4).

2. Найти долготы точек, в которых дуга большого круга пересекает параллели с наперед заданными широтами, пользуясь формулой (19.4):

$$\sin(\lambda - \lambda_0) = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} K_0.$$

Для упрощения вычислений служат табл. 32-а и 32-б «Картографических таблиц», изд. УНГС ВМФ, 1957.

Нанесение дуги большого круга на карту с использованием ортодромической поправки. 1. На карте соединить начальную точку I с конечной точкой n прямой линией (рис. 19.1).

2. При помощи табл. 23-а МТ-63 рассчитать ортодромическую поправку ψ_1 .

3. Рассчитать направление дуги большого круга в точке I , определяемое углом $A_1 = P_1 + \psi_1$, где P_1 — направление локсодромии с точки I на точку n ; знак ортодромической поправки ψ определяется из табл. 13.1 настоящего Справочника.

4. Провести первый отрезок ортодромии в виде прямой под углом A_1 к меридиану в точке I и отложить по нему расстояние 200—300 миль.

5. Конечную точку 2 первого отрезка снова соединить с точкой n и, рассчитав по табл. 23-а МТ-63 ортодромическую поправку ψ_2 , провести второй отрезок ортодромии под углом

$A_2 = P_2 + \psi_2$, где P_2 — направление локсодромии с точки 2 на точку n .

Так поступать до тех пор, пока прокладываемая ортодромия не достигнет точки n .

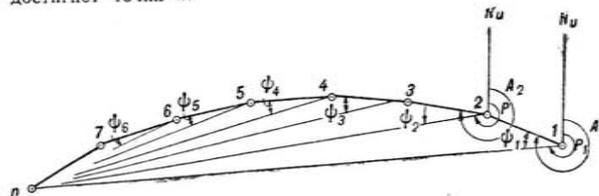


Рис. 19.1

§ 19.2. ОСОБЕННОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ ПРИ ПЛАВАНИИ ПОДО ЛЬДОМ

Особенности кораблевождения в высоких широтах. 1. Точность работы гироскопических компасов ухудшается; в районе географического полюса использование гироскопов для определения направления невозможно.

2. Точность работы магнитных компасов ухудшается.

3. При прокладке линий пеленгов введение ортодромических поправок необходимо даже при малых расстояниях между кораблем и пеленгуемым объектом.

4. Применение карт в проекции Меркатора затруднительно, а в широтах, превышающих $82-83^\circ$, невозможно.

5. Наличие в течение всего года многолетних льдов, отрицательная средняя температура воздуха в течение всего года, большое число дней с туманами и облачностью, благоприятные условия распространения звука в воде, небольшие скорости течений, аномальная рефракция, ложные горизонты, длительные и яркие полярные сияния, частые магнитные бури.

6. Недостаточная изученность и недостаточное навигационное оборудование полярных районов.

Использование эхоледомера при плавании подо льдом. Непрерывное наблюдение за ледовой обстановкой ведется при плавании подводной лодки:

- в районах возможной встречи с айсбергами;
- на небольших глубинах погружения;
- при поиске полыней, разводий или молодого льда с целью всплытия в них.

В остальных случаях ведется периодическое наблюдение, позволяющее иметь достаточно полное представление о ледовой обстановке в районе плавания.

Определяется толщина льда и профиль нижней поверхности ледяного покрова по разности показаний гидростата и эхолотовой части или из анализа показаний только эхолотовой части эхоледомера. Запись чистой воды имеет вид прямой линии, запись нижней поверхности льда имеет неровный изломанный характер.

Поиск полыней, разводий или полей молодого льда с целью всплытия в них производят на малом ходу подводной лодки. Размеры их определяют по пройденным под ними расстояниям (по лагу) на различных курсах движения подводной лодки. При обнаружении достаточно больших полыней, разводий или районов с молодым льдом подводная лодка маневрирует для выхода в их центр и производит вертикальное всплытие. Расчеты маневрирования для всплытия делаются графически на карте наиболее крупного масштаба с помощью автопрокладчика.

Особенности счисления и контроля счисления пути подводной лодки при плавании подо льдом. Плавание в высоких широтах осуществляют по локсодромии, квазилоксодромии или дуге большого круга. Подводная лодка удерживается на курсе по гироскопасам или гироазимутам. Для ведения навигационной прокладки в высоких широтах обычно используют карты в поперечной проекции Меркатора.

При плавании в высоких широтах учитывают поправку за расхождение в длинах стандартной морской мили и одной минуты меридиана:

— расстояние, измеренное лагом, перед прокладкой на карте уменьшают на 0,5%;

— расстояния, снятые с карты, для перевода в морские мили увеличивают на 0,5%.

При подледном плавании подводных лодок:

— маршрут должен выбираться исходя из анализа всех причин, влияющих на ледяной покров, и обеспечивать следование через районы с наибольшим количеством разводий и полыней, использование в зоне материкового склона глубоководных долин, прохождение участков пути с малыми глубинами во время прилива и при ветре, дующем с берега;

— плавание должно совершаться на глубинах погружения, превышающих осадку дрейфующих айсбергов и торосистых льдов;

— навигационная безопасность плавания подводной лодки может быть обеспечена только при использовании эхолотов, эхолотомеров, гидролокаторов и подводных телевизионных установок;

— возможности всплытия подводной лодки могут быть ограничены большой горизонтальной протяженностью тяжелого ледяного покрова;

— определять место подводной лодки возможно, как правило, только при всплытии в надводное положение;

— ввиду недостаточных сведений о течениях ошибки счисления могут быть значительными;

— для контроля счисления пути подводной лодки могут быть использованы астрономические способы и способы, связанные с использованием радиотехнических средств (иногда имеется возможность ориентироваться по глубинам);

— особое внимание должно быть уделено тщательному наблюдению за поведением гироскопасов и гироазимутам, анализу расхождений в их показаниях и т. д.

§ 19.3. ОСОБЕННОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ ПРИ ПЛАВАНИИ В УЗКОСТЯХ И ШХЕРАХ

Меры предосторожности. При плавании в узкостях, вблизи берегов и отмелей или при приближении к ним, а также в случаях, когда место корабля сомнительно, счисление и определение

места корабля должны осуществляться с максимальной точностью и соблюдаться меры предосторожности, как-то:

— уточнение места корабля всеми доступными способами и средствами;

— уменьшение хода или остановка машин;

— измерение глубин;

— использование средств технического наблюдения для обнаружения навигационных опасностей;

— приготовление якорей к отдаче;

— стравливание якоря для обнаружения опасной глубины;

— задравание и проверка люков и горловин;

— установление вахты на запасных постах управления рулем и машинами, организация надежной связи с ними.

Предварительная подготовка. 1. В соответствии с лоцией и стоящей перед кораблем задачей выбирается общий маршрут движения с учетом глубин, навигационных опасностей, ширины и извилистости фарватеров, их оборудования, приливо-отливных колебаний уровня моря, течений.

2. Подбираются карты наиболее крупного масштаба (как правило, не мельче 1:50 000) и пособия для плавания, проверяется и при необходимости дополняется их корректура.

3. Тщательно изучается маршрут перехода; на картах „поднимаются“ ориентиры, опасные глубины, участки с сильными течениями. Для мелководных участков маршрута составляются графики высоты воды по времени и диаграммы течений, с помощью которых выбирается наилучшее время прохождения этих участков. Если необходимо и возможно, производится рекогносцировка маршрута с промером глубин, зарисовкой и фотографированием ориентиров и дооборудование трудных участков маршрута (ограждение опасностей вежами, установка створов).

4. Выполняется предварительная прокладка, составляются справочные таблицы; на путевые карты выписываются наиболее важные данные.

5. Готовятся и проверяются инструменты и приборы; личный состав специально инструктируется.

Особенности предварительной прокладки. Курсы выбираются по створам; при их отсутствии — так, чтобы прямо по носу или по корме корабля находился приметный ориентир. В узких проходах линия пути должна быть по возможности перпендикулярна прямой, соединяющей наиболее выдающиеся в сторону фарватера опасности (рис. 19.2): *a* — неверно; *b* — верно.

Повороты рассчитываются с учетом тактического диаметра циркуляции и мертвого промежутка времени между подачей команды на руль и фактическим началом поворота. От точек начала поворота снимаются поворотные пеленги, поворотные расстояния до ближайших радиолокационных ориентиров или намечаются поворотные створы. Угол, который составляет поворотная линия положения с первоначальной линией пути, должен быть по возможности близок к 90°. Если ориентиров, позволяющих удовлетворить этим требованиям, нет, то начало поворота рассчитывается по прохождению снятого с карты расстояния *S* после пересечения пеленга, параллельного (близкого к этому) новой линии пути (рис. 19.3). При расчете крутых поворотов необходимо учитывать движение кормы, чтобы она не оказалась занесенной на бровку фарватера. Время лежания на каждом курсе рассчитывается для нескольких скоростей (варианты хорошей, пониженной, малой видимости).

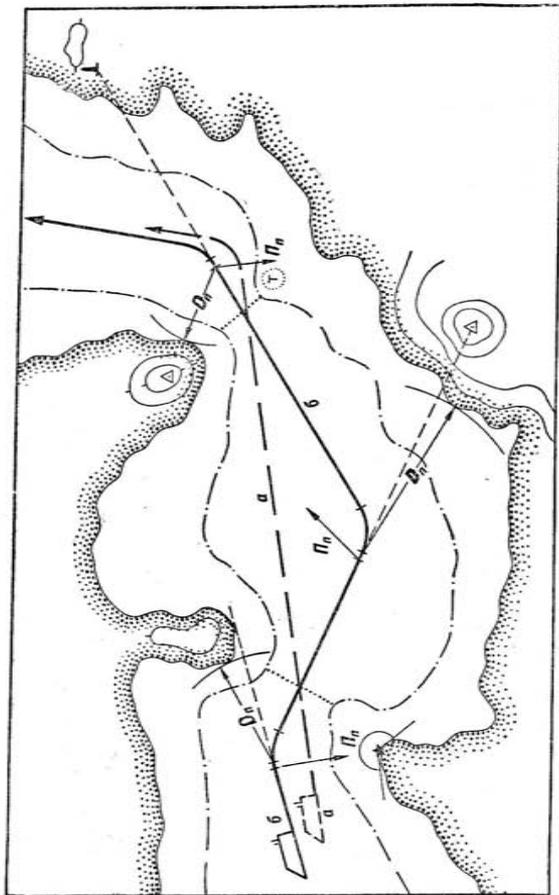


Рис. 19.2

Для каждого участка маршрута выбираются способы определения места корабля и ориентиры, оценивается ожидаемая точность наблюдений и проверяется, обеспечивает ли она безопасность плавания. На случай непредвиденного изменения обстановки (ухудшение видимости, отсутствие ориентиров на их штатных местах и т. д.) выбираются резервные способы определения места и ориентиры. Карты и планшеты готовятся для быстрого нанесения obserвованных мест:

— строятся сетки изолиний (гониметрические, стадиометрические, азимутальные, азимутально-стадиометрические);

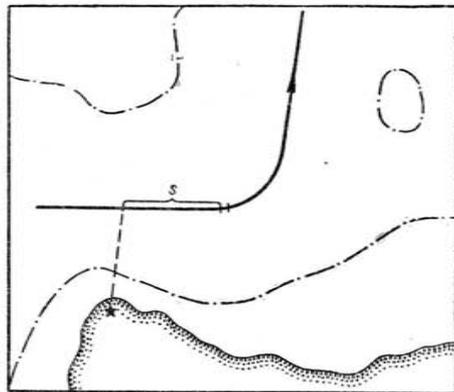


Рис. 19.3

— наклеиваются прозрачным клеем транспортиры из кальки (центр транспортира совмещается с ориентиром на карте, линия $0-180^\circ$ транспортира ориентируется параллельно меридиану карты; для прокладки пеленгов служит нить, прикрепляемая булавкой к центру транспортира).

Намечаются контрольные и опасные пеленги, расстояния, опасные глубины, створы (рис. 19.4); они сообщаются командиру корабля и вахтенному офицеру для приближенного контроля пути-исчисления. Контрольные пеленги, расстояния, створы снимаются с карты от характерных точек на линии пути по предварительной прокладке (конец поворота, траверз мыса и т. д.). Опасные изолинии выбираются так, чтобы они ограничивали те места, куда кораблю заходить опасно. Контрольные и опасные изолинии и линии положения должны быть по возможности параллельными линии пути корабля (створы и ориентиры для измерения пеленгов выбираются по носу или за кормой, ориентиры для измерения расстояний — близ траверза).

Основные данные предварительной прокладки (истинные и компасные курсы, время лежания на каждом из них для избранных вариантов скорости хода, поворотные, контрольные и опасные

пеленги, расстояния, глубины) помечаются на путевой карте и заносятся в таблицы предварительных расчетов. Как правило, наиболее важные сведения (направления ходовых створов, характеристики основных ориентиров, расстояния до опасностей в наиболее узких местах фарватеров) штурман, командир корабля и вахтенный офицер должны запоминать.

Плавание узкостью. Подходя к узкости, следует ложиться на входной створ (линию пути) заблаговременно, чтобы имелось достаточное пространство и время для проверки правильности вы-

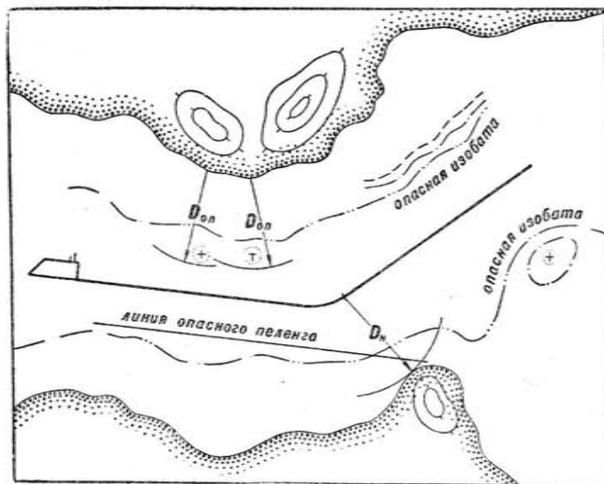


Рис. 19.4

полненного маневра, устранения ошибок и точного выхода на ось фарватера. Повороты на очередные створы (линии пути) начинать по поворотным пеленгам и расстояниям, рассчитанным при выполнении предварительной прокладки или (при значительном от нее отклонении) рассчитываемым заново.

При плавании по створам:

— как только створ станет виден, убедиться в правильности его опознания: измерить пеленг, сличить вид и направление створа с данными, приведенными в пособиях (лоция, «Огни и знаки»);

— если выйти точно на створ сразу не удалось, подходить к нему под острым углом; момент поворота на створ уточнить в соответствии с последними наблюдениями;

— выйдя на створ, если ширина фарватера, осадка корабля и условия плавания это допускают, в соответствии с правилом 25 ППСС слегка уклониться вправо и идти параллельно створу,

несколько правее его оси, контролируя безопасность плавания наблюдениями, контрольными и опасными пеленгами;

— при ветре и течении, сносящих корабль со створа, ввести в курс корабля поправку на угол сноса в ту сторону, откуда дует ветер (идет течение); по результатам наблюдений за положением корабля относительно оси створа и наблюдениям уточнить первоначально назначенный курс.

На курсах, не обозначенных ведущими створами, правильность движения корабля контролируется по ведущим пеленгам на ориентиры, находящиеся прямо по носу или за кормой корабля, и по наблюдениям. При плавании по фарватерам, огражденным плавучими знаками (буями или вежами), полагаться на них полностью нельзя; постоянно должен осуществляться другими способами непрерывный контроль за правильностью движения корабля и соответствием фактических мест буев и веж их штатным местам.

Место корабля должно определяться наиболее точными способами по береговым ориентирам (не по буям и вежам), как правило, не реже чем через каждые 5—10 мин, а также перед поворотом и по его окончании. Наибольшая возможная ошибка места корабля не должна превышать расстояния до ближайшей опасности.

Следует замечать и записывать в навигационный журнал моменты и отсчеты лагов, когда корабль находится на траверзе маяков, навигационных знаков, буев, ограничивающих узкость мысов и банок, при пересечении створов и т. д. Место корабля (обсервованное или счислимое) в эти моменты отмечается на карте. О любом сомнении в правильности счисления или определения места корабля штурман обязан немедленно доложить командиру.

Правильность путесчисления контролируется командиром корабля, вахтенным офицером и (в порядке самоконтроля) штурманом с использованием контрольных и опасных пеленгов, расстояний, створов. Если измеренное значение навигационного параметра значительно отличается от контрольного, а тем более приближается к опасному, надо немедленно установить причину и предпринять дополнительные меры предосторожности (заstopорить ход, дать задний ход, отдать якорь).

Плавание шхерами. В шхерах с неровным каменным грунтом и малыми глубинами плавание должно осуществляться только по обозначенным на карте фарватерам, поскольку опасности вне фарватеров могут остаться несобраненными даже при подробном промере (полную гарантию их отсутствия дает только гидрографическое траление).

Если при плавании особо узкими и извилистыми фарватерами из-за отсутствия времени и надежных ориентиров для определения места ведение обычной прокладки оказывается невозможным и не обеспечивает необходимой точности, управление кораблем осуществляется лоцманским методом (по данным глазомерной ориентировки). Командир корабля, пользуясь своим комплектом карт, следит за удержанием корабля на очередном створе (рекомендованном курсе). Штурман (находится на мостике рядом с командиром), пользуясь своим комплектом карт, отмечает выполнение предварительной прокладки (моменты начала и конца поворотов, траверзы ориентиров) и подготавливает командиру корабля данные для поворота на следующий створ (рекомендованный курс): время, оставшееся до начала поворота, поворотный пеленг, где искать следующий створ (ориентир при плавании по ведущему

пеленгу), его направление. Место определяется наиболее простыми способами (при малых расстояниях до ориентиров — по пеленгу и глазомерно оцененному расстоянию). В случае сомнения в правильности опознания ориентиров и назначенного курса немедленно остановить движение, отдать якорь.

Постановка на якорь. Радиус круга R безопасной якорной стоянки в м:

$$R = l_{\Gamma} + L + \Delta R, \quad (19.8)$$

где l_{Γ} — горизонтальная проекция длины вытравленной якорь-цепи, м;

L — длина корабля, м;

ΔR — запас безопасности, м.

Величина ΔR равна сумме предельной ошибки определения места корабля, длины якорной цепи, которая должна быть дополнительно вытравлена при посвежении погоды, и запаса чистой воды, который при любых условиях надо иметь за кормой на случай дрейфа. Круг с радиусом R , имеющий центром место якоря, должен полностью помещаться на чистом от опасностей участке акватории.

Подход к якорному месту осуществляется против ветра или течения, по естественному створу или ведущему пеленгу на приметный ориентир (рис. 19.5). Для контроля правильности выхода в точку отдачи якоря следует возможно чаще определять место корабля; при корректировке курса учитывать, что с уменьшением скорости хода углы дрейфа и сноса течением увеличиваются.

На линии пути от назначенной точки отдачи якоря откладываются расстояние между клюзом и мостиком (антенной РЛС). От полученной таким образом точки M_0 , где должен находиться мостик корабля в момент отдачи якоря, откладываются расстояния через 1 каб; кроме того, помечаются точки, где должны быть застопорены машины и отработан задний ход. От них снимаются значения избранного сигнального навигационного параметра (пеленга на ближайший ориентир примерно по траверзу, расстояния до радиолокационного ориентира по носу или за кормой). При подходе к месту отдачи якоря штурман, наблюдая за положением корабля относительно ведущего створа или измеряя значения ведущего пеленга, а также по результатам наблюдений должен докладывать командиру о необходимых корректировках курса; по результатам измерения сигнального навигационного параметра — о расстоянии, оставшемся до точки отдачи якоря, и о приходе корабля в эту точку.

В момент отдачи якоря определить место и заметить курс корабля. Отложив от наблюдаемой точки расстояние между мостиком (антенной РЛС) и клюзом, нанести место якоря. Описав вокруг него окружность рассчитанным по формуле (19.8) радиусом R , убедиться в безопасности якорного места.

Меры безопасности на случай посвежения погоды.

1. Метеорологическое обеспечение:

— пользуясь метеорологическими консультациями и местными признаками, своевременно корректировать прогноз погоды (наибольшую опасность представляют тропические циклоны; в циклонах умеренных широт — внезапное изменение направления ветра и увеличение его силы при прохождении холодного фронта);

— при усилении ветра свыше 7 баллов измерять направление и силу ветра через каждые 30 мин.

2. Правильный выбор места якорной стоянки, закрытого берегом от предстоящего сильного ветра; перемена места, если предвидится изменение направления ветра.

3. Приведение машин и средств управления кораблем в повышенную готовность; при ветре свыше 7 баллов установление немедленной готовности корабля к съемке с якоря.

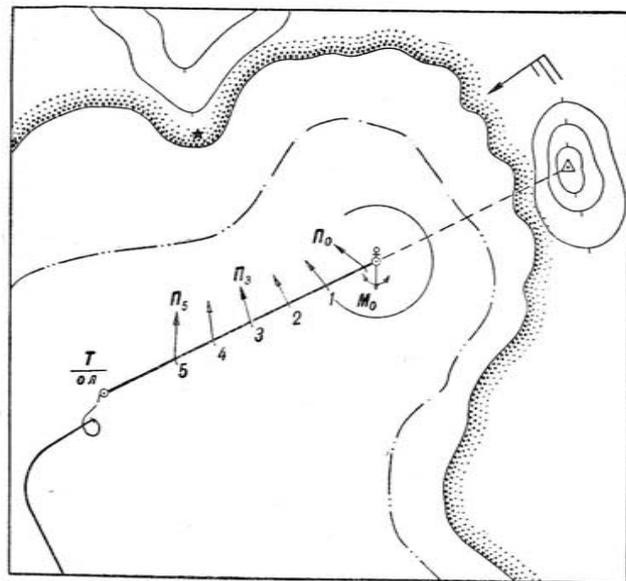


Рис. 19.5

4. Меры для своевременного обнаружения дрейфа:

— наблюдение за постоянством пеленга на ближайший к кораблю ориентир, направление на который составляет с направлением ветра угол, по возможности более близкий к прямому; измерение расстояния до характерного радиолокационного ориентира, находящегося с подветра или на ветре от корабля;

— частые контрольные определения места корабля;

— наблюдение за опущенной с бака на грунт балластной (лино, на котором она закреплена, дается такая слабина, чтобы при рыскании корабля он не натягивался; натяжение лива является свидетельством дрейфа);

— наблюдение за положением корабля (дрейфуя, становится лагом к ветру);

— наблюдение за якорной цепью (внезапное уменьшение натяжения, рывки, «говор» свидетельствуют о дрейфе корабля).

5. Меры предупреждения дрейфа:

- потравливание якорной цепи до длины, в 1,5—2 раза превышающей обычную для данных глубины и грунта;
- отдача второго якоря;
- подработка машинами вперед для уменьшения натяжения якорной цепи.

6. В случае обнаружения дрейфа немедленная стемка с якоря и перемена места якорной стоянки или выход в открытое море.

§ 19.4. ОСОБЕННОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МАЛОЙ ВИДИМОСТИ

При плавании в условиях малой видимости, а также в предвидении ухудшения видимости (за 20 каб до входа в полосу тумана) должны приниматься меры предосторожности:

- счисление и определение места с максимальной точностью; оценка возможных ошибок, с которыми известно место корабля;
- следование умеренным ходом, соответствующим требованиям правила 16 ППСС;

— использование средств технического наблюдения (радиолокационных и гидроакустических станций);

- задравание и проверка люков и горловин;
- подача туманных сигналов;
- установление вахты на запасных постах управления рулем и машинами; организация надежной связи с ними.

При приближении к берегу и плавании узкостями, кроме того, — измерение глубин, приготовление якорей к отдаче, стравливание якоря для обнаружения опасной глубины.

При ухудшении видимости, делающей невозможными визуальные наблюдения, в навигационный журнал записываются наблюдаемые (счислимые) координаты и дальность видимости. Место корабля определяется с помощью радиотехнических и гидроакустических средств. При обнаружении расхождений измеренных глубин с теми, которые можно ожидать по счислению, немедленно установить причину; с приближением глубин к опасным — застопорить машины, дать задний ход, отдать якорь.

§ 19.5. ОСОБЕННОСТИ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ НА МАЛЫХ КОРАБЛЯХ (КАТЕРАХ)

Предварительная подготовка. При выполнении предварительной прокладки подготавливаются и заносятся в таблицы предварительных расчетов данные, необходимые для контроля путесчисления на походе: траверзные расстояния до мысов и островов, контрольные, поворотные и опасные пеленги, створы, глубины. Основные сведения о навигационных ориентирах (направления створов, характеристики огней маяков, освещаемых знаков и буйев), опасных пеленгах и расстояниях командир корабля и его помощник, как правило, должны знать на память.

Путесчисление на походе. Если навигационную прокладку вести невозможно, корабль (катер) должен следовать строго по предварительной прокладке. Перед каждым поворотом, на новом

курсе после поворота, на траверзах маяков, мысов и островов, при подходе к берегу и узкостям место корабля контролируется измерением контрольных расстояний, пеленгов, глубин. Если необходимо отступить от предварительной прокладки, следует застопорить ход и выполнить предварительную прокладку заново в соответствии с изменившейся обстановкой.

При любом сомнении в правильности места корабля, поправок компаса и лага, при невозможности контроля путесчисления вследствие ухудшения видимости или выхода из строя радиолокационной станции, при непредвиденном изменении обстановки нужно застопорить ход и определить свое место, а если это невозможно, уменьшить ход, измерить глубины и принять другие меры предосторожности.

Глава 20

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАНЕВРИРОВАНИЯ

§ 20.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Маневрирующий корабль (маневрирующий) — свой корабль (соединение кораблей), выполняющий маневр для изменения положения относительно другого корабля (соединения) с целью использования по нему оружия или решения других тактических задач.

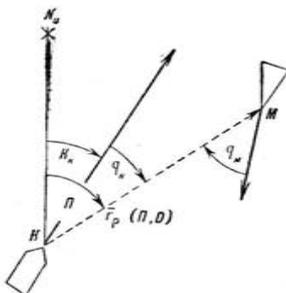


Рис. 20.1

Объект маневра — корабль (соединение кораблей), относительно которого совершается маневр. Если объект маневра — корабль (соединение) противника, его называют противником (целью). Если объект маневра — свой корабль, относительно которого осуществляется равнение в строю или ордер, он именуется уравнителем.

Относительная позиция (позиция) — положение маневрирующего корабля относительно объекта маневра. Элементы позиции маневрирующего корабля (рис. 20.1) — величины, характеризующие направление и

длину радиуса-вектора относительной позиции r_r , начало которого — объект маневра K , а конец — маневрирующий корабль M ; истинный пеленг P с корабля K на корабль M или курсовой угол q_K корабля K и расстояние D от корабля K до корабля M .

Переход от одного способа указания элементов позиции маневрирующего корабля к другому:

$$P = K_K + q_K; \quad (20.1)$$

$$q_K = P - K_K. \quad (20.2)$$

где K_K — истинный курс корабля K .

При пользовании этими формулами курсовые углы правого борта считаются положительными, левого борта — отрицательными.

§ 20.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МАНЕВРИРОВАНИЯ

Основные элементы маневрирования: *ОВИР* (общая величина изменения расстояния) — скорость изменения расстояния между кораблями по времени; *ВИР* (величина изменения пеленга) — скорость изменения пеленга; *ОБП* (общее боковое перемещение) — скорость относительного перемещения в направлении, перпендикулярном линии пеленга.

Формулы для расчета основных элементов маневрирования при двустороннем маневрировании:

$$ОВИР = ВИР_K + ВИР_M; \quad (20.3)$$

$$ОБП = БП_K + БП_M; \quad (20.4)$$

$$ВИР = \frac{57,3 ОБП}{D}. \quad (20.5)$$

Формулы для расчета *ВИР* и *БП*: если *ВИР* и *БП* выражаются в тех же единицах, что и скорости кораблей:

$$ВИР_K = -V_K \cos q_K; \quad ВИР_M = -V_M \cos q_M; \quad (20.6)$$

$$БП_K = V_K \sin q_K; \quad БП_M = V_M \sin q_M; \quad (20.7)$$

$$ОВИР = -V_p \cos q_p; \quad ОБП = V_p \sin q_p; \quad (20.8)$$

если *ВИР* и *БП* выражаются в *каб/мин*, а скорости кораблей — в *уз* или *ВИР* и *БП* в *км/мин*, а скорости кораблей в *км/ч*:

$$ВИР_K = -\frac{1}{6} V_K \cos q_K; \quad ВИР_M = -\frac{1}{6} V_M \cos q_M; \quad (20.9)$$

$$БП_K = \frac{1}{6} V_K \sin q_K; \quad БП_M = \frac{1}{6} V_M \sin q_M; \quad (20.10)$$

$$ОВИР = -\frac{1}{6} V_p \cos q_p; \quad ОБП = \frac{1}{6} V_p \sin q_p, \quad (20.11)$$

где V_p — относительная скорость;

q_p — относительный курсовой угол.

Для расчета *ВИР*, *БП* и *ВИП* служат табл. 33-а, 33-б, 33-в МТ-63.

Правила знаков:

— *ВИР* при курсовых углах корабля от 0 до 90° отрицателен (сближение), при курсовых углах от 90 до 180° положителен (удаление);

— *БП* при курсовых углах корабля правого борта положительен, при курсовых углах левого борта отрицателен;

— знак *ВИП* всегда одинаков со знаком *ОБП*.

Формулы для расчета расстояния D_t и пеленга P_t между кораблями по истечении промежутка времени t после начала маневра:

$$D_t = D_0 + ОВИР \cdot t; \quad (20.12)$$

$$P_t = P_0 + ВИП \cdot t; \quad (20.13)$$

с учетом членов второго порядка малости:

$$D_1 = D_0 + \text{ОВИР} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2 D}{dt^2} t^2; \quad (20.14)$$

$$P_1 = P_0 + \text{ВИП} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \frac{d^2 P}{dt^2} t^2. \quad (20.15)$$

Если оба корабля маневрируют прямолинейно с постоянными скоростями, то

$$\frac{d^2 D}{dt^2} = \frac{\text{ОВП}^2}{D}; \quad \frac{d^2 P}{dt^2} = - \frac{2 \text{ВИП} \cdot \text{ОВИР}}{D}. \quad (20.16)$$

Ошибки вычисления конечных пеленга и расстояния по приближенным формулам (20.12) и (20.13):

$$\Delta D_1 = (1 - \cos \theta) D_1; \quad (20.17)$$

$$\Delta P = \theta - \frac{57,3}{\text{ctg } \theta + \text{ctg } q_{\rho_0}}; \quad (20.18)$$

где θ — разность конечного и начального пеленгов, град;
 q_{ρ_0} — относительный курсовой угол в начале маневра, град.

Таблица 20.1

Относительная величина ошибки ΔD_1 , расстояния D_1 , вычисленного по **ОВИР**

θ , град	10	20	30	40	50
$\Delta D_1: D_1$, %	1,5	6,0	13,4	23,4	35,7

Таблица 20.2

Ошибка конечного пеленга P_1 в град между кораблями, вычисленного по **ВИП**

Абсолютная величина отношения ОВИР: ОБП	Приращение пеленга θ , град				
	10	20	30	40	50
	При ОВИР отрицательном				
3,0	4	10	18	26	35
2,0	3	8	15	22	30
1,0	2	5	9	14	19
0,5	1	3	4	6	7
0,2	1	1	0	2	5

Продолжение

Абсолютная величина отношения ОВИР: ОБП	Приращение пеленга θ , град				
	10	20	30	40	50
	При ОВИР положительном				
0,2	1	2	8	18	40
0,5	1	6	17	—	—
1,0	2	13	—	—	—
2,0	6	—	—	—	—

§ 20.3. МЕТОД ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Практическое применение метода относительного движения сводится к решению треугольников позиций и скоростей.

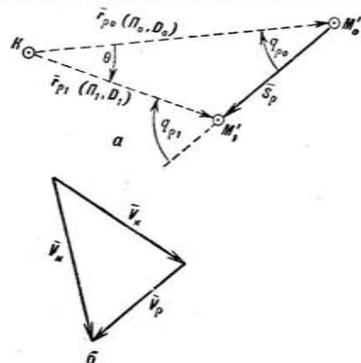


Рис. 20.2

Треугольник позиций (рис. 20.2, а) имеет своими вершинами точки:

- K — объект маневра;
- M'_0 — начальная относительная позиция маневрирующего корабля;
- M'_1 — конечная относительная позиция маневрирующего корабля.

Стороны треугольника позиций:

D_0 — начальное расстояние между кораблями, отложенное от точки K по начальному пеленгу Π_0 ;

D_1 — конечное расстояние между кораблями, отложенное от точки K по конечному пеленгу Π_1 ;

\vec{S}_p — вектор относительного перемещения (направлен от начальной M'_0 к конечной M'_1 относительной позиции корабля M).

Углы треугольника позиций:

q_{p0} — относительный курсовой угол в момент начала маневра;

q_{p1} — относительный курсовой угол в момент конца маневра;

θ — приращение пеленга за время маневра: $\theta = \Pi_1 - \Pi_0$.

Треугольник скоростей (рис. 20.2, б) имеет стороны:

\vec{V}_K — вектор скорости объекта маневра;

\vec{V}_M — вектор скорости маневрирующего корабля;

\vec{V}_p — вектор относительной скорости.

Его стороны связаны между собой векторным равенством

$$\vec{V}_M = \vec{V}_K + \vec{V}_p. \quad (20.19)$$

Помнить:

— вектор \vec{S}_p в треугольнике позиций и вектор \vec{V}_p в треугольнике скоростей всегда должны быть параллельны между собой и направлены в одну сторону;

— соотношение, служащее для вычисления времени маневра:

$$S_p = V_p t. \quad (20.20)$$

Маневренный планшет для решения задач маневрирования в относительном движении (рис. 20.3) имеет сетку концентрических окружностей, оцифрованных в десятках кабельтовых (гектометров), и радиальных линий, оцифрованных в градусах. При пользовании планшетом руководствоваться следующими основными правилами:

1. Построение треугольника позиций:

— место корабля K принимается в центре планшета (за исключением случаев определения элементов движения цели, когда за начало полярных координат принимается свой корабль);

— при нанесении относительных позиций маневрирующего корабля — начальной M'_0 и конечной M'_1 — соответствующие пеленги и расстояния откладываются от центра планшета, пользуясь оцифровкой радиальных линий и концентрических окружностей планшета;

— точки M'_0 и M'_1 обозначать кружками диаметром 5–6 мм;

— началом вектора \vec{S}_p является точка M'_0 , концом — точка M'_1 ;

— расстояние между двумя соседними концентрическими окружностями планшета удобнее принимать равным 10 каб или, если расстояния и скорости выражаются в метрических мерах, 10 гм (1 км).

2. Построение треугольника скоростей:

— за начало векторов \vec{V}_K и \vec{V}_M принимается центр планшета; их концы обозначаются стрелками;

— вектор \vec{V}_p направлен от конца вектора \vec{V}_K к концу вектора \vec{V}_M ;

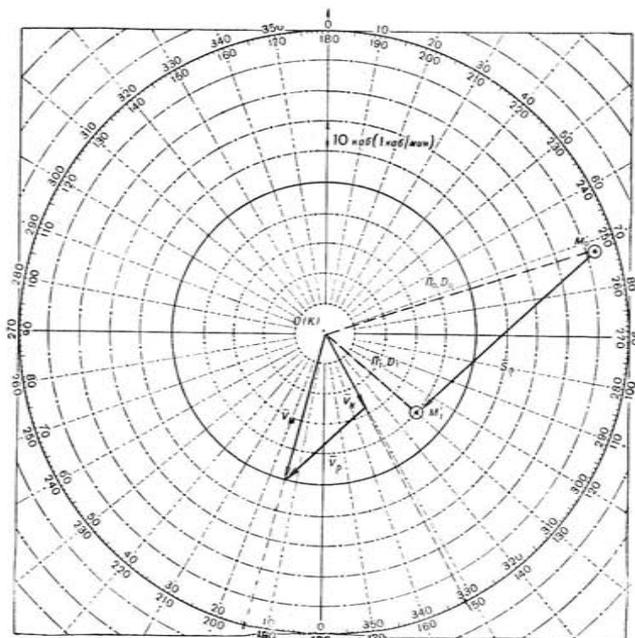


Рис. 20.3

— скорости удобнее выражать в каб/мин или гм/мин, помня, что

$$1 \text{ каб/мин} = 6 \text{ уз}; \quad 1 \text{ уз} = \frac{1}{6} \text{ каб/мин};$$

$$1 \text{ гм/мин} = 6 \text{ км/ч}; \quad 1 \text{ км/ч} = \frac{1}{6} \text{ гм/мин};$$

— масштаб при построении треугольника скоростей принимается таким, чтобы расстояние между двумя соседними концентрическими окружностями планшета соответствовало 1 каб/мин (1 гм/мин).

§ 20.4. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МАНЕВРИРОВАНИЯ В АБСОЛЮТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

Решение задач маневрирования в абсолютных перемещениях (рис. 20.4) сводится к нанесению на морскую карту или заменяющем ее планшете для ведения боевой прокладки начальных позиций участвующих в маневрировании кораблей, прокладке их курсов и абсолютных (определяемых относительно земной поверхности) перемещений. Если время маневра условиями задачи не задано, строятся треугольники перемещений и скоростей.

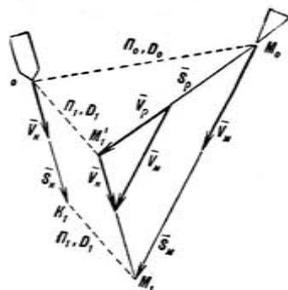


Рис. 20.4

Треугольник перемещений имеет своими вершинами точки:

M_0 — начальное место маневрирования корабля;

M_1 — конечная относительная позиция маневрирующего корабля (для ее построения конечные пеленг P_1 и расстояние D_1 прокладываются от начального места объекта маневра);

M_2 — место маневрирующего корабля в момент конца маневра.

Стороны треугольника перемещений:

\vec{S}_K — вектор абсолютного перемещения объекта маневра;

\vec{S}_M — вектор абсолютного перемещения маневрирующего корабля;

\vec{S}_p — вектор относительного перемещения.

Треугольник скоростей, сторонами которого являются векторы \vec{V}_K , \vec{V}_M и \vec{V}_p , обычно строится при точке M_1 .

Основные правила:

— вектор \vec{S}_M в треугольнике перемещений всегда должен быть параллелен вектору \vec{V}_M в треугольнике скоростей и направлен в ту же сторону;

— началом вектора \vec{S}_p в треугольнике перемещений является точка M_0 , концом — точка M_1 ;

— вектор \vec{V}_p в треугольнике скоростей должен быть параллелен вектору \vec{S}_p и направлен в ту же сторону;

— должны соблюдаться векторные равенства: $\vec{V}_p + \vec{V}_K = \vec{V}_M$;
 $\vec{S}_p + \vec{S}_K = \vec{S}_M$.

Планшеты для решения задач маневрирования в абсолютных перемещениях (планшеты для ведения боевой прокладки) имеют фиксированные масштабы (Ш-30 — 2 каб в 1 см, Ш-30а и Ш-31 — 1 каб в 1 см), сетку взаимно перпендикулярных прямых, служащих для прокладки курсов и пеленгов с помощью

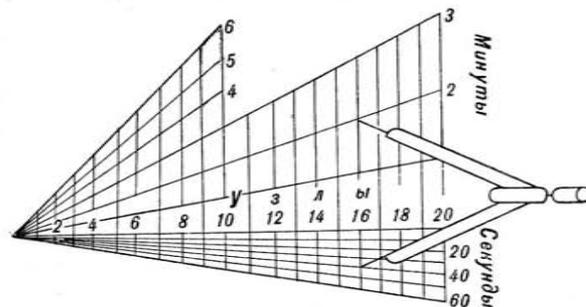


Рис. 20.5

транспортира и параллельной линейки, а на боковых рамках — шкалы расстояний, оцифрованные в кабельтовых.

Планшеты снабжены номограммами (рис. 20.5), позволяющими в масштабе планшета по скорости хода и времени найти пройденное кораблем расстояние. Пользование номограммами заключается в следующем.

1. Расчет пройденного расстояния по скорости хода и времени. Приложить ножки циркуля к вертикальной линии номограммы, соответствующей скорости хода корабля, так, чтобы острие одной ножки находилось на наклонной прямой минут, а другой ножки — на наклонной прямой секунд заданного промежутка времени. Тогда раствор циркуля в масштабе планшета укажет искомое пройденное расстояние.

2. Расчет скорости хода по расстоянию и времени. Установив раствор циркуля-измерителя, равный пройденному расстоянию, поставить одну его ножку на наклонную прямую номограммы, соответствующую числу минут заданного промежутка времени. Передвигать циркуль так, чтобы линия, соединяющая ножки циркуля, была все время вертикальна, до тех пор, пока вторая ножка не окажется на наклонной прямой секунд заданного промежутка времени. Заметить, какой скорости хода соответствует вертикальная прямая, на которой при этом окажутся ножки циркуля.

3. Решение пропорции: $S_1 : t_1 = x : t_2$. Выполнив действия, указанные в п. 2, найти вертикальную прямую для заданных величин S_1 и t_1 . Затем к той же вертикальной прямой приложить ножки циркуля так, чтобы одна находилась на наклонной прямой минут, а другая — на прямой секунд заданного промежутка времени t_2 . Раствор циркуля будет равен в масштабе планшета искомой величине x .

Глава 21

ПОИСК ПРОТИВНИКА В МОРЕ

§ 21.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Поиск — процесс обследования некоторого района моря или рубежа с задачей обнаружения противника.

Средняя (эффektivная) дальность обнаружения $D_{эф}$ — математическое ожидание дальности обнаружения цели средствами наблюдения производящего поиск корабля при данных конкретных условиях наблюдения.

Вероятность контакта P_k — вероятность того, что от цели, находящейся в зоне действия средств наблюдения поискового корабля, сигнал будет получен и правильно классифицирован. В приближенных расчетах вероятность контакта принимается равной 0,6—0,8.

Уклонение цели от поиска — событие, когда цель, первой обнаружившая поисковый корабль, изменяет свои курс и скорость так, чтобы разойтись с ним на расстоянии, превышающем дальность ее обнаружения средствами наблюдения поискового корабля.

§ 21.2. КОНТРОЛЬНЫЙ ПОИСК

Контрольный поиск — обследование заданного района для обнаружения цели или установления ее отсутствия в этом районе; может быть непрерывным или дискретным.

Непрерывный поиск осуществляется при постоянной скорости V_M поисковых кораблей, которая выбирается так, чтобы площадь W , обследуемая одним кораблем в единицу времени, была максимальной:

$$W = 2D_{эф}V_M = \max. \quad (21.1)$$

Расчет вероятности обнаружения цели:

1. Вычислить вероятность $P_{неукл}$ того, что цель, обнаружившая поисковые корабли, не сможет уклониться от поиска.

При поиске одиночным кораблем

$$P_{неукл} = \frac{D_M \sec Q - D_{укл} \operatorname{tg} Q}{D_M}. \quad (21.2)$$

При поиске группой кораблей

$$P_{неукл} = P_{нев} P_{нпр}, \quad (21.3)$$

где $P_{нев}$ — вероятность того, что цель не сможет выйти из полосы поиска:

$$P_{нев} = \frac{0,5(N_M - 1)d + D_M \sec Q - D_{укл} \operatorname{tg} Q}{0,5(N_M - 1)d + D_M}; \quad (21.4)$$

$P_{нпр}$ — вероятность того, что цель не сможет прорваться необнаруженной через линию строя поисковых кораблей:

$$P_{нпр} = 1 - \frac{1}{4} \left[1 + \Phi \left(\frac{0,5d - D_M}{m_D} \right) \right]^2; \quad (21.5)$$

N_M — число поисковых кораблей в строю;

d — расстояние между поисковыми кораблями;

D_M — средняя дальность обнаружения цели поисковым кораблем;

$D_{укл}$ — расстояние, на котором цель, первой обнаружившая поисковый корабль, начинает маневр уклонения от поиска (его можно считать несколько меньшим средней дальности обнаружения поискового корабля целью);

Q — критический курсовой угол;

Φ — функция Лапласа (интеграл вероятности); при отрицательном аргументе ее следует принимать отрицательной;

m_D — средняя квадратическая величина возможных отклонений дальности обнаружения цели поисковым кораблем от средней.

2. Рассчитать потенциал обнаружения u :

если $D_M < D_{Ц}$, то

$$u = [(N_M - 1)d + 2D_{Ц}] V_{\rho_0} P_{неукл} P_k; \quad (21.6)$$

если $D_M > D_{Ц}$, то

$$u = [(N_M - 1)d + 2D_M] V_{\rho_0} P_k, \quad (21.7)$$

где $D_{Ц}$ — средняя дальность обнаружения поискового корабля целью;

V_{ρ_0} — средняя относительная скорость:

$$V_{\rho_0} = k_V (V_M + V_{Ц}); \quad (21.8)$$

k_V — коэффициент, выбираемый из табл. 21.1.

Таблица 21.1

Коэффициент k_V для расчета средней относительной скорости

$\frac{V_M}{V_{Ц}}$ или $\frac{V_{Ц}}{V_M}$	k_V	$\frac{V_M}{V_{Ц}}$ или $\frac{V_{Ц}}{V_M}$	k_V
0,00	1,00	0,60	0,68
0,10	0,91	0,70	0,66
0,20	0,84	0,80	0,65
0,30	0,79	0,90	0,64
0,40	0,74	1,00	0,64
0,50	0,71		

3. Определить время поиска $t_{п}$. Если цель не покидает района поиска, то $t_{п}$ равно времени, в течение которого производится поиск. Если цель пересекает район поиска, имеющий длину l и ширину b , то

$$t_{п} = \frac{\sqrt{l^2 + b^2}}{2V_{Ц}} \quad (21.9)$$

4. Рассчитать вероятность обнаружения цели $P_{об}$:

$$P_{обн} = 1 - e^{-\frac{ut_{п}}{S}} \quad (21.10)$$

где S — площадь района возможного нахождения цели (района поиска).

Дискретный поиск осуществляется чередованием обследования среды поисковым кораблем на стопе с перемещением в следующую позицию на высокой скорости $V_{Mпер}$. Расчет поиска:

1. Назначить расстояние S_i между двумя очередными позициями обследования и время обследования $t_{обс}$, затем рассчитать время перехода $t_{пер}$ из одной позиции в следующую и длительность цикла $t_{ц}$:

$$t_{пер} = \frac{S_i}{V_{Mпер}}; \quad (21.11)$$

$$t_{ц} = t_{пер} + t_{обс}. \quad (21.12)$$

2. Рассчитать потенциал поиска u :

$$u = \frac{(\pi D_M^2 + 2D_M V_{Ц} t_{обс})}{t_{ц}} P_{к} N_M, \quad (21.13)$$

где N_M — число участвующих в поиске кораблей.

3. По формуле (21.10) найти вероятность обнаружения цели $P_{обн}$.

§ 21.3. ПОИСК ПРОТИВНИКА ПО ВЫЗОВУ

Поиск по вызову — обследование района, в котором цель была обнаружена, но затем контакт с ней потерян. Время и место последнего обнаружения цели, по которым рассчитывается поиск, называются исходными.

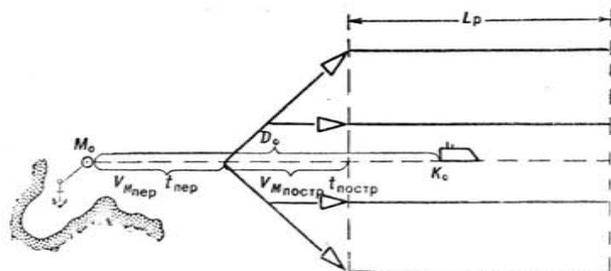


Рис. 21.1

Поиск на прямом галсе параллельными курсами (рис. 21.1) производится при первоначальном обследовании района обнаружения цели. Галс прокладывается так, чтобы середина строя поисковых кораблей прошла через исходное место обнаружения цели. Расчет поиска:

1. Рассчитать время перехода $t_{пер}$ в район поиска и время запаздывания $t_{зап}$:

$$t_{пер} = \frac{D_0 - f_{Ц} - V_{Ц} (t_{инф} + t_{постр}) - V_{Mпостр} t_{постр} - D_M}{V_{Mпер} + V_{Ц}}; \quad (21.14)$$

$$t_{зап} = t_{инф} + t_{постр} + t_{пер}, \quad (21.15)$$

где D_0 — начальное расстояние между местом обнаружения цели и поисковой группой;

$f_{Ц}$ — предельная ошибка в месте обнаружения цели;

$V_{Ц}$ — предполагаемая скорость цели;

$V_{Mпостр}$ — скорость уравнивателя поисковых кораблей при перестроении в поисковый строй;

$V_{Mпер}$ — скорость поисковых кораблей при переходе в точку построения в поисковый строй;

D_M — средняя дальность обнаружения цели поисковым кораблем;

$t_{\text{инф}}$ — время от исходного момента обнаружения цели до начала движения поисковых кораблей в район поиска;

$t_{\text{постр}}$ — время перестроения в поисковый строй.

2. Найти приведенное удаление $D_{\text{пр}}$ поисковых кораблей от исходного места обнаружения цели:

$$D_{\text{пр}} = D_0 - D_{\text{укл}} + V_M t_{\text{инф}} - (V_M \text{постр} - V_M) t_{\text{постр}} - (V_M \text{пер} - V_M) t_{\text{пер}}, \quad (21.16)$$

где $D_{\text{укл}}$ — расстояние, в котором цель, первой обнаружившая поисковые корабли, начинает маневр уклонения от поиска;

V_M — скорость поисковых кораблей при поиске.

3. Рассчитать ширину B_p подлежащего обследованию района поиска:

$$B_p = \frac{2D_{\text{пр}}}{\sqrt{m^2 - 1}} + 2f_{\text{Ц}}, \quad (21.17)$$

где $m = V_M : V_{\text{Ц}}$.

4. Вычислить продолжительность поиска $t_{\text{п}}$ (от момента завершения перестроения в поисковый строй до окончания поиска) и длину района поиска L_p :

$$t_{\text{п}} = \frac{D_0 + 2V_{\text{Ц}} t_{\text{зап}} + 2f_{\text{Ц}}}{V_M - V_{\text{Ц}}}; \quad (21.18)$$

$$L_p = V_M t_{\text{п}}. \quad (21.19)$$

5. Определить наряд поисковых кораблей $N_M \text{потр}$, при котором достоверна встреча с целью:

$$N_M \text{потр} = \frac{B_p + 2D_{\text{укл}} \operatorname{tg} Q - 2D_M \sec Q}{2D_M}. \quad (21.20)$$

6. Найти вероятность обнаружения цели $P_{\text{обн}}$. Если число N_M осуществляющих поиск кораблей равно или превышает рассчитанное по формуле (21.20), то она равна

$$P_{\text{обн}} = P_{\text{инр}} P_{\text{К}}, \quad (21.21)$$

где $P_{\text{инр}}$ — вероятность, вычисляемая по формуле (21.5).

Если $N_M < N_M \text{потр}$, то

$$P_{\text{обн}} = P_{\text{нев}} P_{\text{инр}} P_{\text{К}}; \quad (21.22)$$

$$P_{\text{нев}} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{360}, \quad (21.23)$$

где θ_2 — сектор курсов цели, следуя которыми при сближении она попадает в полосу шириной $2F_{\text{обс}}$, где уклонение от поиска невозможно;

θ_1 — сектор курсов цели, следуя которыми она попадает в полосу $2F_{\text{обс}}$ при удалении.

Величины θ_1 и θ_2 рассчитывают следующим образом:

— вычисляется величина $2F_{\text{обс}}$:

$$2F_{\text{обс}} = (N_M - 1) d + 2D_M \sec Q - 2D_{\text{укл}} \operatorname{tg} Q; \quad (21.24)$$

— рассчитывается вспомогательный угол:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{F_{\text{обс}}}{D_{\text{пр}} + f_{\text{Ц}}}; \quad (21.25)$$

— на планшете (рис. 21.2) из центра откладывается вектор V_M скорости поисковых кораблей, из его конца проводятся вспомогательные прямые, составляющие с вектором V_M угол α , и отмечаются точки B, B', C, C' их пересечения с окружностью скорости цели $V_{\text{Ц}}$; снимаются величины секторов $\theta_1 = \angle COB$ и $\theta_2 = \angle C'OB'$.

Поиск с ускоренным построением на переходе (рис. 21.3) применяется в случаях, когда стандартные способы перестроения

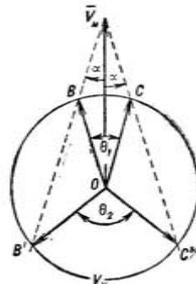


Рис. 21.2

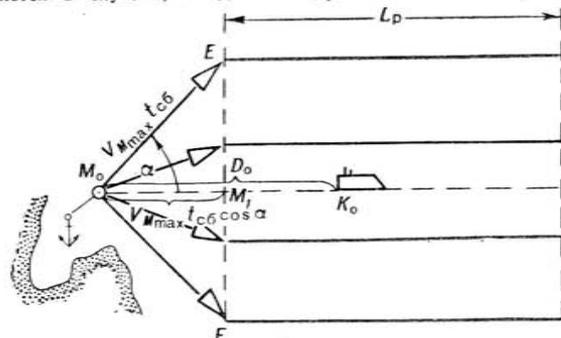


Рис. 21.3

не обеспечивают своевременного развертывания поисковых кораблей в поисковый строй. При его выполнении построение в поисковый строй начинается сразу с получения информации о цели. Расчет поиска:

1. Назначить пеленг развертывания L_0 , равный пеленгу из

точки M_0 начала развертывания поисковых кораблей на точку K_0 первоначального обнаружения цели.

2. Вычислить вспомогательные величины R , A , B , C :

$$R = f_{Ц} + V_{Ц} t_{инф}; \quad (21.26)$$

$$A = D_0 - R; \quad (21.27)$$

$$B = R \operatorname{tg} \theta; \quad (21.28)$$

$$C = m' D_0 \operatorname{tg} \theta; \quad (21.29)$$

$$Q = \arcsin \frac{V_{Ц}}{V_M}; \quad (21.30)$$

$$m' = V_{Ц} : V_M \max; \quad (21.31)$$

$$\theta = 45^\circ + \frac{Q}{2}, \quad (21.32)$$

где V_M — поисковая скорость;

$V_M \max$ — скорость хода при построении в поисковый строй.

3. Рассчитать вспомогательный угол α :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{A - \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{C - B}. \quad (21.33)$$

4. Найти время сближения (перехода) $t_{сб}$:

$$t_{сб} = \frac{D_0 - R}{V_M \max \cos \alpha + V_{Ц}}. \quad (21.34)$$

5. Вычислить ширину района поиска B_p :

$$B_p = 2 (V_M \max t_{сб} \sin \alpha + D_M). \quad (21.35)$$

6. Вычислить величину $V_M \max t_{сб} \cos \alpha$ и отложить ее по линии пеленга развертывания от точки M_0 . Через полученную точку M_1 перпендикулярно прямой $M_0 K_0$ провести линию конца развертывания. По ней от точки M_1 отложить в обе стороны отрезки, равные $V_M \max t_{сб} \sin \alpha$. Отрезок EF разделить на $(N_M - 1)$ равных частей и нанести точки конца развертывания всех поисковых кораблей. Рассчитать их курсы и скорости при развертывании.

7. Рассчитать время поиска t_n и длину района поиска L_p :

$$t_n = \frac{2 (V_{Ц} t_{сб} + R)}{V_M - V_{Ц}}; \quad (21.36)$$

$$L_p = V_M t_n. \quad (21.37)$$

Поиск по спирали производится в случаях, когда при первоначальном обследовании района цель не была обнаружена, а также при потере контакта с уже обнаруженной целью. Расчеты генеральных курсов (точек поворота середины строя) выполняют следующими способами:

1-й способ (рис. 21.4):

— вычислить длину радиуса-вектора ρ_0 начальной точки C_0 поиска (условные обозначения те же, что и в описании предыдущего способа):

$$\rho_0 = R + \frac{V_{Ц} (D_0 - R)}{V_M \max + V_{Ц}}; \quad (21.38)$$

отложив ρ_0 от точки C_0 , нанести точку C_1 начала поиска;

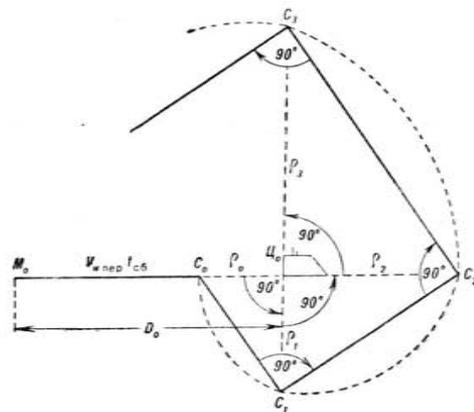


Рис. 21.4

— вычислить длину радиуса-вектора ρ_1 спирали, соответствующую его повороту на 90° :

$$\rho_1 = \rho_0 e^{\frac{\pi}{2} \operatorname{tg} Q}; \quad (21.39)$$

отложив ρ_1 от точки C_0 в направлении, перпендикулярном радиусу-вектору точки C_0 , нанести точку C_1 поворота на следующий галс и т. д.

2-й способ (рис. 21.5):

— по формуле (21.38) рассчитать радиус-вектор ρ_0 начальной точки поиска и нанести ее на карту;

— задавшись промежуток времени τ между очередными изменениями генерального курса поисковых кораблей, из точки C_0 как из центра описать окружности радиусами $\rho_0 + V_{Ц}\tau$; $\rho_0 + 2V_{Ц}\tau$; $\rho_0 + 3V_{Ц}\tau$; ...;

— раствором циркуля, равным $V_M \tau$, сделать засечки на первой окружности из точки C_0 , на второй окружности из точки C_1 и т. д.; точки C_0, C_1, \dots соединить прямыми линиями.

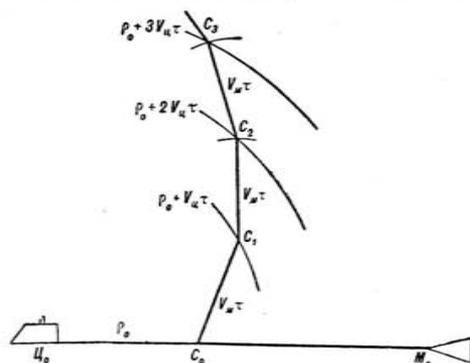


Рис. 21.5

§ 21.4. ПОИСК НА РУБЕЖЕ (ЛИНИИ)

Поиск на рубеже (линии) — систематическое обследование, которое ведется вдоль заданной линии с задачей не пропустить незамеченной цель, пытающуюся пересечь эту линию. Может осуществляться взаимобратными галсами или перекрестными галсами («восьмеркой»). Корабли выполняют повороты на очередные галсы одновременно, т. е. синхронно движутся по своим участкам наблюдения.

Поиск взаимобратными галсами (рис. 21.6). 1. Найти вспомогательный угол α :

$$\operatorname{tg} \alpha = V_{Ц} : V_M. \quad (21.40)$$

2. Рассчитать оптимальную длину участка линии поиска $l_{\text{уч. опт}}$ контролируемого одним кораблем:

$$l_{\text{уч. опт}} = \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha}\right) D_M. \quad (21.41)$$

3. Вычислить оптимальную длину галса $l_{\Gamma, \text{ опт}}$:

$$l_{\Gamma, \text{ опт}} = \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \sin \alpha\right) D_M. \quad (21.42)$$

4. Найти минимальное число поисковых кораблей $N_{M \text{ опт}}$, необходимых для оптимального поиска:

$$N_{M \text{ опт}} = \frac{L}{l_{\text{уч. опт}}}. \quad (21.43)$$

где L — длина рубежа наблюдения.

5. Если имеющихся поисковых кораблей для оптимального поиска недостаточно, то

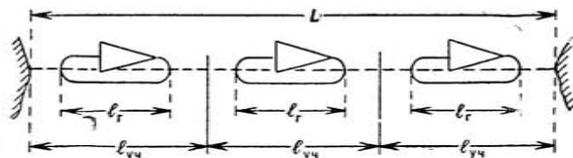


Рис. 21.6

длина участка наблюдения

$$l_{\text{уч}} = \frac{L}{N_M}; \quad (21.44)$$

длина галса

$$l_{\Gamma} = l_{\text{уч}} - (1 + \sin \alpha) D_M. \quad (21.45)$$

6. Рассчитать вероятность обнаружения $P_{\text{обн}}$ цели, пересекающей линию поиска. При оптимальном поиске она равна вероятности контакта. В остальных случаях она оценивается:

если $D_M > D_{\text{укл}}$, т. е. цель не имеет возможности уклоняться от поиска:

$$P_{\text{обн}} = \frac{2D_M P_{\text{к}}}{l_{\text{уч}}} \sqrt{1 + m^2} - \frac{m D_M^2 P_{\text{к}}}{l_{\Gamma} l_{\text{уч}}} \left(m + \operatorname{arctg} \frac{1}{m} - \frac{\pi}{2}\right), \quad (21.46)$$

где $P_{\text{к}}$ — вероятность контакта;

$$m = V_M : V_{Ц};$$

если $D_M < D_{\text{укл}}$, т. е. цель имеет возможность уклоняться от поиска:

$$P_{\text{обн}} = 1 - \frac{1}{4} \left[1 + \Phi \left(\frac{0,5 l_{\text{уч}} - D_M}{m D}\right)\right]^2, \quad (21.47)$$

где Φ — функция Лапласа (интеграл вероятности); в этой формуле функцию Лапласа от отрицательного аргумента следует считать отрицательной;

m_D — средняя квадратическая величина возможных отклонений дальности обнаружения цели поисковым кораблем от средней.

Поиск перекрестными галсами («восьмеркой») (рис. 21.7).

1. Рассчитать угол между направлениями перекрестных галсов и линией поиска (он равен критическому курсовому углу Q).

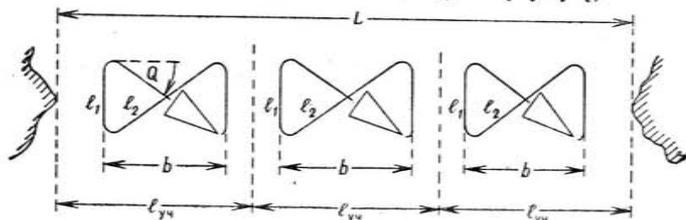


Рис. 21.7

2. Вычислить оптимальную длину короткого галса $l_{1 \text{ опт}}$:

$$l_{1 \text{ опт}} = \frac{2m}{1+m} D_M. \quad (21.48)$$

3. Рассчитать оптимальную длину перекрестного галса:

$$l_{2 \text{ опт}} = \frac{l_{1 \text{ опт}}}{\sin Q}. \quad (21.49)$$

4. Вычислить проекцию b перекрестного галса на направление линии поиска:

$$b = l_{2 \text{ опт}} \cos Q \quad (21.50)$$

и длину участка наблюдения $l_{\text{уч. опт}}$ контролируемого одним кораблем:

$$l_{\text{уч. опт}} = b + D_M. \quad (21.51)$$

5. Определить число кораблей $N_{M \text{ опт}}$, необходимых для оптимального поиска:

$$N_{M \text{ опт}} = \frac{L}{l_{\text{уч. опт}}}. \quad (21.52)$$

6. Если имеющихся кораблей для оптимального поиска недостаточно, то каждому кораблю назначить участок наблюдения, равный

$$l_{\text{уч}} = \frac{L}{N_M}. \quad (21.53)$$

Если $b + 2D_M > l_{\text{уч}}$, то длины галсов назначаются равными величинам $l_{1 \text{ опт}}$ и $l_{2 \text{ опт}}$, рассчитанным по формулам (21.48) и (21.49).

Если $b + 2D_M < l_{\text{уч}}$, то вычисляется поправочный коэффициент k :

$$k = \frac{l_{\text{уч}} - 2D_M}{b}, \quad (21.54)$$

а длины галсов равны: $l_1 = kl_{1 \text{ опт}}$; $l_2 = kl_{2 \text{ опт}}$.

7. Вероятность обнаружения цели, пересекающей линию поиска, при оптимальном поиске равна вероятности контакта; в противном случае она оценивается по формуле (21.46).

Глава 22

СБЛИЖЕНИЕ С ОБЪЕКТОМ МАНЕВРА

§ 22.1. СБЛИЖЕНИЕ ВПЛОТНУЮ

Содержание задачи: найти такой курс K_M маневрирующего корабля M , чтобы в некоторый момент времени он и объект маневра K оказались в одной точке (сблизились вплот-

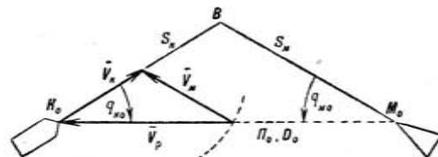


Рис. 22.1

ную); рассчитать время маневра. Скорость маневрирующего, курс и скорость объекта маневра заданы. Задача решается при использовании различных видов оружия (расчет угла упреждения), а также как промежуточный этап при решении других задач маневрирования.

Основные закономерности:

- постоянство пеленга на объект маневра ($ОБП = 0$);
- $ОВИР = \text{const}$;
- при $V_M > V_K$ задача имеет одно решение;
- при $V_M < V_K$ и $q_{K_0} < Q$, где Q — критический курсовой угол, задача имеет два решения (обычно выбирается то, при котором время маневра меньше);
- при $V_M < V_K$ и $q_{K_0} > Q$ сближение с объектом маневра вплотную невозможно.

Графическое решение на карте (рис. 22.1). 1. Нанести началь-

ные места объекта маневра K_0 и маневрирующего M_0 и соединить их прямой линией.

2. Из точки K_0 отложить вектор скорости объекта маневра \vec{V}_K .

3. Из его конца раствором циркуля, равным скорости маневрирующего корабля V_M , сделать засечку на линии относительного перемещения (прямой M_0K_0) — найти направление вектора скорости маневрирующего \vec{V}_M .

4. Параллельно вектору \vec{V}_M из точки M_0 провести линию курса маневрирующего корабля; в точке B ее пересечения с ли-

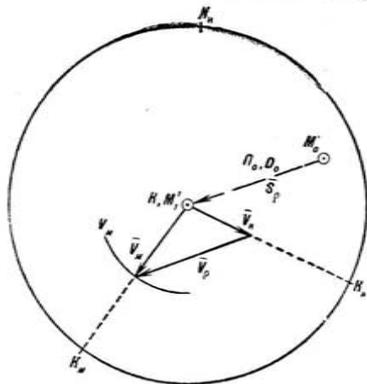


Рис. 22.2

ней курса цели найти место, где маневрирующий вплотную сблизится с объектом маневра.

5. Снять с карты величины абсолютных перемещений корабля M и корабля K ($S_M = M_0B$; $S_K = K_0B$) и рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.2).

1. По курсу объекта маневра K_K отметить конец вектора его скорости \vec{V}_K .

2. По пеленгу Π_0 и расстоянию D_0 , отложив их от центра планшета, нанести начальную относительную позицию маневрирующего корабля M_0 .

3. Найти вектор \vec{S}_ρ ; его начало совпадает с точкой M_0 , конец — с центром планшета.

4. Из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K параллельно ветру \vec{S}_ρ и в том же направлении провести прямую до

пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля. — найти конец вектора \vec{V}_M .

5. Снять с планшета курс маневрирующего корабля K_M (направление вектора V_M).

6. Измерить длину вектора относительной скорости V_ρ ; найти время маневра: $t = S_\rho : V_\rho = D_0 : V_\rho$.

Аналитическое решение. 1. Рассчитать на логарифмической линейке с перевернутым движком (рис. 22.3) или выбрать из

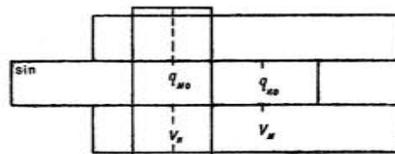


Рис. 22.3

табл. 22.1 курсовой угол q_{M_0} маневрирующего корабля, на который следует привести объект маневра для сближения с ним вплотную:

$$\sin q_{M_0} = \frac{V_K}{V_M} \sin q_{K_0} \quad (22.1)$$

Таблица 22.1

Курсовые углы q_{M_0} в град маневрирующего корабля для сближения с объектом маневра вплотную

Курсовой угол объекта маневра, град	Отношение скоростей $V_K : V_M$									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	170									
20	160	2	4	6	8	10	12	14	16	20
30	150	4	8	12	16	20	24	29	33	48
40	140	6	11	17	23	30	37	44	53	90
50	130	7	15	23	31	40	50	64	—	—
60	120	9	18	27	38	50	67	—	—	—
70	110	10	20	31	44	60	—	—	—	—
80	100	11	22	34	49	70	—	—	—	—
90	90	11	23	36	52	80	—	—	—	—
		11	23	37	53	90	—	—	—	—

2. Привести объект маневра на курсовой угол q_{M_0} (борт всегда противоположен борту цели), или, что то же самое, лечь на курс, рассчитанный по формуле:

$$K_M = \Pi_{MK_0} - q_{M_0} \quad (22.2)$$

(курсовой угол q_{M_0} правого борта считается положительным, левого — отрицательным).

3. Выбрать из таблицы основных элементов маневрирования $ВИР_K$ и $ВИР_M$, рассчитать $ОВИР$ и время маневра:

$$t = D_0 : ОВИР.$$

Приближенное решение (применяется, когда курс и скорость объекта маневра неизвестны или отсутствует время для точного решения):

— последовательными приближениями подобрать такие курс и скорость своего корабля, чтобы пеленг на объект маневра не менялся;

— следовать этими курсом и скоростью до тех пор, пока расстояние до цели не уменьшится до заданной величины.

Решение частных задач сближения вплотную (при $q_{K_0} = 0$ или $q_{K_0} = 180^\circ$):

— курс маневрирующего равен пеленгу на цель;

— время маневра рассчитывается по формулам:

$$\text{при } q_{K_0} = 0$$

$$t = \frac{D_0}{V_M + V_K}; \quad (22.3)$$

$$\text{при } q_{K_0} = 180^\circ$$

$$t = \frac{D_0}{V_M - V_K}. \quad (22.4)$$

Возможность сближения вплотную. При $V_M < V_K$ сближение с целью вплотную возможно, если

$$q_{K_0} < Q, \quad (22.5)$$

где Q — критический курсовой угол.

Критический курсовой угол Q — наибольшее значение курсового угла объекта маневра, находясь на котором маневрирующий корабль, имеющий меньшую скорость, может сближаться с ним вплотную:

$$\sin Q = V_M : V_K. \quad (22.6)$$

Построение и вычисление Q . На карте: из начального места K_0 объекта маневра провести касательные к окружности, описанной из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K как из центра радиусом V_M .

На маневренном планшете: из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K провести касательные к окружности планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля; из центра планшета провести параллельные им прямые линии — они будут сторонами критического курсового угла.

На логарифмической линейке (рис. 22.4) вычисление производится с перевернутым движком: концевой штрих движка совместить со скоростью объекта маневра на шкале основания, визирную нить бегунка — со скоростью маневрирующего; на шкале «sin» под визирной нитью прочесть значение критического курсового угла.

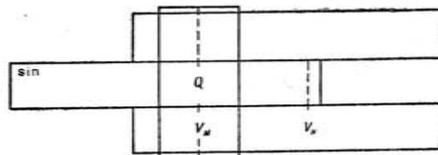


Рис. 22.4

Из табл. 22.2 критический курсовой угол выбирается по отношению скоростей $V_M : V_K$.

Таблица 22.2

$V_M : V_K$ или $D_3 : D_0$	Критический курсовой угол Q и величина ΔQ для расчета предельного курсового угла									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Q или ΔQ , град	6	12	17,5	23,5	30	36,5	44,5	53	62	90

§ 22.2. СБЛИЖЕНИЕ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ В КРАТЧАЙШИЙ СРОК

Сближение с целью на заданное расстояние D_3 возможно:

— курсом сближения вплотную, если $q_K < Q$;

— в кратчайший срок или курсом сближения на кратчайшее расстояние, если $q_{K_0} < Q_{пр}$, где $Q_{пр}$ — предельный курсовой угол.

Предельный курсовой угол $Q_{пр}$ — наибольшее значение курсового угла цели, находясь на котором маневрирующий при данном соотношении скоростей еще может сближаться с ней на заданное расстояние:

$$Q_{пр} = Q + \Delta Q. \quad (22.7)$$

Величина критического курсового угла Q выбирается из табл. 22.2 по отношению скоростей $V_M : V_K$. Величина поправки

критического курсового угла ΔQ выбирается из той же таблицы по отношению заданного и начального расстояний $D_3 : D_0$:

$$\sin \Delta Q = D_3 : D_0. \quad (22.8)$$

Содержание задачи: в кратчайший срок сблизиться с объектом маневра на заданное расстояние D_3 . Скорость маневрирующего, курс и скорость объекта маневра заданы; искомые — курс маневрирующего и время маневра. Задача решается при сближении с противником для применения оружия, если возможность стрельбы и вероятность попадания зависят только от дальности до цели (пеленг и курсовой угол цели безразличны).

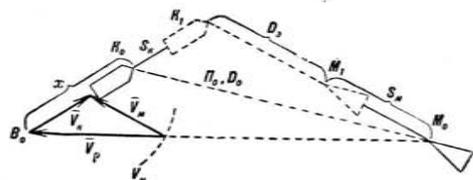


Рис. 22.5

Основные закономерности:

- в момент окончания маневра объект маневра должен находиться у маневрирующего прямо по носу: $q_{M_1} = 0$;
- курс для выполнения маневра совпадает с курсом сближения вплотную со вспомогательной точкой B , движущейся на расстоянии $x = (V_K : V_M) D_3$ позади объекта маневра теми же курсом и скоростью, что и объект маневра.

Графическое решение на карте (рис. 22.5). 1. Рассчитать величину $x = (V_K : V_M) D_3$ и, отложив ее от начального места объекта маневра в направлении, обратном курсу объекта маневра, нанести начальное место B_0 вспомогательной точки B .

2. Найти курс для сближения с точкой B вплотную:

- отложить от точки B_0 вектор скорости объекта маневра $\overline{V_K}$;
- из его конца на линии относительного перемещения (на прямой $M_0 B_0$) сделать засечку раствором циркуля, равным скорости маневрирующего корабля V_M .

3. Из точки M_0 параллельно найденному направлению вектора $\overline{V_M}$ провести линию курса маневрирующего корабля.

4. В точке ее пересечения с линией курса цели пометить место объекта маневра K_1 в момент окончания маневра.

5. На линии курса маневрирующего корабля на расстоянии D_3 от точки K_1 нанести место маневрирующего M_1 в момент окончания маневра.

6. Снять с карты величины абсолютных перемещений корабля M и корабля K ($S_M = M_0 M_1$; $S_K = K_0 K_1$) и рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.6). 1. Рассчитать величину $x = (V_K : V_M) D_3$ и, отложив ее от центра планшета в направлении, обратном курсу объекта маневра, нанести относительную позицию вспомогательной точки B (точку B'_0).

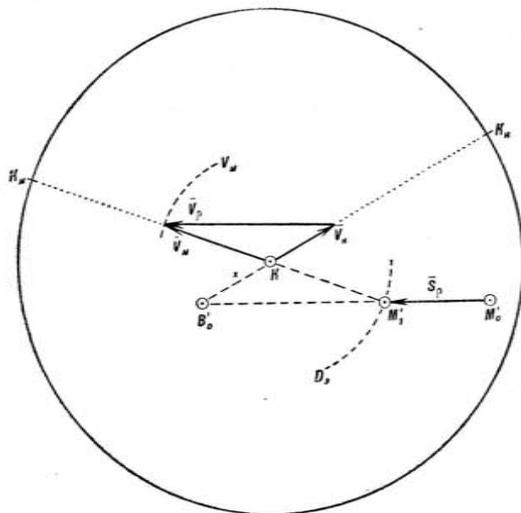


Рис. 22.6

2. Соединив начальную относительную позицию маневрирующего корабля M'_0 со вспомогательной точкой B'_0 прямой линией, найти направление вектора относительного перемещения; в точке ее пересечения с окружностью планшета, соответствующей заданному расстоянию D_3 , пометить относительную позицию маневрирующего корабля в момент окончания маневра M'_1 (при $V_M < V_K$ задача имеет два решения; из двух точек пересечения прямой $M'_0 B'_0$ с окружностью D_3 выбирается та, которая соответствует меньшей величине S_p , т. е. находится ближе к точке M'_0).

3. Найти вектор \vec{S}_p (его начало — в точке M'_0 , конец — в точке M'_1).

4. Из конца вектора скорости объекта маневра провести прямую, параллельную вектору \vec{S}_p , до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля (при $V_M < V_K$ из двух точек пересечения выбирается та, которая соответствует большей величине \vec{V}_p), найти конец вектора \vec{V}_M и снять с планшета его направление (курс маневрирующего корабля). Точка M'_1 , центр планшета и конец вектора \vec{V}_M должны находиться на одной прямой линии.

5. Измерить длину вектора относительного перемещения \vec{S}_p и вектора относительной скорости \vec{V}_p .

6. Найти время маневра: $t = S_p : V_p$.

Слежение за объектом маневра. Содержание задачи: маневрирующему кораблю, имеющему меньшую скорость, чем объект маневра, лечь на такой курс, чтобы расстояние до объекта маневра в течение наибольшего возможного промежутка времени было меньше заданной величины D_3 . Задача решается при ведении разведки.

Основные закономерности и способы решения задачи на карте и планшете те же, что для сближения на заданное расстояние в кратчайший срок, но из двух возможных решений выбирается соответствующее большему времени маневра.

§ 22.3. СБЛИЖЕНИЕ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ КУРСОМ СБЛИЖЕНИЯ ВПЛОТНУЮ

Содержание задачи: сблизиться с объектом маневра на заданное расстояние D_3 так, чтобы пеленг за время маневра не изменился. Задача решается при сближении с противником для применения оружия, если в начальный момент пеленг (курсовой угол цели) равен заданному и необходимо лишь сократить расстояние до цели.

Основные закономерности те же, что при сближении вплотную.

Графическое решение на карте (рис. 22.7). 1. На линии начального пеленга K_0M_0 на заданном расстоянии D_3 от начального места объекта маневра K_0 нанести относительную позицию маневрирующего корабля M'_1 .

2. Решить задачу сближения с точкой M'_1 вплотную:

— отложить от нее вектор скорости цели \vec{V}_K ;

— из его конца раствором циркуля, равным скорости маневрирующего корабля, сделать засечку на линии начального пеленга;

— из точки M_0 параллельно найденному направлению вектора \vec{V}_M провести линию курса маневрирующего корабля;

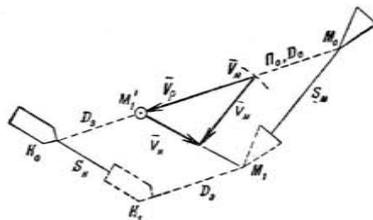


Рис. 22.7

— в точке ее пересечения с прямой, проведенной из точки M'_1 параллельно линии курса объекта маневра, найти место маневрирующего M_1 в момент конца маневра.

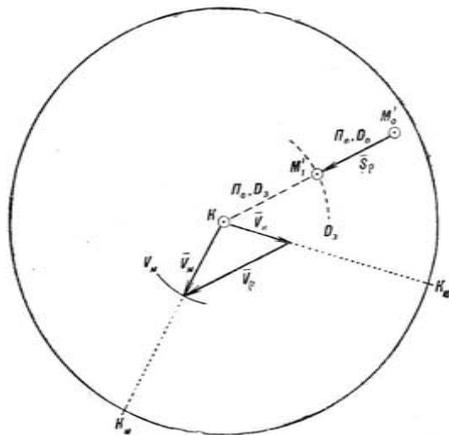


Рис. 22.8

3. Проведя из точки M_1 прямую, параллельную линии начального пеленга, до пересечения с линией курса объекта маневра, найти его место K_1 в момент конца маневра.

4. Найти время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.8). 1. Нанести относительные позиции маневрирующего корабля;

начальную M_0' и на том же пеленге от центра планшета на расстоянии D_3 — заданную M_1' .

2. Найти вектор относительного перемещения ($S_p = M_0'M_1'$).

3. Проведя из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_{Kp} прямую, параллельную вектору \vec{S}_p , до пересечения с окружностью, соответствующей скорости маневрирующего, найти вектор скорости маневрирующего корабля \vec{V}_M .

4. Снять с планшета курс маневрирующего корабля и изменить величину относительной скорости V_p .

5. Рассчитать время маневра: $t = S_p : V_p = (D_0 - D_3) : V_p$.

§ 22.4. СБЛИЖЕНИЕ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ В ЗАДАННЫЙ СРОК

Содержание задачи: маневрирующему кораблю надлежит в заданный момент времени T_1 находиться на заданном

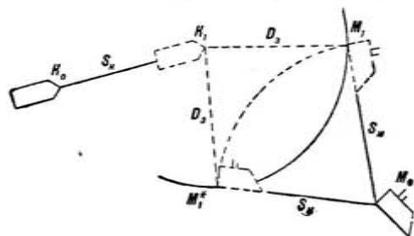


Рис. 22.9

расстоянии D_3 от объекта маневра. Скорость маневрирующего корабля дана. Рассчитать курс маневрирующего и пеленг в момент конца маневра. Задача решается при сближении с противником для применения оружия, если позиция залпа ограничена только дальностью стрельбы (пеленг безразличен), но задан момент окончания маневра.

Графическое решение на карте (рис. 22.9). 1. Нанести начальное место объекта маневра K_0 . Проложив от него перемещение объекта маневра в течение заданного времени t_3 , нанести его место K_1 в момент окончания маневра.

2. Из точки K_1 как из центра провести окружность радиусом D_3 .

3. Рассчитав расстояние S_M , которое пройдет маневрирующий в течение заданного времени маневра ($S_M = V_M t_3$), из точки M_0 как из центра провести этим радиусом окружность.

4. В точке M_1 или M_1' ее пересечения с проведенной ранее окружностью будет место корабля в момент окончания маневра (из двух решений выбирается более удобное по тактическим соображениям).

§ 22.5. СБЛИЖЕНИЕ НА КРАТЧАЙШЕЕ (МИНИМАЛЬНОЕ) РАССТОЯНИЕ

Содержание задачи: сближаться с объектом маневра на возможное наименьшее расстояние при данных начальной позиции маневрирующего и соотношении скоростей. Задача решается

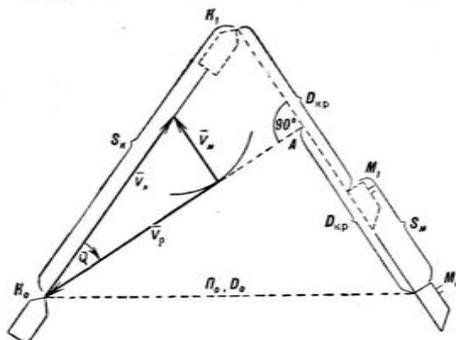


Рис. 22.10

в случаях, когда скорость объекта маневра больше скорости маневрирующего и надо как можно ближе подойти к объекту маневра, например при выполнении задач разведки, атаке, для определения элементов движения цели.

Основные закономерности:

— минимальное расстояние D_{kp} , на которое возможно сближение при данных начальной позиции маневрирующего и соотношении скоростей, определяется по формуле

$$D_{kp} = D_0 \sin(qK_0 - Q); \quad (22.9)$$

— вектор скорости маневрирующего корабля при выполнении маневра должен быть перпендикулярен стороне критического курсового угла Q ;

— в момент конца маневра объект маневра должен находиться у маневрирующего прямо по носу;

— выполнение маневра возможно, если начальный курсовой угол цели

$$qK_0 < Q + 90^\circ. \quad (22.10)$$

Графическое решение на карте (рис. 22.10). 1. Из начального места объекта маневра K_0 по линии его курса отложить вектор

скорости \vec{V}_K . Из его конца как из центра описать окружность радиусом V_M .

2. Из точки K_0 провести к этой окружности касательную (сторону критического курсового угла) с того борта объекта маневра, на котором находится маневрирующий корабль.

3. Перпендикулярно касательной из начального места маневрирующего M_0 провести искомую линию его курса; в точке K_1

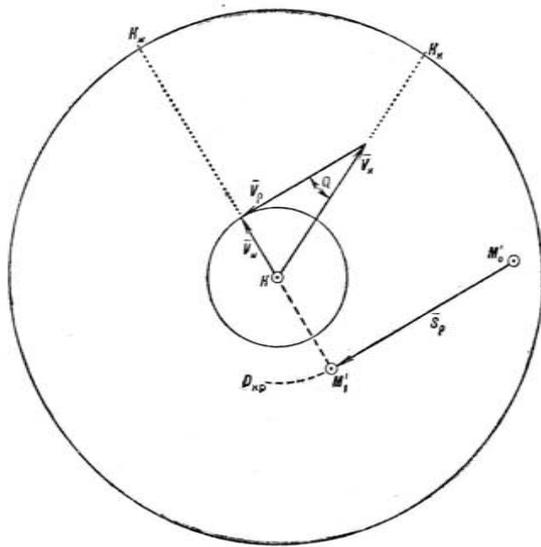


Рис. 22.11

ее пересечения с линией курса объекта маневра будет его место в момент конца маневра.

4. Измерить длину отрезка M_0A , отсекаемого на линии курса маневрирующего стороной критического курсового угла; она равна кратчайшему расстоянию $D_{кр}$, на которое возможно сближение с целью при данном соотношении скоростей.

5. Отложив эту величину от точки K_1 в сторону точки M_0 , пометить место маневрирующего в момент конца маневра M_1 .

6. Снять величины абсолютных перемещений маневрирующего корабля и цели ($S_M = M_0M_1$; $S_K = K_0K_1$).

7. Рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренной планшете (рис. 22.11).

1. Панести начальную относительную позицию маневрирующего корабля M_0 ; отметить конец вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K .

2. Найти вектор относительной скорости \vec{V}_p — он совпадает с касательной, проведенной из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K к окружности планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля V_M (из двух возможных направлений касательной выбирается то, при котором параллельная ему линия относительного перемещения S_p , проведенная из точки M_0 , будет проходить на меньшем расстоянии от центра планшета).

3. Из центра планшета провести в точку касания вектор \vec{V}_M скорости маневрирующего корабля и снять его направление (курс маневрирующего корабля K_M).

4. Из точки M_0 провести линию относительного перемещения параллельно вектору \vec{V}_p ; из центра планшета опустить на нее перпендикуляр и в его основании пометить конечную относительную позицию маневрирующего корабля M_1 . Точка M_1 , центр планшета и конец вектора \vec{V}_M должны находиться на одной прямой линии.

5. Измерить длину векторов \vec{S}_p и \vec{V}_p .

6. Рассчитать время маневра: $t = S_p : V_p$.

Аналитическое решение. 1. Рассчитать по формуле (22.6) или выбрать из табл. 22.2 величину критического курсового угла Q .

2. Рассчитать курс маневрирующего корабля: если его начальная позиция находится на правом борту объекта маневра

$$K_M = K_K + Q - 90^\circ; \quad (22.11)$$

если его начальная позиция находится на левом борту объекта маневра

$$K_M = K_K - Q + 90^\circ. \quad (22.12)$$

3. Рассчитать кратчайшее расстояние, на которое может сближаться маневрирующий корабль, абсолютные перемещения цели и маневрирующего корабля и время маневра:

$$D_{кр} = D_0 \sin(qK_0 - Q); \quad (22.13)$$

$$S_K = \frac{\cos(qK_0 - Q)}{\cos Q} D_0; \quad (22.14)$$

$$S_M = D_0 \cos(qK_0 - Q) \operatorname{tg} Q; \quad (22.15)$$

$$t = S_M : V_M = S_K : V_K. \quad (22.16)$$

§ 22.6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КУРСА НА МАКСИМАЛЬНОМ РАССТОЯНИИ ПО НОСУ ИЛИ НА МИНИМАЛЬНОМ РАССТОЯНИИ ЗА КОРМОЙ

Содержание задачи: пересечь курс объекта маневра на максимально возможном расстоянии впереди по курсу (на минимально возможном расстоянии за кормой). Задача решается маневрирующим кораблем, имеющим скорость, меньшую, чем объект маневра, для определения курса цели, при ведении разведки и в некоторых случаях применения оружия.

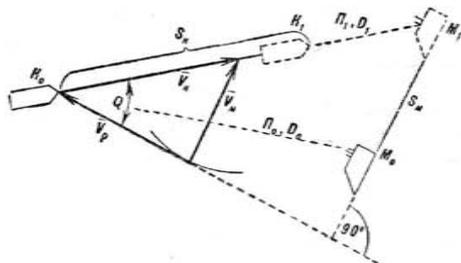


Рис. 22.12

Основные закономерности:

- вектор скорости маневрирующего корабля должен быть перпендикулярен стороне критического курсового угла;
- пересечение курса объекта маневра на наибольшем возможном расстоянии у него по носу возможно, если $Q_{K0} < Q$;
- пересечение курса объекта маневра на наименьшем расстоянии у него по корме имеет смысл, если $Q_{K0} > Q$.

Графическое решение на карте (рис. 22.12). 1. Найти курс маневрирующего корабля так же, как при сближении с объектом маневра на кратчайшее расстояние.

2. В точке пересечения линии курса маневрирующего корабля с линией курса объекта маневра пометить место M_1 маневрирующего корабля в момент конца маневра; снять перемещение маневрирующего корабля ($S_M = M_0M_1$).

3. Рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M$.

4. Рассчитать перемещение объекта маневра $S_K = V_K t$ и, отложив его от точки K_0 , нанести место K_1 объекта маневра в момент конца маневра.

5. Измерить расстояние D_1 , на котором пройдет маневрирующий по носу (по корме) объекта маневра ($D_1 = K_1M_1$).

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.13).

1. Нанести начальную относительную позицию M_0 маневрирующего корабля; пометить конец вектора скорости объекта маневра V_K .

2. Проведя из конца вектора \bar{V}_K касательную к окружности планшета, соответствующей скорости V_M маневрирующего корабля, найти векторы \bar{V}_p относительной скорости и \bar{V}_M скорости маневрирующего корабля (из двух возможных направлений касательной выбирается та, при котором параллельная ей прямая, проведенная из точки M_0 , пройдет на меньшем расстоянии от центра планшета).

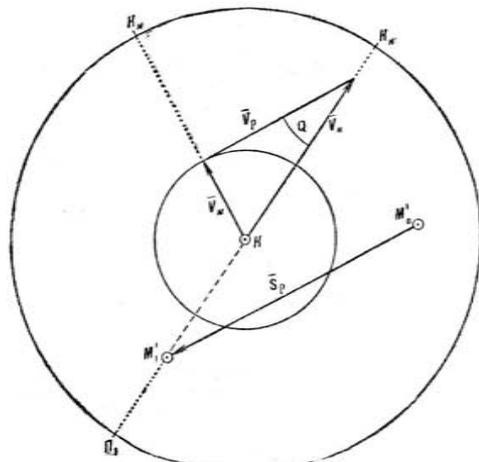


Рис. 22.13

3. Из точки M_0 провести линию относительного перемещения S_p параллельно вектору \bar{V}_p ; в точке ее пересечения с линией курса объекта маневра пометить относительную позицию M_1 маневрирующего корабля в момент конца маневра.

4. Измерить расстояние D_1 , на котором будет пересечен маневрирующим курс объекта маневра, величину относительной скорости \bar{V}_p и длину вектора \bar{S}_p .

5. Рассчитать время маневра: $t = S_p : V_p$.

Аналитическое решение. 1. Рассчитать по формуле (22.6) или выбрать из табл. 22.2 критический курсовой угол Q .

2. По формуле (22.11) или (22.12) рассчитать курс маневрирующего корабля.

3. Рассчитать расстояние, на котором будет пересечен курс объекта маневра:

$$D_1 = \frac{\sin |q_{K_0} - Q|}{\sin Q} D_0 \quad (22.17)$$

(при $q_{K_0} < Q$ эта формула дает максимальное расстояние, на котором маневрирующий корабль пройдет по носу объекта маневра; при $q_{K_0} > Q$ — минимальное расстояние, на котором линия курса объекта маневра будет пересечена у него по корме).

4. Рассчитать относительное перемещение, относительную скорость и время маневра:

$$S_p = \frac{\sin q_{K_0}}{\sin Q} D_0; \quad (22.18)$$

$$V_p = V_M \operatorname{ctg} Q; \quad (22.19)$$

$$t = S_p : V_p. \quad (22.20)$$

§ 22.7. УКЛОНЕНИЕ ОТ СБЛИЖЕНИЯ НА ЗАДАННОЕ РАССТОЯНИЕ ПРИ НЕИЗВЕСТНОМ КУРСЕ ОБЪЕКТА МАНЕВРА

Содержание задачи: найти, в пределах какого сектора может располагать курсы маневрирующий корабль, чтобы объект маневра, обладающий меньшей скоростью, не мог сблизиться с маневрирующим кораблем на расстояние, меньшее D_3 . Задача решается в случаях, когда нельзя допустить сближение объекта маневра со своим кораблем (соединением) на расстояние, меньшее D_3 (дальность использования оружия или дальность обнаружения).

Основные закономерности:

— для решения задачи объект маневра должен быть приведен маневрирующим кораблем на курсовой угол, превышающий предельный курсовой угол $Q_{\text{пр}}$, рассчитываемый по формуле (22.7);

— решение задачи возможно, если $V_M > V_K$.

Графическое решение на карте (рис. 22.14). 1. Из места K_0 последнего обнаружения объекта маневра как из центра описать окружность радиусом R :

$$R = D_3 + V_K t_0 + 3M_{\text{оп}}, \quad (22.21)$$

где D_3 — минимальное расстояние, на которое еще может быть допущено сближение;

t_0 — промежуток времени между последним обнаружением объекта маневра и началом маневра;

$M_{\text{оп}}$ — средняя квадратическая ошибка определения взаимного положения объекта маневра и маневрирующего корабля в момент начала маневра.

2. Из начального места маневрирующего корабля провести к этой окружности касательные M_0A и M_0B ,

3. Провести радиусы точек касания и на их продолжениях отложить векторы скорости объекта маневра \vec{V}_{K_1} и $\vec{V}_{K_1}^*$, соответствующие наиболее неблагоприятным случаям его движения.

4. Из концов векторов \vec{V}_{K_1} и $\vec{V}_{K_1}^*$ сделать засечки на касательных M_0A и M_0B раствором циркуля, равным скорости маневрирующего корабля, — найти предельно допустимые направления векторов скорости маневрирующего \vec{V}_{M_1} и $\vec{V}_{M_1}^*$.

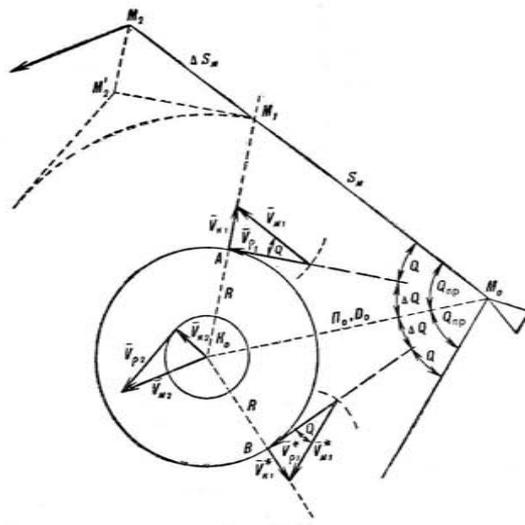


Рис. 22.14

5. Параллельно направлениям векторов \vec{V}_{M_1} и $\vec{V}_{M_1}^*$ провести из точки M_0 границы сектора опасных курсов M_0M_1 и $M_0M_1^*$.

6. Найти время маневра: $t = S_M : V_M$.

7. Если надо определить, когда маневрирующий после уклонения может лечь на другой курс K_{M2} , лежащий в пределах сектора опасных курсов, выполнить дополнительные построения:

— из точки K_0 провести вектор скорости своего корабля \vec{V}_{M_2} , соответствующий курсу K_{M2} ;

— из точки K_0 (центра) описать окружность радиусом, равным скорости объекта маневра;

— из конца вектора \bar{V}_{M2} провести касательную к этой окружности — найти предельно допустимое направление относительного перемещения после поворота (вектор $\bar{V}_{\rho2}$);

— из точки K_0 через точку M_1 провести окружность; провести к ней касательную параллельно вектору $\bar{V}_{\rho2}$ до пересечения с касательной к той же окружности, проведенной из точки M_1 (параллельно прямой M_0A);

— из найденной таким образом предельно допустимой относительной позиции своего корабля M_2 в момент поворота на новый курс провести прямую, параллельную вектору \bar{V}_{K1} , до пересечения с линией курса своего корабля. Найденная таким образом точка M_2 будет местом маневрирующего, где он может начать поворот на новый курс;

— найти дополнительное время, в течение которого маневрирующий должен идти первоначальным курсом: $\Delta t = \Delta S_M : V_M$.

Аналитическое решение. 1. Рассчитать по формуле (22.21) величину R .

2. Рассчитать по формулам (22.6) и (22.8) или выбрать из табл. 22.2 величины Q и ΔQ (для расчета величины ΔQ в таблицу входить с отношением $R : D_3$).

3. Рассчитать предельный курсовой угол цели: $Q_{пр} = Q + \Delta Q$.

4. Рассчитать предельно допустимые курсы своего корабля:

$$K_{M_{пред}} = \Pi_{MK0} \pm Q_{пр}. \quad (22.22)$$

5. Следовать курсом, находящимся вне пределов сектора опасных курсов, ограниченного этими значениями, до тех пор, пока место последнего обнаружения цели не окажется на курсовом угле маневрирующего 120—130°.

§ 22.8. РАСХОЖДЕНИЕ С ОБЪЕКТОМ МАНЕВРА НА ЗАДАННОМ РАССТОЯНИИ ПРИ ИЗВЕСТНЫХ КУРСЕ И СКОРОСТИ ОБЪЕКТА МАНЕВРА

Содержание задачи: найти, каким курсом (в пределах какого сектора курсов) должен следовать маневрирующий корабль, чтобы не допустить сближения на расстояние, меньшее D_3 , с объектом маневра, курс и скорость которого известны. Задача решается в случаях, когда надо избежать обнаружения маневрирующего корабля объектом маневра ($D_3 = D_{обн}$), а также при расхождении со встречными кораблями и судами в тумане по данным радиолокационной станции ($D_3 = 20-25 \text{ каб}$).

Основные закономерности: предельно допустимый вектор относительного перемещения направлен по касательной, проведенной из начальной относительной позиции маневрирующего к окружности радиуса D_3 , описанной из начального места объекта маневра.

Графическое решение на карте (рис. 22.15). 1. Нанести места объекта маневра K_0 и маневрирующего корабля M_0 в момент начала маневра.

2. Из начального места объекта маневра как из центра описать окружность радиусом D_3 ; из точки M_0 провести к ней касательные.

3. Одну из точек касания $M_1'K_0$ избрать в качестве относительной позиции маневрирующего корабля в момент конца маневра

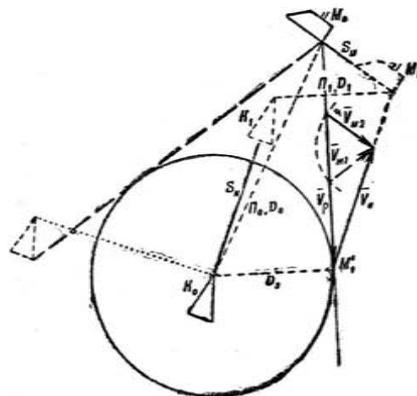


Рис. 22.15

(выбор делается в соответствии с условиями тактической обстановки); отложить от нее вектор скорости объекта маневра \bar{V}_K и из его конца на касательной сделать засечку раствором циркуля, равным скорости маневрирующего корабля V_M . — найти направление вектора его скорости \bar{V}_M .

4. Из точки M_0 провести прямую, параллельную вектору \bar{V}_M , до пересечения с прямой, проведенной из точки M_1' параллельно линии курса объекта маневра, — найти место маневрирующего в момент конца маневра M_1 .

5. Из точки M_1 провести прямую, параллельную прямой $M_1'K_0$, до пересечения с линией курса объекта маневра — найти его место в момент конца маневра K_1 .

6. Снять величины абсолютных перемещений маневрирующего корабля $S_M = M_0M_1$ и цели $S_K = K_0K_1$; найти время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.16).
1. Нанести начальную относительную позицию маневрирующего корабля M_0' относительно объекта, с которым предполагается расходиться.

2. Из точки M_0' провести касательную к окружности планшета, имеющей радиус D_3 , — найти предельно допустимую линию относительного перемещения.

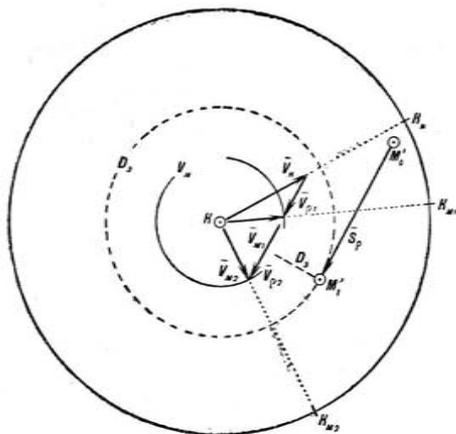


Рис. 22.16

3. Из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K провести параллельную ей прямую до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости своего корабля, — найти предельно допустимые направления вектора скорости маневрирующего \vec{V}_{M1} и \vec{V}_{M2} .

4. Избрать одно из этих решений, более подходящее по условиям тактической обстановки; снять с планшета соответствующий курс маневрирующего корабля.

5. Измерить длину вектора \vec{S}_p (длину касательной $M_0'M_1'$) и величину относительной скорости \vec{V}_p ; найти время маневра: $t = S_p : V_p$.

§ 22.9. РАСХОЖДЕНИЕ С ОБЪЕКТОМ МАНЕВРА НА МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОМ РАССТОЯНИИ

Содержание задачи: найти, каким курсом должен следовать маневрирующий корабль, имеющий скорость, меньшую, чем объект маневра, чтобы расстояние, на котором он разойдется с объектом маневра, было наибольшим (курс и скорость объекта маневра известны). Задача решается в случаях, когда надо избежать обнаружения или атаки маневрирующего корабля противником, когда нет достоверных сведений о максимальной дальности, на которой может произойти обнаружение (использование противником оружия).

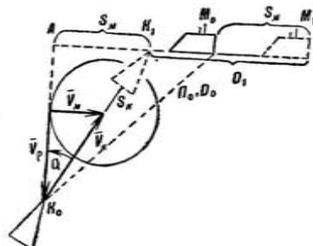


Рис. 22.17

Основные закономерности:
— максимальное расстояние, на котором при данных начальных условиях возможно расхождение:

$$D_{\max} = D_0 \sin(qK_0 + Q); \quad (22.23)$$

— вектор скорости маневрирующего должен быть перпендикулярен стороне критического курсового угла;

— в момент окончания маневра цель должна находиться у маневрирующего корабля прямо по корме;

— при $qK_0 > 90^\circ + Q$ выполнение маневра бессмысленно (какой бы курс ни избрал маневрирующий, расстояние до цели уменьшаться не будет).

Графическое решение на карте (рис. 22.17). 1. Нанести места объекта маневра K_0 и маневрирующего корабля M_0 в момент начала маневра.

2. Отложив от точки K_0 вектор скорости объекта маневра \vec{V}_K , из его конца описать окружность радиусом, равным скорости V_M маневрирующего корабля, и из начала вектора \vec{V}_K провести к ней касательную в сторону борта объекта маневра, противоположного борту, на котором находится точка M_0 ; она будет направлением относительного перемещения в ходе маневра.

3. Провести радиус точки касания — вектор скорости маневрирующего корабля \vec{V}_M .

4. Из точки M_0 параллельно найденному вектору \bar{V}_M провести линию курса маневрирующего корабля; пометить точки ее пересечения с линией курса объекта маневра (место объекта маневра в момент конца маневра K_1) и со стороны критического курсового угла (вспомогательная точка A).

5. Измерить расстояние AK_1 и, отложив его от точки M_0 , нанести место маневрирующего корабля M_1 в момент конца маневра.

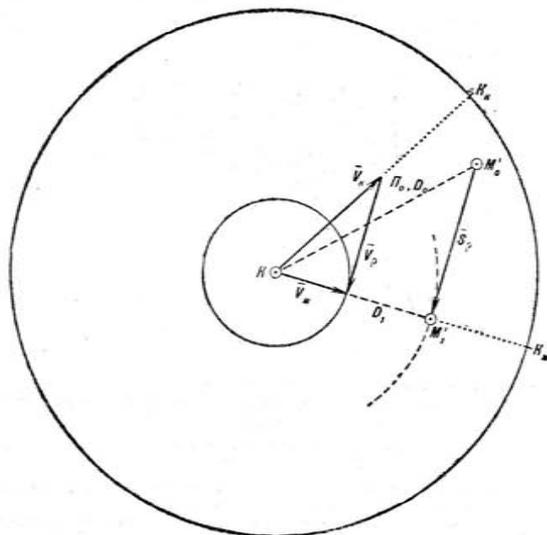


Рис. 22.18

6. Рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 22.18).

1. Нанести начальную позицию маневрирующего корабля M_0 относительно объекта, с которым предполагается расходиться.

2. Из конца вектора скорости объекта маневра \bar{V}_K провести касательные к окружности планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля, — найти предельно возможные направления вектора относительной скорости \bar{V}_p ; из них выбрать то, при котором проведенная из точки M_0 параллельная ему линия

относительного перемещения пройдет на большем расстоянии от центра планшета.

3. Снять курс маневрирующего корабля (вектор \bar{V}_M совпадает с радиусом точки касания).

4. Из точки M_0 параллельно избранному предельному направлению вектора \bar{V}_p провести линию относительного перемещения; в точке ее касания с одной из окружностей планшета пометить конечную относительную позицию маневрирующего корабля M_1 . Эта точка, центр планшета и конец вектора \bar{V}_M должны находиться на одной прямой.

5. Снять с планшета расстояние D_1 в момент конца маневра; измерить величины S_p и V_p .

6. Найти время маневра: $t = S_p : V_p$.

Аналитическое решение. 1. Рассчитать курс маневрирующего: если его начальная позиция находится на правом борту объекта маневра, то

$$K_M = K_K - Q + 90^\circ; \quad (22.24)$$

если его начальная позиция находится на левом борту объекта маневра, то

$$K_M = K_K + Q - 90^\circ. \quad (22.25)$$

2. Рассчитать расстояние, на котором произойдет расхождение, абсолютные перемещения цели и маневрирующего корабля, время маневра:

$$D_1 = D_0 \sin(q_{K_0} + Q); \quad (22.26)$$

$$S_K = \frac{\cos(q_{K_0} + Q)}{\cos Q} D_0; \quad (22.27)$$

$$S_M = D_0 \cos(q_{K_0} + Q) \operatorname{tg} Q; \quad (22.28)$$

$$t = S_M : V_M = S_K : V_K. \quad (22.29)$$

Приближенное решение (если курс объекта маневра неизвестен). 1. Привести объект маневра на курсовой угол 120° одноименный борту объекта маневра.

2. Следовать этим курсом до тех пор, пока расстояние до объекта маневра не начнет увеличиваться (он не окажется прямо за кормой).

Глава 23

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИЖЕНИЯ ЦЕЛИ

§ 23.1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ. ВЕДЕНИЕ БОЕВОЙ ПРОКЛАДКИ

Для полного определения элементов движения цели (места, курса и скорости) необходимо измерить не менее четырех независимых величин, являющихся функциями места цели (два пе-

лента и два расстояния, три пеленга и расстояние, четыре пеленга). Эти измерения должны быть выполнены в разные моменты времени. При определении элементов движения только по пеленгам необходимо во время измерений резко изменить курс или скорость, или курс и скорость своего корабля (чем значительнее это изменение, тем точнее при той же длительности наблюдений будут определены элементы движения цели).

Точность определения элементов движения цели будет тем больше, чем больше общая длительность наблюдений. Если измерения выполняются через равные промежутки времени, то обработка наблюдений упрощается, а конечный результат при неизменной общей длительности наблюдений более точный. Для повышения точности определения элементов движения цели следует в каждый очередной момент измерять не один, а три — четыре пеленга (расстояния), располагая измерения симметрично относительно назначенного момента и принимая к прокладке среднее арифметическое значение их результатов.

Для синхронности измерений и прокладки необходимо:
— в начальный момент времени во всех постах, участвующих в измерениях и прокладке, одновременно пустить секундомеры;
— измерения и нанесение мест своего корабля на планшет автопрокладчика выполнять через заданные промежутки времени (обычно 60 сек) по командам: предварительной («Товсь») и исполнительной («Ноль»).

Боевая прокладка начинается в момент объявления боевой тревоги и ведется на планшете или карте в соответствии со специальными инструкциями. В момент начала ведения боевой прокладки в графе «Примечание» левой страницы навигационного журнала записывается номер маневренной карточки (схемы записи); на правой странице — сведения об обнаруженной цели и счислимые координаты.

По окончании ведения боевой прокладки счислимое место переносится на карту по пеленгу и расстоянию, снимаемым на планшете от точки начала ведения боевой прокладки. Эти пеленг, расстояние и координаты счислимого места записываются на правой странице навигационного журнала.

§ 23.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДВИЖЕНИЯ ЦЕЛИ ПО ПЕЛЕНГАМ

По расстоянию и трем пеленгам. В первый момент времени T_1 измеряются пеленг P_1 и расстояние D_1 до цели. В последующие моменты времени T_2 и T_3 измеряются только пеленги P_2 и P_3 ($T_2 - T_1 = t_{12}$; $T_3 - T_2 = t_{23}$).

Прокладка в абсолютных перемещениях (на планшете для ведения боевой прокладки, рис. 23.1). 1. Нанести на планшет место своего корабля M_1 в момент первого измерения; по пеленгу P_1 и расстоянию D_1 от него нанести место цели C_1 .

2. Нанести места своего корабля в моменты измерений второго и третьего пеленгов; проложить от них линии пеленгов P_2 и P_3 .

3. Из точки C_1 примерно перпендикулярно линии первого пеленга провести вспомогательную прямую C_1A ; из точки A ее пересечения с линией второго пеленга отложить отрезок $AB = \frac{t_{23}}{t_{12} + t_{23}} C_1A$ (построение пропорциональных отрезков см. в § 20.4).

4. Из точки B провести прямую, параллельную линии второго пеленга, до пересечения с линией третьего пеленга — найти место цели C_3 в момент измерения третьего пеленга.

5. Снять направление прямой C_1C_3 — курс цели; измерить величину абсолютного перемещения цели за время наблюдений $S_{13} = C_1C_3$. Найти скорость цели: $V_{ц} = S_{13} : t_{13}$.

Графо-аналитическое решение задачи. 1. Рассчитать относительный курсовой угол в момент измерения пеленга P_3 :

$$\operatorname{ctg} q_{p3} = (1 + x) \operatorname{ctg} (\theta_1 + \theta_2) - x \operatorname{ctg} \theta_2, \quad (23.1)$$

$$\text{где } \theta_1 = P_2 - P_1; \quad \theta_2 = P_3 - P_2;$$

$$x = t_{23} : t_{12};$$

2. Рассчитать величину относительной скорости:

$$V_p = \frac{D_1 \sin (\theta_1 + \theta_2)}{t_{13} \sin q_{p3}}. \quad (23.2)$$

3. Решив треугольник скоростей, найти курс и скорость цели.

Оценка точности определения курса и скорости цели. 1. Средний квадратический эллипс ошибок определения места цели ориентирован большой полуосью примерно вдоль линии P_3 ; размеры его полуосей:

$$a = \frac{2 \sqrt{2} D_1}{\theta_2} m_{П}; \quad (23.3)$$

$$b = \frac{D_3}{57,3} m_{П}, \quad (23.4)$$

где $m_{П}$ — средняя квадратическая ошибка измерения пеленга, град.

2. Средний квадратический эллипс ошибок определения вектора скорости цели ориентирован большой полуосью примерно вдоль линии P_3 ; размеры его полуосей:

$$a_V = \frac{2 \sqrt{2} D_1}{t_{13} \theta_2} m_{П}; \quad (23.5)$$

$$b_V = \frac{D_3}{57,3 t_{13}} m_{П}. \quad (23.6)$$

По трем пеленгам при известной скорости цели. Скорость цели может оцениваться подсчетом числа оборотов винтов в единицу времени или по тону шумов,

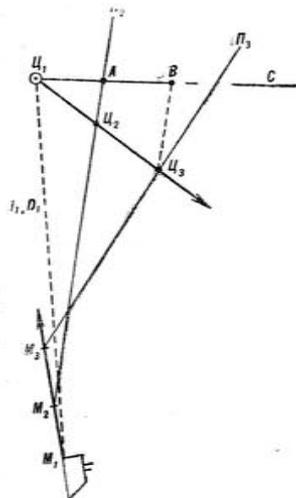


Рис. 23.1

Прокладка в абсолютных перемещениях (рис. 23.2). 1. Нанести места своего корабля M_1, M_2, M_3 в моменты измерений пеленгов; от них проложить линии пеленгов P_1, P_2, P_3 .

2. От точки M_1 по пеленгу P_1 отложить приближенное значение расстояния в момент измерения первого пеленга; из полученной точки A провести вспомогательную прямую, перпендикулярную линии пеленга P_1 .

3. От точки B ее пересечения с линией пеленга P_2 отложить отрезок $BC = (t_{23} : t_{12}) AB$.

4. Из точки C провести прямую, параллельную линии пеленга P_2 , до пересечения с линией пеленга P_3 ; в первом приближении прямую AF можно считать параллельной линии курса цели.

5. По этой прямой отложить от точки A отрезок $S_{ц} = V_{ц} t_{13}$; из его конца (точки H) провести прямую, параллельную линии пеленга P_1 , до пересечения с линией пеленга P_3 — найти место цели C_3 ; снять курс цели и расстояние до нее.

Определение элементов движения цели по четырем пеленгам (способ фиктивного пеленга, рис. 23.3). 1. Лечь на курс, равный пеленгу на цель, и дать возможно меньший ход; на этом курсе измерить три пеленга на цель, нанести соответствующие места своего корабля (точки M_1, M_2, M_3) и провести от них линии пеленгов P_1, P_2, P_3 .

2. В момент измерения пеленга P_3 начать поворот на курс сближения (перпендикулярный последнему пеленгу) и значительно изменить (увеличить) скорость хода; на новом курсе измерить пеленг P_4 .

3. От точки M_1 по линии пеленга P_1 отложить отрезок, равный в масштабе планшета предполагаемому расстоянию до цели.

4. Через полученную таким образом точку A провести вспомогательную прямую AE , на глаз перпендикулярную линии пеленга P_1 .

5. От точки B ее пересечения с линией пеленга P_2 отложить отрезок BC , равный отрезку AB ; если промежутки времени между измерениями пеленгов P_1 и P_2, P_2 и P_3 не равны друг другу, то величины отрезков должны быть пропорциональны соответствующим промежуткам времени: $BC = (t_{23} : t_{12}) AB$ (построение пропорциональных отрезков см. в § 20.4).

6. Из точки C провести прямую, параллельную линии пеленга P_2 , до пересечения с линией пеленга P_3 .

7. Соединить точку A с найденной таким образом точкой C' прямой линией (в первом приближении ее можно считать параллельной линии курса цели); отложить по ней отрезок $C'G = (u_{34} : t_{13}) B'C'$.

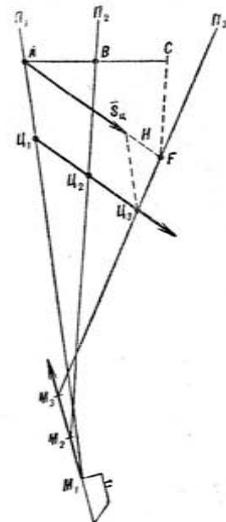


Рис. 23.2

8. От точки M_3 отложить отрезок M_3M_4 , равный расстоянию, которое прошел бы свой корабль, если бы после измерения пеленга P_3 он не изменял своих курса и скорости.

9. Соединить точки M_4 и G прямой (линией фиктивного пеленга).

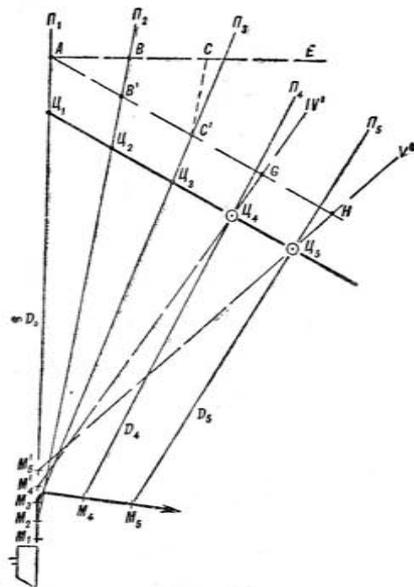


Рис. 23.3

10. Из точки M_4 , где фактически находился свой корабль в момент измерения пеленга P_4 , провести линию фактически измеренного пеленга P_4 ; в точке ее пересечения с линией фиктивного пеленга найти место цели C_4 .

11. Параллельно прямой AC' провести через точку C_4 линию курса цели; в точках ее пересечения с линиями пеленгов P_1, P_2 и P_3 обозначить соответствующие места цели C_1, C_2, C_3 .

12. Измерить расстояние, пройденное целью за время наблюдений: $S_{ц} = C_4C_3$; найти скорость цели.

13. Продолжать построение линий фиктивных пеленгов, соответствующих моментам последующих измерений; в точках их пересечения с линиями действительных пеленгов наметить места цели C_5, C_6 и т. д., постепенно уточняя определенные ранее элементы ее движения.

этого может использоваться приставка «Пальма»: масштаб изображения должен быть равен масштабу маневренного планшета).

2. Найти вектор относительного перемещения \vec{S}_p (если не производится осреднения засечек, он направлен от первого к последнему месту цели).

3. Рассчитать величину относительной скорости: $V_p = S_p : t$.

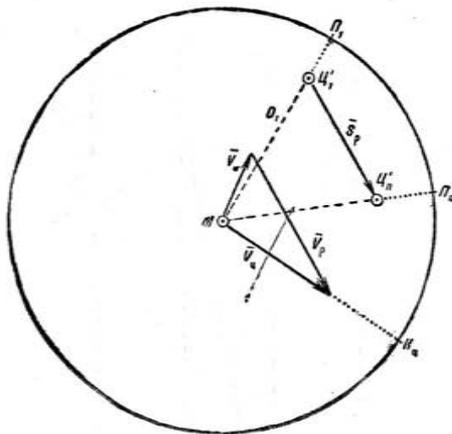


Рис. 23.6

4. Отложив из конца вектора скорости своего корабля \vec{V}_M вектор относительной скорости \vec{V}_p (он параллелен вектору \vec{S}_p), найти конец вектора скорости цели $\vec{V}_Ц$.

5. Снять с планшета курс цели (направление вектора $\vec{V}_Ц$) и ее скорость (длина вектора $\vec{V}_Ц$).

Прокладка в абсолютных перемещениях (на планшете для ведения боевой прокладки, рис. 23.7). 1. Нанести место своего корабля M_1 в момент первого измерения и отложить от него по пеленгу P_1 расстояние D_1 , нанести место цели C_1 ; аналогично наносить места цели в моменты последующих измерений.

2. Провести линию курса цели (от точки C_1 к точке C_n); измерить пройденное ею расстояние: $S_{Ц} = C_1 C_n$.

3. Снять курс цели (направление прямой $C_1 C_n$); рассчитать ее скорость: $V_{Ц} = S_{Ц} : t_{1n}$.

Способы осреднения результатов наблюдений. 1. При двух ($n=2$) нанесенных на карте или планшете местах цели (засечках)

осреднение не производить; за линию курса цели (вектор относительного перемещения) принять прямую, соединяющую первую и последнюю засечки.

2. При $2 < n < 7$ провести линию курса цели параллельно прямой, соединяющей первую и последнюю засечки, так, чтобы все засечки равномерно располагались от нее по обе стороны; за величину перемещения цели (относительного перемещения) принять расстояние между первой и последней засечками.

3. При $n > 7$:

— провести линию курса цели (линию относительного перемещения) так, чтобы все засечки равномерно располагались по обе ее стороны (на глаз удовлетворялось бы требование минимума суммы квадратов расстояний засечек до этой прямой, рис. 23.8);

— к этой прямой восстановить перпендикуляр; измерить расстояния d_i от него до нанесенных на карте (планшете) засечек (первой, второй и т. д.);

— на вспомогательном графике (рис. 23.9) по оси абсцисс отложить время измерений, по оси ординат — величины d_i ; провести среднюю прямую AB так, чтобы все нанесенные точки $1', 2', \dots, n'$ располагались равномерно по обе ее стороны;

— с графика снять ординаты y_1 и y_n точек этой прямой, соответствующие первой и последнему моментам измерений;

— эти величины отложить на карте (планшете) от основания перпендикуляра, от которого ранее измерялись величины d_i (от

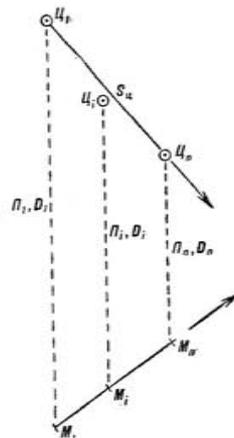


Рис. 23.7

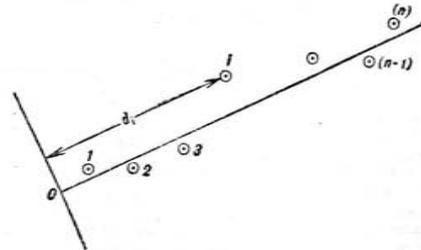


Рис. 23.8

точки O на рис. 23.8); они укажут осредненные места цели на моменты первого и последнего измерений;

— найти скорость цели (при прокладке в относительном движении — относительную скорость): $V_{Ц} = (y_n^x - y_1^x) : t_{1n}$.

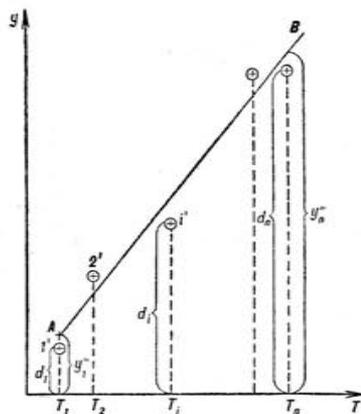


Рис. 23.9

Глава 24

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЗИЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЪЕКТА МАНЕВРА

§ 24.1. ИЗМЕНЕНИЕ ПОЗИЦИИ В КРАТЧАЙШИЙ СРОК

Содержание задачи: маневрирующему кораблю, в начальный момент находящемуся по пеленгу P_0 в расстоянии D_0 от объекта маневра, в кратчайший срок занять позицию, заданную пеленгом P_1 (курсовым углом объекта маневра q_{K1}) и расстоянием D_1 . Скорость маневрирующего задана; найти курс и время маневра.

Графическое решение на карте (рис. 24.1). 1. Нанести места объекта маневра и маневрирующего корабля в момент начала маневра (точки K_0 и M_0).

2. По заданному пеленгу P_1 и расстоянию D_1 , отложив их от начального места объекта маневра, нанести заданную относительную позицию маневрирующего корабля M_1 .

3. Решить задачу сближения с точкой M_1 вплотную:
 - провести линию относительного перемещения M_0M_1 ;
 - от точки M_1 отложить вектор скорости объекта маневра \vec{V}_K ; из его конца сделать на линии относительного перемещения M_0M_1 засечку раствором циркуля, равным скорости V_M маневрирующего корабля, — найти направление вектора \vec{V}_M :

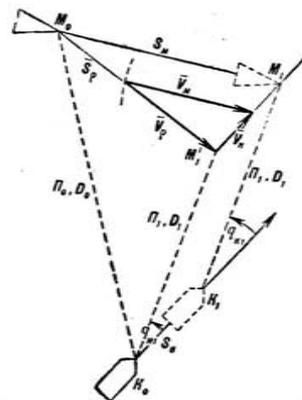


Рис. 24.1

— из точки M_0 параллельно вектору \vec{V}_M провести линию курса маневрирующего корабля; в точке ее пересечения с прямой, проведенной из точки M_1 параллельно линии курса объекта маневра, — место маневрирующего корабля в момент конца маневра (точку M_1);

— найти место объекта маневра в момент конца маневра, для чего из точки M_1 провести прямую, параллельную линии заданного пеленга P_1 , до пересечения с линией курса объекта маневра;

— рассчитать время маневра: $t = S_M : V_M = S_K : V_K$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 24.2). 1. По пеленгам и расстояниям от центра планшета нанести относительные позиции маневрирующего корабля: начальную M_0 и заданную M_1 ; найти вектор относительного перемещения \vec{S}_p (начало — M_0 , конец — M_1).

2. Из конца вектора скорости объекта маневра \overline{V}_K параллельно вектору \overline{S}_p и в том же направлении провести прямую (\overline{V}_p) до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости маневрирующего корабля, — найти конец вектора \overline{V}_M ; снять его направление (курс маневрирующего корабля).

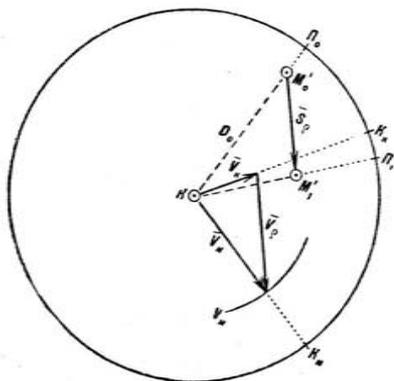


Рис. 24.2

3. Измерить длину вектора относительного перемещения \overline{S}_p и вектора относительной скорости \overline{V}_p ; рассчитать время маневра: $t = S_p : V_p$.

§ 24.2. ЗАНЯТИЕ ПОЗИЦИИ В КРАТЧАЙШИЙ СРОК

Содержание задачи: маневрирующему кораблю, в начальный момент следующему совместно с уранвилем настолько близко от него, что начальное расстояние между кораблями можно считать пренебрежимо малым, занять относительно уранвила позицию, заданную пеленгом Π (курсовым углом q_{K1}) и расстоянием D . Скорость маневрирующего задана; найти курс и время маневра.

Графическое решение на карте (рис. 24.3). Выполняется как частный случай задачи изменения позиции (начальное место маневрирующего совпадает с начальным местом уранвила).

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 24.4). Выполняется как частный случай задачи изменения позиции (начальная относительная позиция маневрирующего M_0 совпадает с центром планшета).

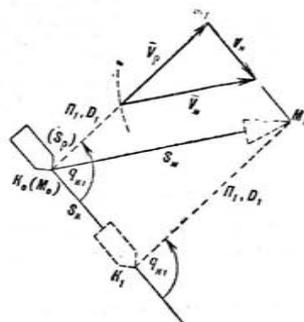


Рис. 24.3

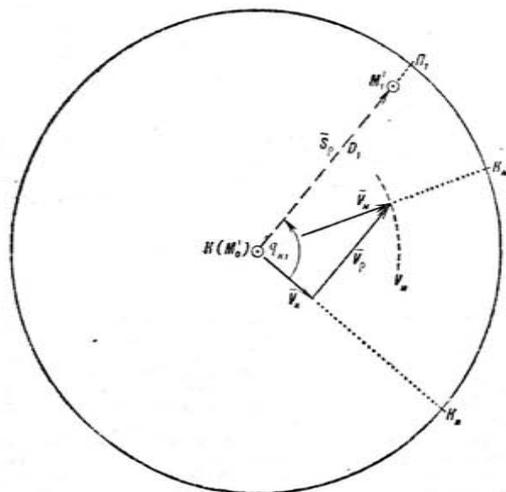


Рис. 24.4

Аналитическое решение. 1. Рассчитать на логарифмической линейке по формуле (22.1) или выбрать из табл. 22.1 курсовой угол маневрирующего для сближения вплотную.

2. Рассчитать курсовой угол маневрирующего q_{M0} для занятия заданной позиции как дополнение найденного курсового угла до 180° (его борт всегда противоположен борту объекта маневра).

3. Рассчитать курс маневрирующего

$$K_M = K_K + q_{K1} \mp 180^\circ - q_{M0} \quad (24.1)$$

(курсные углы правого борта считаются положительными, левого борта — отрицательными);

4. Рассчитать или выбрать из таблицы величины BIP_K , BIP_M ; найти $OBIP$ и время маневра: $t = D_1 : OBIP$.

§ 24.3. УДЕРЖАНИЕ (СОХРАНЕНИЕ) ЗАДАННОЙ ПОЗИЦИИ

Содержание задачи: найти курс маневрирующего корабля, следуя которым при изменении курса объектом маневра

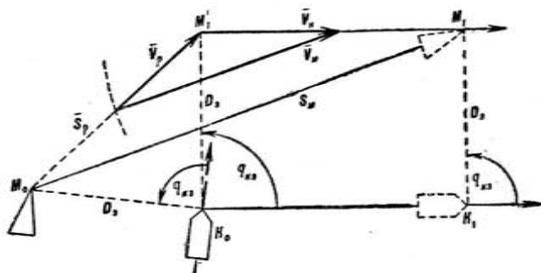


Рис. 24.5

(уравнителем строя или ордера) вновь выйти на позицию, заданную курсовым углом уравнителя и расстоянием до него. Задача решается для удержания заданной позиции кораблями охранения и походного дозора при изменении курса уравнителя.

Графическое решение на карте (рис. 24.5). 1. Нанести точку конца поворота уравнителя K_0 и место маневрирующего M_0 в момент конца поворота уравнителя.

2. От точки K_0 отложить пеленг и расстояние, на которых должен находиться маневрирующий от уравнителя, чтобы курсовой угол уравнителя на новом курсе был равен заданному (нанести заданную относительную позицию маневрирующего корабля M_1).

3. Решить задачу сближения с точкой M_1 вплотную,

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 24.6). 1. Нанести относительную позицию маневрирующего M_0 в момент конца поворота уравнителя.

2. Пометить вектор скорости уравнителя \bar{V}_{K1} после поворота и соответствующую его новому курсу позицию маневрирующего корабля M_1 .

3. Найти вектор \bar{S}_p (начало — M'_0 , конец — M'_1).

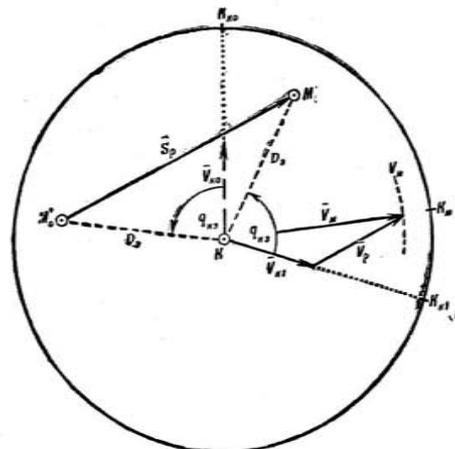


Рис. 24.6

4. Проведя из конца вектора \bar{V}_{K1} прямую, параллельную вектору \bar{S}_p , до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости V_M маневрирующего корабля при выполнении маневра, найти вектор скорости \bar{V}_{M1} ; снять курс маневрирующего корабля.

5. Измерить величины S_p и V_p ; рассчитать время маневра: $t = S_p : V_p$.

§ 24.4. ИЗМЕНЕНИЕ ПОЗИЦИИ В ЗАДАННЫЙ СРОК

Содержание задачи: маневрирующему кораблю, в начальный момент находящемуся от объекта маневра по пеленгу P_0 на расстоянии D_0 , по истечении заданного промежутка времени t

занять позицию относительно объекта маневра, заданную пеленгом P_1 (курсовым углом q_{K1}) и расстоянием D_1 от объекта маневра. Найти курс и скорость, которыми должен следовать маневрирующий корабль. Задача решается в случаях, когда в заданный момент времени маневрирующий должен находиться в назначенной ему позиции для использования оружия по противнику.

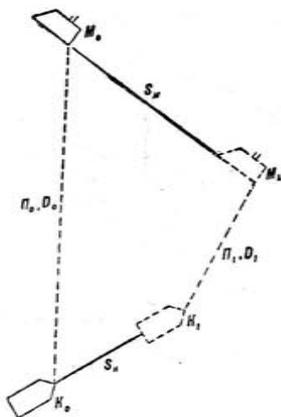


Рис. 24.7

Графическое решение на карте (рис. 24.7). 1. Нанести места объекта маневра K_0 и маневрирующего корабля M_0 в момент начала маневра.

2. Отложив по линии курса объекта маневра расстояние S_{K0} , которое он пройдет за заданное время t маневра, нанести его место K_1 в назначенный момент окончания маневра.

3. По пеленгу P_1 и расстоянию D_1 от точки K_1 нанести место M_1 , где должен находиться маневрирующий корабль в заданный момент окончания маневра.

4. Снять с карты курс, которым должен следовать маневрирующий корабль (направление прямой M_0M_1), и расстояние S_{M1} , которое он должен пройти ($S_{M1} = M_0M_1$).

5. Рассчитать, какой скоростью должен следовать маневрирующий корабль: $V_M = S_M : t$.

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 24.8). 1. По пеленгам и расстояниям от центра планшета нанести относительные позиции маневрирующего корабля: начальную M'_0 и

заданную M'_1 ; найти вектор относительного перемещения \vec{S}_p (начало — M'_0 , конец — M'_1).

2. Рассчитать величину относительной скорости: $V_p = S_p : t$.

3. Из конца вектора скорости объекта маневра \vec{V}_K параллельно вектору \vec{S}_p и в том же направлении отложить вели-

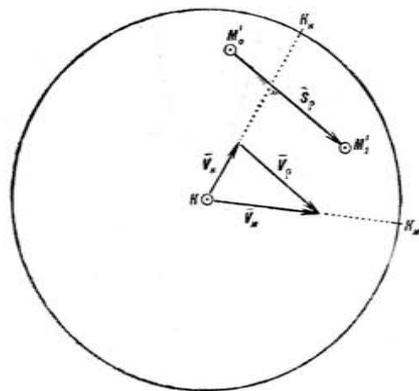


Рис. 24.8

чину V_p — найти конец вектора \vec{V}_M ; снять его направление (курс маневрирующего) и длину (скорость, с которой должен следовать маневрирующий корабль).

§ 24.5. УРАВНИВАНИЕ ВРЕМЕНИ МАНЕВРА

Содержание задачи: найти курсы и скорости, какими должны следовать несколько кораблей (групп кораблей), маневрирующих относительно общего объекта маневра, чтобы одновременно занять заданные им позиции. Задача решается в случаях, когда необходимо обеспечить одновременное применение оружия несколькими кораблями (группами кораблей) по одному объекту, и складается из двух частных задач:

а) найти, у какого из кораблей, при условии, что все они будут занимать назначенные им позиции в кратчайший срок (наибольшей в данных условиях скоростью), время маневра окажется наибольшим;

б) время окончания маневра этим кораблем назначить для всех остальных кораблей как заданный момент окончания

маневра; каждый из них решает задачу занятия заданной ему позиции в заданный срок.

При маневрировании с сосредоточенной начальной позиции (когда все корабли до начала маневра следуют совместно) решать задачу удобнее методом относительного движения; при маневрировании с рассредоточенных начальных позиций — методом изохрон.

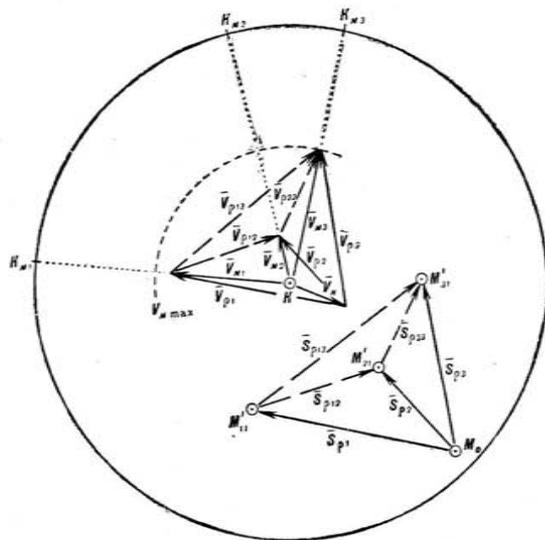


Рис. 24.9

Графическое решение на маневренном планшете (рис. 24.9).
1. По пеленгам и расстояниям от центра планшета нанести относительные позиции маневрирующих кораблей: начальную M_0 и заданные M'_{11} , M'_{21} , ...

2. Найти векторы относительного перемещения маневрирующих кораблей относительно объекта маневра \bar{S}_{p1} , \bar{S}_{p2} , ... (их начало — M_0 , концы — M'_{11} , M'_{21}) и направления взаимных относительных перемещений \bar{S}_{p12} , \bar{S}_{p13} , \bar{S}_{p23} , ... (они соединяют соответственно точки M'_{11} и M'_{21} , M'_{11} и M'_{31} , M'_{21} и M'_{31} и т. д.).

3. Из конца вектора скорости объекта маневра \bar{V}_K провести прямые, параллельные векторам \bar{S}_{p1} , \bar{S}_{p2} , \bar{S}_{p3} , ... Найти такую точку пересечения одной из них с окружностью планшета $V_M \max$, соответствующей наибольшей возможной скорости маневрирующих кораблей, чтобы все точки пересечения остальных прямых с прямыми, проведенными из этой точки параллельно направлениям взаимных относительных перемещений \bar{S}_{p12} , \bar{S}_{p13} , \bar{S}_{p23} , ле-

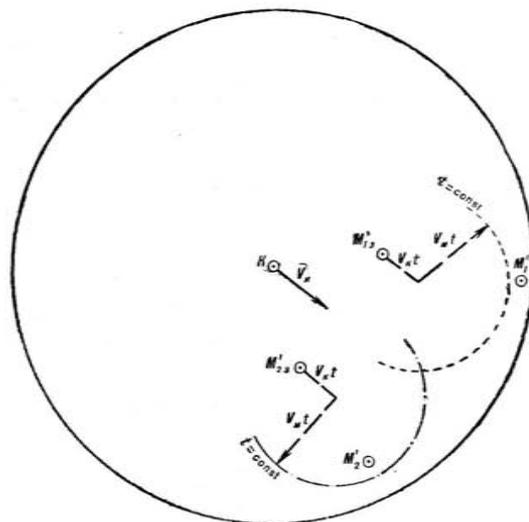


Рис. 24.10

жали внутри окружности планшета $V_M \max$ (эти точки — концы векторов скорости остальных маневрирующих кораблей).

4. Снять с планшета курсы и скорости, которыми должны следовать маневрирующие корабли; рассчитать время выполнения маневра (применительно к условиям рис. 24.9 оно равно $\bar{S}_{p3} : V_{p3}$).

Графическое решение методом изохрон (рис. 24.10). Изохрона — геометрическое место относительных позиций маневрирующего корабля, время маневрирования от любой из которых для занятия заданной ему позиции при данном соотношении скоростей маневрирующего корабля и объекта маневра — величина постоянная. Чтобы построить изохрону, соответствующую времени маневра t , надо:

— от заданной относительной позиции маневрирующего корабля

отложить параллельно вектору скорости объекта маневра \overline{VK} отрезок, равный $V_K t$;

— из его конца описать окружность радиусом, равным $V_M t$, — она и будет искомой изохроной.

Сетки изохрон для разных отношений скоростей $V_M:V_K$ заранее вычерчиваются в масштабе планшета на кальке (для заданных позиций правого борта — зеленым цветом, левого борта — красным цветом) и накладываются на планшет, ориентируя по курсу объекта маневра. При правильном выполнении маневра относительные позиции маневрирующих кораблей, соответствующие одному и тому же моменту времени, должны находиться на одноименных изохронах (на рис. 24.10 маневрирующий M_1 отстаёт, маневрирующий M_2 опережает; надо дать приказание кораблю M_1 увеличить или кораблю M_2 уменьшить скорость хода).

Глава 25

СОВМЕСТНОЕ МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ

§ 25.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Строй — простейший ордер, в котором корабли расположены на одной (простой строй) или нескольких (сложный строй) прямых линиях. Строй характеризуется его элементами (рис. 25.1).
Линия строя — линия, соединяющая одинаковые точки кораблей строя.

Пеленг строя $P_{стр}$ — угол между истинным меридианом и направлением линии строя, определяемый с корабля-уравнителя.

Угол строя $q_{стр}$ — угол между диаметральной плоскостью корабля-уравнителя и линией строя.

Угол равнения $q_{рав}$ — угол между диаметральной плоскостью корабля и направлением на уравниватель.

Глубина строя L — расстояние по направлению движения строя от форштевня головного до ахтерштевня концевой корабля.

Ширина строя H — расстояние между наружными бортами крайних кораблей по направлению, перпендикулярному направлению движения строя.

Расстояние между кораблями в строю d — расстояние между одинаковыми точками соседних кораблей.

Простые строи:

— кильватера — строй, в котором угол строя равен 0 или 180° (корабли идут в одной кильватерной струе);

— фронта — строй, в котором линия строя перпендикулярна направлению движения;

— пеленга — строй, в котором угол строя не равен 0, 90 или 180° ;

— уступа — частный случай строя пеленга, когда угол строя равен 45° .

Сложные строи:

— клина — строй, в котором корабли расположены на сторонах угла, в вершине которого находится корабль-уравниватель;
— сложного кильватера — строй, в котором корабли следуют несколькими параллельными кильватерными колоннами;
— сложного фронта — строй, в котором корабли следуют в нескольких параллельных линиях, каждая из которых представляет собой строй фронта.

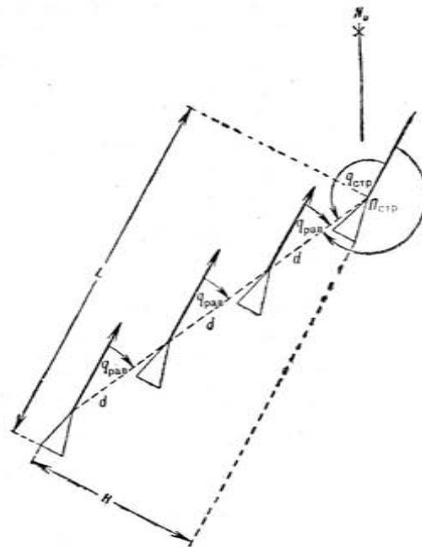


Рис. 25.1

При плавании в строях и ордерах, помимо ведения прокладки пути своего корабля, штурман должен вести прокладку (прокладывать линии курсов, пометать точки начала и конца поворотов) за флагманский корабль; необходимо иметь схему ордера на кальке в масштабе карты, пользуясь которой (наложив на карту) можно в любой момент нанести на карту место любого корабля ордера (строя). Расчеты перестроений и поворотов надо выполнять не только за свой, но и за соседние корабли, чтобы быть уверенным в безопасности маневра. Перед началом поворота своего корабля визуально или используя технические средства наблюдения убедиться, что в опасной близости и особенно в том направлении, в каком будет совершаться поворот, кораблей и судов нет.

При выполнении всех поворотов для построения строев и ордеров, перестроений и изменения курса строя (ордера) руль должен переключаться на угол, соответствующий эскадренному (установленному в данном соединении) диаметру циркуляции.

§ 25.2. РАСЧЕТЫ ПОВОРОТОВ В СТРОЯХ

Последовательный поворот (применяется только в строю кильватера). 1. Каждый корабль начинает поворот в точке начала поворота впереди идущего.

2. Промежуток времени t_i между моментами начала поворота головного и i -го корабля

$$t_i = d_{1i} : V, \quad (25.1)$$

где d_{1i} — расстояние между головным и i -м кораблем в момент начала поворота головного;
 V — скорость соединения.

3. Время поворота строя $t_{\text{пов}}$:

$$t_{\text{пов}} = L : V + t_{\alpha}, \quad (25.2)$$

где L — глубина строя;

t_{α} — время циркуляции при повороте на угол α .

Поворот «все вдруг». 1. Все корабли начинают поворот одновременно по сигналу флагмана.

2. Время поворота равно времени циркуляции на новый курс.

Поворот способом захождения (рис. 25.2). 1. В момент сигнала флагмана об исполнении поворота (начала поворота крайнего внутреннего корабля строя) пустить секундомер; нанести на карту место своего корабля M_0 в этот момент времени и точку A_0 , где крайний внутренний (относительно стороны поворота) корабль строя начал поворот.

2. От точки A_0 под углом $90^\circ - \frac{1}{2}\alpha$ к линии первоначального курса проложить линию поворота A_0F .

3. Снять с карты расстояние M_0M_1 , которое должен пройти свой корабль до этой линии, и рассчитать необходимое для этого время, учитывая, что по сигналу об исполнении поворота средний корабль строя дает средний ход, корабли, находящиеся от него во внутренней стороне поворота, дают малый ход, а на внешней стороне — самый полный ход.

4. По истечении этого времени (с приходом на линию поворота) доложить командиру корабля, что время поворота на новый курс вышло.

5. Заняв после поворота свое место в строю, каждый корабль самостоятельно дает полный ход.

6. Время поворота $t_{\text{пов}}$ строя на новый курс

$$t_{\text{пов}} = \frac{L}{V_{\text{спх}}} + \frac{2H \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} - V_{\text{мх}}} + t_{\alpha}, \quad (25.3)$$

где $V_{\text{спх}}$ — ширина строя;
 $V_{\text{мх}}$ — скорость самым полным и малым ходом.

Поворот способом двух полуповоротов (рис. 25.3). 1. В момент сигнала флагмана об исполнении поворота (начала первого полуповорота головного корабля строя) пустить секундомер; нанести на карту место своего корабля M_0 в этот момент времени и точку B_0 , где головной корабль строя начал первый полуповорот.

2. Через точку B_1 конца первого полуповорота головного корабля перпендикулярно линии первоначального курса провести линию первого полуповорота, на ней пометить точки конца первого полуповорота крайних кораблей A_1 и B_1 и середины строя C_1 .

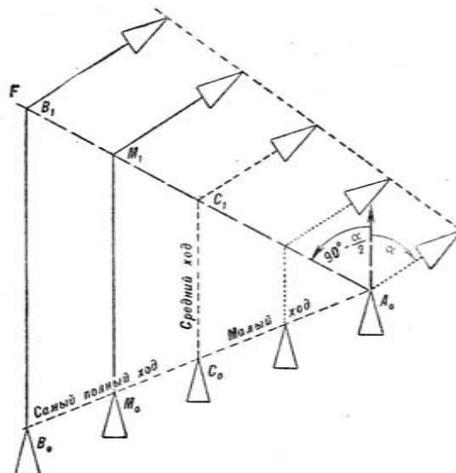


Рис. 25.2

От точки A_1 конца первого полуповорота крайнего внутреннего корабля отложить отрезок A_1O , равный ширине строя.

3. Через точку O перпендикулярно линии назначенного курса (под углом α к линии первого полуповорота) провести линию второго полуповорота. Отложить по ней два отрезка, равные ширине строя, нанести точки второго полуповорота крайнего внутреннего A_2 и крайнего внешнего B_2 кораблей, а на середине отрезка A_2B_2 — точку C_2 середины строя.

4. Провести линии перемены ходов:

— от точки B_2 второго полуповорота внешнего корабля до точки C_1 конца первого полуповорота середины строя;
— от точки C_2 середины строя на линию второго полуповорота до точки A_1 первого полуповорота внутреннего корабля.

5. Рассчитать момент, когда свой корабль должен начинать первый полуповорот (если корабли следуют строем фронта, то первый полуповорот выполняется ими одновременно по исполнительному сигналу флагмана), и промежутки времени от конца

первого полуповорота до момента изменения хода и от момента изменения хода до начала второго полуповорота исходя из того, что:

— до начала первого полуповорота все корабли следуют полным ходом;

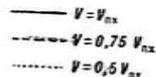
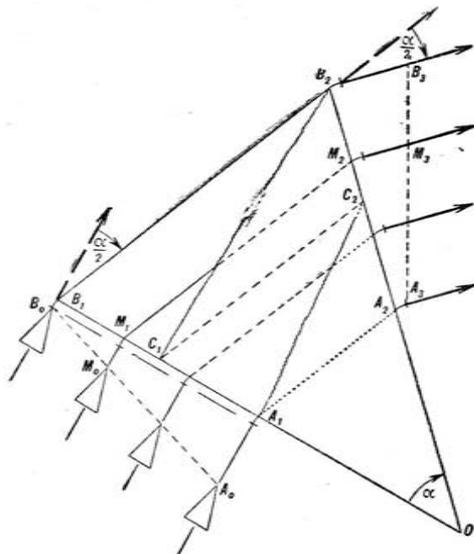


Рис. 25.3

— в момент конца первого полуповорота корабли внешней половины строя хода не меняют; средний корабль и все корабли внутренней (относительно стороны поворота) половины строя, кроме крайнего внутреннего, дают средний ход (0,75 скорости полного хода); крайний внутренний корабль дает малый ход (0,5 скорости полного хода);

— на линиях перемены хода корабли внешней половины строя уменьшают ход с полного до среднего (0,75 скорости полного хода), корабли внутренней половины строя — со среднего до малого (0,5 скорости полного хода).

6. Дойдя до линии второго полуповорота, все корабли ложатся на назначенный курс и дают полный ход.

7. Общее время поворота $t_{\text{пов}}$ строя на новый курс

$$t_{\text{пов}} = \frac{L + 4H \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{пх}}} + t_{\alpha} \quad (25.4)$$

Поисковый поворот (рис. 25.4). 1. В момент сигнала флагмана об исполнении поворота пустить секундомер и отметить на карте

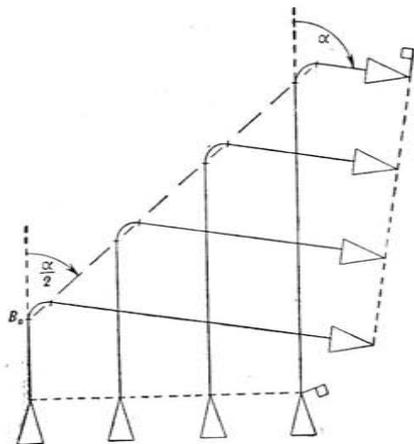


Рис. 25.4

место своего корабля и точку B_0 , где крайний внешний корабль (по отношению к стороне поворота) начал поворот.

2. От этой точки под углом $\frac{\alpha}{2}$ к линии первоначального курса провести линию поворота; рассчитать, когда корабль придет на эту линию.

3. Каждый корабль начинает поворот самостоятельно с приходом на линию поворота; скорость хода при повороте не меняется.

4. Общее время поворота на новый курс в строю фронта

$$t_{\text{пов}} = \frac{H \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{пх}}} + t_{\alpha} \quad (25.5)$$

Генеральный курс зигзага K_{Γ} — основное направление движения корабля, относительно которого производится маневрирование.

Частный курс K_i — курс корабля между двумя последовательными циркуляциями.

Угол поворота α_i — разность между двумя последовательными частными курсами зигзага: $\alpha_i = K_i - K_{i-1}$.

Угол отворота (угол зигзага) β_i — разность между частным и генеральным курсом зигзага: $\beta_i = K_i - K_{\Gamma}$.

Период зигзага t_3 — время, по истечении которого углы поворота и частные курсы начинают повторяться в той же последовательности.

Глубина зигзага H_3 — расстояние по направлению перпендикуляра к генеральному курсу между двумя наиболее удаленными точками зигзага.

Длина зигзага L_3 — полезное расстояние по генеральному курсу, проходимое за один период.

Выполнение зигзага:

1-й способ — назначаются длительности следования частными курсами. С концом поворота на каждый частный курс включается секундомер. По истечении назначенной длительности частного курса начинается поворот на очередной частный курс; секундомер выключается.

2-й способ — назначается время от начала зигзага до поворота на каждый частный курс. Секундомер (или специальные часы) включается по исполнителю сигналу флагмана о начале зигзага. Поворот на новый частный курс начинается после истечения назначенного времени от начала зигзага.

Прокладка зигзага:

1-й способ (применяется при ведении навигационной и автоматической прокладки) — на карте крупного масштаба или планшете для ведения боевой прокладки прокладываются каждый частный курс зигзага, пройденное по нему расстояние и все циркуляции.

2-й способ (применяется также при ведении навигационной прокладки, но менее точен) — путь корабля за время полного периода зигзага вычерчивается в масштабе карты на кальке; наложив кальку на карту и ориентируя ее по генеральному курсу, можно нанести место корабля на любой момент времени.

3-й способ (применяется при предварительной прокладке и приближенных тактических расчетах) — по линии генерального курса прокладывается генеральное плавание S_{Γ} :

$$S_{\Gamma} = V_{\Gamma} t, \quad (26.1)$$

где V_{Γ} — генеральная скорость;

t — время плавания на зигзаге.

Для простого зигзага приближенно, без учета циркуляции

$$V_{\Gamma} = V \cos \beta. \quad (26.2)$$

Для сложного зигзага при расчете генеральной скорости на планшете или крупномасштабной карте следует проложить все

частные курсы за целый период зигзага, измерить длину зигзага и найти ее отношение k к полному расстоянию S , проходимому кораблем на частных курсах и циркуляциях за время периода зигзага:

$$k = \frac{L_3}{S}. \quad (26.3)$$

Рассчитать генеральную скорость

$$V_{\Gamma} = kV. \quad (26.4)$$

Координат — маневр, состоящий из двух следующих одна за другой циркуляций, совершаемых без разрыва во времени в разные стороны (рис. 26.1).

Угол координата α — угол наибольшего отклонения курса корабля от первоначального курса.

Смещение по курсу l — расстояние от точки начала до точки конца координата в направлении первоначального курса:

$$l = D_{\text{ц}} \sin \alpha, \quad (26.5)$$

где $D_{\text{ц}}$ — диаметр циркуляции.

Смещение в боковом направлении p — расстояние от точки начала до точки конца координата в направлении, перпендикулярном линии первоначального курса:

$$p = D_{\text{ц}} (1 - \cos \alpha). \quad (26.6)$$

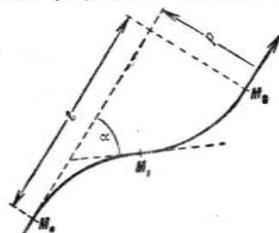


Рис. 26.1

§ 26.2. УЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ МАНЕВРИРОВАНИЯ

При графическом решении задач на карте. 1. Решить задачу в первом приближении без учета циркуляции.

2. Учтя время, необходимое для поворота маневрирующего на рассчитанный в первом приближении курс, нанести места объекта маневра и маневрирующего в момент конца циркуляции маневрирующего корабля.

3. Принимая эти места за начальные, вторично решить задачу.

4. Если найденный при этом курс маневрирующего будет значительно отличаться от результата первого приближения, нанести более точно места объекта маневра и маневрирующего в момент конца циркуляции маневрирующего корабля и решить задачу в третьем приближении.

При графическом решении задач на маневренном планшете (рис. 26.2). 1. Решить задачу в первом приближении без учета циркуляции (вектор относительного перемещения \vec{S}_{Γ} , вектор скорости маневрирующего корабля \vec{V}_{M1} , курс маневрирующего K_{M1})

2. Из центра планшета проложить (удобнее — в увеличенном в 10 раз масштабе) абсолютные перемещения объекта маневра $S_{КЦ}$ и маневрирующего корабля $S_{МЦ}$ за время его циркуляции; снять величину и направление соединяющего полученные при этом точки A и B вектора относительного перемещения маневрирующего корабля за время циркуляции $\bar{S}_{\rho 1}$.

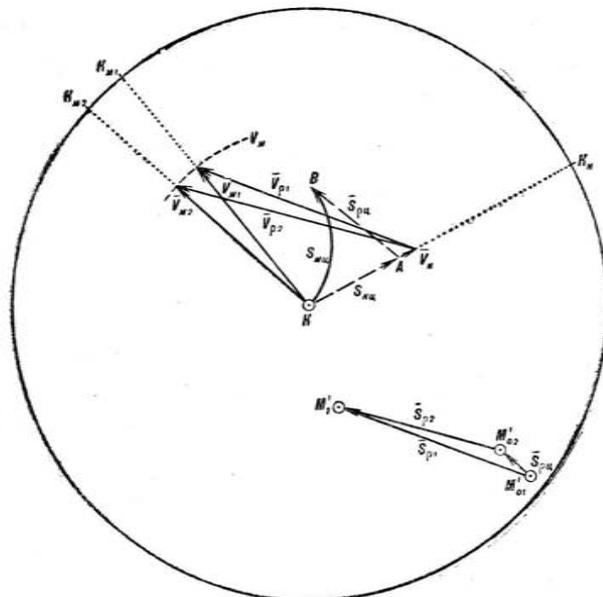


Рис. 26.2

3. Отложив вектор $\bar{S}_{\rho 1}$ из начальной относительной позиции маневрирующего корабля M'_{01} (не забыть, что предыдущее построение выполнялось в увеличенном в 10 раз масштабе), найти относительную позицию маневрирующего корабля в момент конца его циркуляции M'_{02} .

4. Исходя из начальной относительной позиции маневрирующего корабля M'_{02} решить задачу во втором приближении (век-

тор относительного перемещения $\bar{S}_{\rho 2}$, вектор относительной скорости $\bar{V}_{\rho 2}$, вектор скорости маневрирующего корабля \bar{V}_{M2} , курс маневрирующего K_{M2}). Обычно уже второе приближение достаточно точное.

§ 26.3. КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ И КОРРЕКТИРОВКА МАНЕВРА

Точность выполнения маневра удобно контролировать в относительном движении на маневренном планшете (рис. 26.3). Перио-

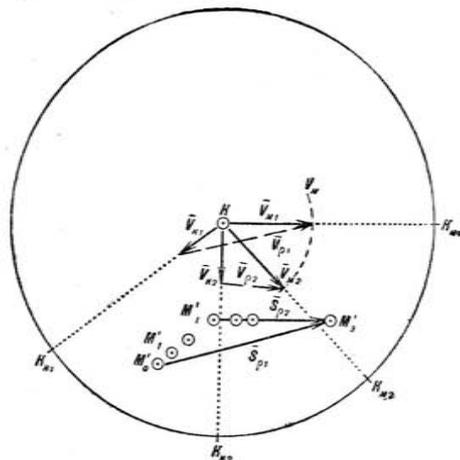


Рис. 26.3

дически определяется положение маневрирующего корабля относительно объекта маневра, его относительные позиции M'_1, M'_2, \dots, M'_i наносятся на планшет. Если маневр выполняется правильно, то они должны располагаться на расчетной линии относительного перемещения $\bar{S}_{\rho 1}$. Если это условие не соблюдено, надо ввести корректировку в маневр:

- если возможно, определить более точно элементы движения объекта маневра;
- соединив последнюю из нанесенных на планшет относительных позиций M'_i с заданной M'_3 , найти откорректированное направление вектора относительного перемещения $\bar{S}_{\rho 2}$;

— проведя параллельную ему прямую из конца откорректированного вектора скорости объекта маневра \bar{V}_{K2} до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости маневрирующего, найти откорректированный вектор скорости \bar{V}_{M2} и соответствующий ему курс маневрирующего корабля K_{M2} .

§ 26.4. РАСЧЕТЫ МАНЕВРИРОВАНИЯ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ СО ВСТРЕЧНЫМИ КОРАБЛЯМИ (СУДАМИ) В МАЛУЮ ВИДИМОСТЬ

При плавании в условиях малой видимости должны строго выполняться требования Правил для предупреждения столкновений судов в море (ППСС) и Рекомендаций по использованию радиолокационной информации для предотвращения столкновений судов в море.

Маневр для избежания опасного (чрезмерного) сближения с другим судном, предпринимаемый в соответствии с п. (с) правила 16 ППСС, рассчитывают как уклонение от сближения на дальность слышимости туманных сигналов (20—25 каб). К выполнению маневра приступать недопустимо, если:

- позади своего траверза обнаружено другое судно;
- услышан его туманный сигнал (в соответствии с п. (b) правила 16 следует застопорить машины);
- встречное судно обнаружено визуально (вступают в действие правила части D ППСС).

Принимая решение об изменении курса, необходимо:

- убедиться в наличии достаточного водного пространства и помнить, что при применении этого маневра в узкости надлежит всегда выполнять правило 25 ППСС;
- убедиться, что изменение курса не приведет к опасному сближению (на расстояние менее 20—25 каб) с другими судами;
- начинать маневр заблаговременно — до того, как может быть услышан туманный сигнал встречного судна или оно будет обнаружено визуально;
- иметь достаточную информацию о положении встречного судна (определить элементы его движения).

Маневр удобно рассчитывать на маневренном планшете, считая свой корабль находящимся в его центре.

1. Каждую целую минуту (или через 2 мин) по секундомеру измерять пеленг и расстояние до встречного судна; откладывая их от центра планшета, наносить его относительные позиции K_1, K_2, \dots (рис. 26.4).

2. Проведя линию относительного перемещения $K'_1 K'_2$, разделить, в каком расстоянии D_{min} она проходит от центра планшета (расстояние, в котором произойдет расхождение, если ни мы, ни встречное судно не будем менять курса и скорости).

3. Рассчитать величину $V_p = S_p : t$, отложив ее из конца вектора \bar{V}_M своей скорости параллельно вектору \bar{S}_p , — найти вектор скорости встречного судна \bar{V}_K .

4. Если D_{min} меньше 20—25 каб, рассчитать маневр для избежания чрезмерного сближения (рис. 26.5):

— от последней относительной позиции встречного судна K'_i отложить величину относительного перемещения $V_p t_p$ за время t_p , необходимое для производства расчетов, — получить упрежденную относительную позицию K'_y ;

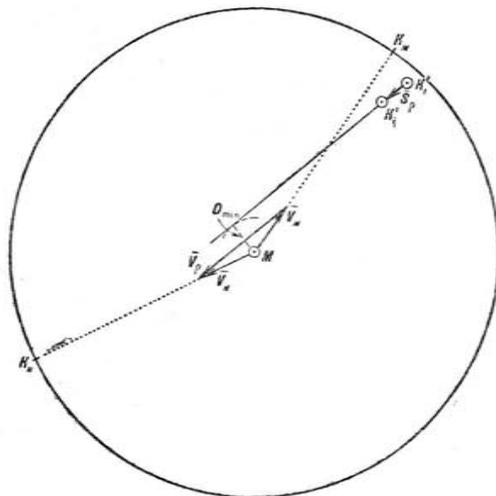


Рис. 26.4

— из точки K'_y провести касательные к окружности планшета, соответствующей избранной дистанции расхождения D_3 , — найти два варианта векторов относительного перемещения \bar{S}_{p1} и \bar{S}_{p2} при выполнении маневра;

— параллельно этим векторам, но в обратном направлении провести из конца вектора \bar{V}_K прямые линии до пересечения с окружностью планшета, соответствующей скорости своего корабля, избранной для выполнения маневра, — получить два варианта вектора скорости своего корабля \bar{V}_{M1} и \bar{V}_{M2} (векторы \bar{V}_{p1} и \bar{V}_{p2} имеют направление, обратное векторам \bar{S}_{p1} и \bar{S}_{p2} , потому что в центре планшета помещен не объект маневра, а свой корабль);

— из двух вариантов решения выбрать соответствующий указаниям п. 5 (с) Рекомендаций по использованию радиолокационной информации для предотвращения столкновений судов в море: изменение курса должно быть значительным (небольшие изменения курса могут остаться незамеченными и ввести встречное судно в заблуждение) — и п. 6: изменение курса вправо, особенно когда судно, по-видимому, сближаются прямо или почти прямо противоположными курсами, обычно предпочтительнее изменению курса влево (на рис. 26.5 этим указаниям соответствует вектор \vec{V}_{p1}).

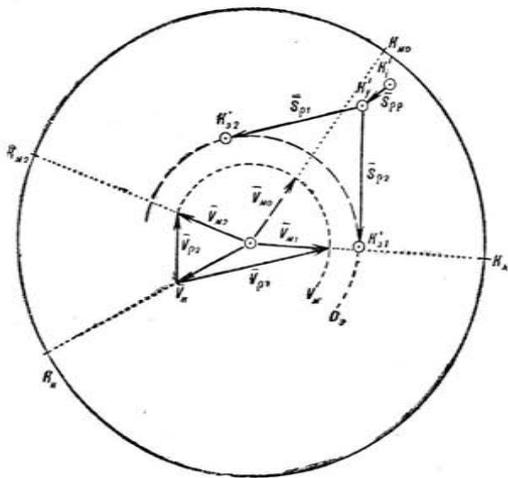


Рис. 26.5

Если изменением курса чрезмерного сближения со встречным судном избежать нельзя, то в зависимости от условий можно изменить курс и скорость или одну только скорость. Для этого следует выбрать такой вектор скорости своего корабля (курс и скорость), чтобы линия относительного перемещения проходила в расстоянии не менее 20—25 каб от центра планшета. Выполняя расчеты, надлежит соблюдать указания Рекомендаций: изменения курса и скорости должны быть значительными. Увеличение скорости весьма рискованно, поскольку при столкновении усугубляет его последствия и считается нарушением требований хорошей морской практики. Более разумно уменьшить или вообще застопорить ход.

Выполнив маневр, надо убедиться, что он привел к намеченному результату: продолжать наблюдение и прокладку до тех пор, пока встречное судно не окажется за траверзом настолько далеко, что даже неправильные его действия не приведут к опас-

ному сближению. Если, несмотря на принятые меры, встречное судно все же окажется в пределах дальности слышимости туманных сигналов (20—25 каб), то, хотя бы они еще и не были слышны, следует считать вступившими в действие требования п. (б) правила 16 ППСС: застопорить ход, пока не станут ясными положение и действия встречного судна, а затем идти с осторожностью, пока не минует опасность столкновения.

При обнаружении встречного судна гидроакустической (гидролокационной или шумопеленгаторной) станцией:

— если имеется возможность определить элементы движения встречного судна и оно обнаружено на расстоянии, допускающем заблаговременное выполнение маневра для избежания чрезмерного (20—25 каб) сближения, расчет маневра выполняется, как изложено выше;

— если встречное судно обнаружено впереди траверза, пеленг не меняется или меняется на нос, а расстояние неизвестно, следует уменьшить или застопорить ход.

РАЗДЕЛ III
МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ

Глава 27

КООРДИНАТЫ НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ

§ 27.1. НЕБЕСНЫЕ СВЕТИЛА

Навигационные звезды. Навигационными называются 160 наиболее ярких звезд до 3,7 звездной величины, сведения о которых помещены в Морском астрономическом ежегоднике (МАЕ). Усло-

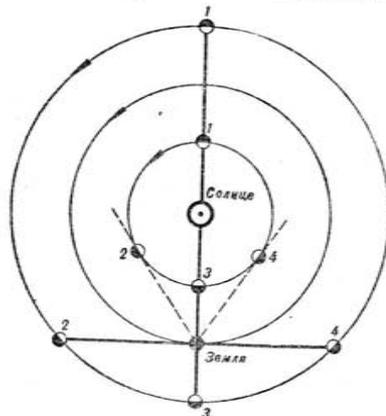


Рис. 27.1

вия их видимости на заданный момент времени определяются с помощью звездного глобуса (§ 27.2), на котором нанесено 167 звезд. По таблицам Высоты и азимуты светил (ВАС-58) можно обрабатывать 127 звезд. Карты навигационных звезд помещены в МАЕ и таблицах ВАС-58. Каждый штурман должен знать наименования и расположение не менее 40—50 основных навигационных звезд.

Таблица 27.1

Некоторые сведения о Солнце, навигационных планетах и Луне

Светило	Астрономический знак	Наклон орбиты к орбите Земли, град	Среднее расстояние от Солнца, млн. км	Период обращения	Видимый диаметр, дуг. мин	Суточный параллакс, дуг. мин	Звездная величина
Солнце	☉	—	—	—	31,6—32,6	0,15	—26,7
Венера	♀	3,4	108	228 суток	0,2—0,3	0,1—0,5	—4,3
Земля	♁	0,0	150	365 суток	—	—	—
Марс	♂	1,8	228	686 суток	0,1—0,4	0,1—0,4	—2,8
Юпитер	♃	1,3	778	12 лет	0,5—0,8	0,0	—2,5
Сатурн	♄	2,5	1426	30 лет	0,2—0,3	0,0	—0,5
Луна	☾	5,1	384 тыс. км от Земли	27,5 суток вокруг Земли	29,4—33,6	52—62	—12,7

Конфигурации и условия видимости планет

Планета	Позиция планеты на рис. 27.1		
	1	2	3
Венера	Верхнее соединение. Скрыта в лучах Солнца	Восточная элонгация. Видна вечером на западе	Нижнее соединение. Скрыта в лучах Солнца
Мартс, Юпитер, Сатурн	Соединение. Скрыта в лучах Солнца	Восточная квадратура. Видна первую половину ночи на западе	Противостояние. Видна всю ночь
			Западная элонгация. Видна утром на востоке
			Западная квадратура. Видна вторую половину ночи на востоке

Солнце и планеты. Взаимные расположения Земли и планет относительно Солнца (рис. 27.1 и табл. 27.2) называются планетными конфигурациями. Даты их наступления для навигационных планет приводятся на стр. 26 МАЕ, а условия видимости планет — на стр. 28 МАЕ. Более точно условия видимости планет в заданном пункте на любой день года определяются с помощью звездного глобуса.

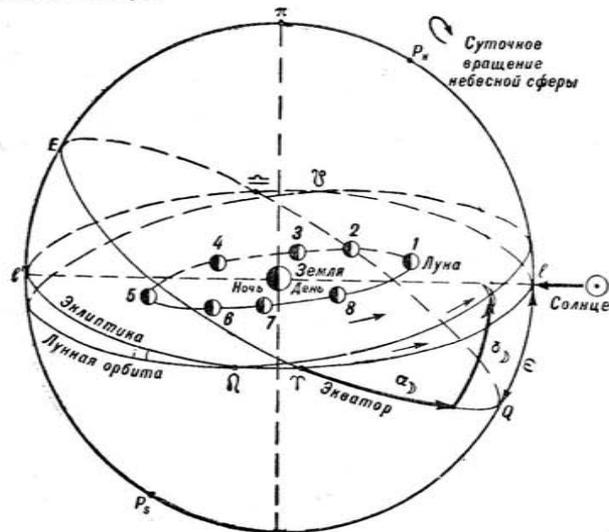


Рис. 27.2

Луна. Некоторые сведения о Луне приведены в табл. 27.1, конфигурации и фазы Луны показаны на рис. 27.2 и в табл. 27.3. Моменты их наступления определяются по таблице МАЕ (стр. 27) или по возрасту Луны.

Возраст Луны $V_{\text{л}}$ — число суток, прошедших от ближайшего новолуния. Его величина на начало каждого суток может быть выбрана из МАЕ (стр. 27) или подсчитана приближенно по формуле

$$V_{\text{л}} = D + M + J, \quad (27.1)$$

где D — порядковый день месяца;

M — номер месяца в году;

J — лунное число года, выбираемое из табл. 27.4 или вычисляемое заранее по формуле (27.1) по выбранному на несколько дат возрасту Луны из МАЕ; ежегодно число J увеличивается на 11 суток.

Таблица 27.3

Лунные явления

Позиция на рис. 27.2	1	2	3	4	5	6	7	8
Конфигурация	Соединение (сизигия)	—	Восточная квадратура	—	Противостояние (сизигия)	—	Западная квадратура	—
Возраст, сутки	0	4	7,5	11	15	19	22,5	26
Фазы	Новолуние	В 1-й четверти	Первая четверть	Во 2-й четверти	Полнолуние	В 3-й четверти	Последняя четверть	В последней четверти
Период видимости	Невидима		Вечер		Ночь		Утро	

Продолжение

Освещенность	Неудовлетворительная		Удовлетворительная		Хорошая		Удовлетворительная	
Т _м верхней кульминации	12 ^ч	15 ^ч	18 ^ч	21 ^ч	0 ^ч	3 ^ч	6 ^ч	9 ^ч
Условия определения места по ☉ и ☽	Нет	Удовлетворительные	Хорошие	Удовлетворительные	Нет	Удовлетворительные	Хорошие	Удовлетворительные
Приливы	Максимальные		Минимальные		Максимальные		Минимальные	

Таблица 27.4

Лунное число

Год	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Л	17	28	9	20	2	13	23	5	16

ля (местный меридиан). Основные координаты — высота и азимут светила, дополнительная — зенитное расстояние.

Высота светила h — угол между плоскостью истинного горизонта наблюдателя и направлением на светило (дуга вертикала светила от истинного горизонта наблюдателя до видимого места светила на небесной сфере). Измеряется в градусной мере в пределах от 0 до $+90^\circ$ (к зениту) или до -90° (к надиру). Отрицательная высота называется снижением. На корабле высота может быть измерена секстаном.

Азимут светила A — угол между плоскостью меридиана наблюдателя и плоскостью вертикала светила (дуга истинного горизонта от меридиана наблюдателя до вертикала светила). Измеряется в градусной мере. Системы счета: круговая — от точки N к востоку в пределах от 0 до 360° ; полукруговая — от точки N или S (одноименной с широтой места) к востоку или западу в пределах от 0 до 180° ; четвертная — от точки N или S к востоку или западу в пределах от 0 до 90° . В круговой системе счета A наименования не имеет; в полукруговой и четвертной первая буква наименования (N или S) указывает точку горизонта, от которой ведется счет азимута, вторая — точку горизонта, в сторону которой он отсчитывается. На корабле азимут может быть измерен пеленгатором магнитного или гирокопического компаса: $A = КПГК + \Delta GK = КПМК + \Delta МК = ИК + КУ$.

Зенитное расстояние z — дуга вертикала светила от зенита до видимого места светила на небесной сфере. Измеряется в пределах от 0 до 180° : $z = 90^\circ - h$.

Первая экваториальная система сферических координат связана с местом наблюдателя на поверхности Земли. Начальными координатными кругами служат небесный экватор и местный меридиан. Основные координаты — склонение и местный часовой угол светила; дополнительная — полярное расстояние.

Склонение светила δ — угол между плоскостью экватора и направлением на светило (дуга меридиана светила от экватора до видимого места светила на небесной сфере). Измеряется в градусной мере в пределах от 0 до $\pm 90^\circ$ (к ближайшему полюсу). Наименования — северное (N) или южное (S). Предвычисляется с помощью МАЕ.

Местный часовой угол светила t_M — угол между полуденной частью меридиана наблюдателя и плоскостью меридиана светила (дуга экватора от полуденной части местного меридиана до меридиана светила). Измеряется в градусной или часовой мере. Системы счета: круговая — от полуденной части местного меридиана к западу; полукруговая (практическая) — от полуденной части местного меридиана к западу или востоку. Наименование: в круговой системе — W ; в полукруговой — W или Ost ; $t_{Ost} = 360^\circ - t_W$. Предвычисляется с помощью МАЕ.

Полярное расстояние Δ — дуга меридиана светила от повышенного полюса до видимого места светила на небесной сфере. Измеряется в пределах от 0 до 180° : $\Delta = 90^\circ - \delta$.

Вторая экваториальная система сферических координат не связана с местом наблюдателя на поверхности Земли. Начальными координатными кругами служат небесный экватор и меридиан точки Овна (точки Весны). Основные координаты — склонение и прямое восхождение; дополнительные — полярное расстояние и звездное дополнение светила.

Склонение δ и полярное расстояние Δ светила — как в первой экваториальной системе.

Прямое восхождение α — угол между плоскостью меридиана точки Овна и плоскостью меридиана светила в сторону суточного вращения Земли (дуга экватора от точки Овна в сторону, обратную видимому суточному движению светил, до меридиана светила). Измеряется в градусной или часовой мере в пределах от 0 до 360° (от 0 до 24 ч). Наименования не имеет. Предвычисляется с помощью МАЕ.

Звездное дополнение светила τ — дополнение прямого восхождения до 360° : $\tau = 360^\circ - \alpha$.

Переход от горизонтных к экваториальным координатам и обратно осуществляется решением параллактического треугольника (§ 27.3), а от градусной меры измерения дуг и углов к часовой и обратно — по табл. 39 МТ-63, приложению 4 МАЕ или на основании соотношений:

$360^\circ = 24 \text{ ч}$; $15^\circ = 1 \text{ ч}$; $1^\circ = 4 \text{ мин}$; $0,1^\circ = 24 \text{ сек}$; $15' = 1 \text{ мин}$
 $1' = 4 \text{ сек}$; $0,25' = 1 \text{ сек}$; $0,1' = 0,4 \text{ сек}$.

Построение перспективного чертежа небесной сферы (для ориентировки в положении светил на небесном своде и преобразования координат с точностью около $5'$):

— из произвольно взятой точки O (рис. 27.3) радиусом около 5 см провести местный меридиан PZP' ;

— провести диаметр $Z\eta$, изображающий направление отвесной линии в заданном месте M (φ, λ), пометить точки зенита Z и надира η ;

— перпендикулярно отвесной линии провести полуденную линию NS и истинный горизонт NO^stSW ; точка N наносится справа при расположении светила в восточной полусфере, т. е. при восточном азимуте (восточном часовом угле) светила в полукруговом счете, или слева в противном случае;

— под углом широты φ к полуденной линии провести ось мира PP' и отметить полюсы мира: повышенный P (одноименный с широтой) и пониженный P' (разноименный с широтой), причем в северной широте P_N должен быть над точкой N на высоте $NP_N = \varphi_N$, а в южной широте P_S должен быть над точкой S на высоте $SP_S = \varphi_S$;

— у P показать направление видимого суточного вращения сферы (по часовой стрелке, если смотреть со стороны P_N);

— перпендикулярно оси мира провести небесный экватор EO^stQW и отметить точки O^st и W его пересечения с истинным горизонтом и точки E и Q пересечения с меридианом места (точка E обычно ставится на полуденной части меридиана места);

— по заданным координатам светила на глаз нанести его вертикал $Z\eta n$ по A , альмукантарат asa' по h , меридиан $P\varphi P'$ по t , параллель $b\delta b'$ по δ ;

— при необходимости нанести точку Овна Υ (по ее местному часовому углу t_M или по прямому восхождению светила α);

— на глаз определить искомые координаты светила.

Звездный глобус (рис. 27.4) обеспечивает переход от одной системы сферических координат к другой и решение других задач мореходной астрономии с погрешностью до $1,5-2^\circ$ (6-8 мин). Для

регулировки глобуса проверить свободу его вращения вокруг оси мира и при необходимости отрегулировать пружинный тормоз. Совместить нулевые деления меридианного кольца 1 с истинным горизонтом 5 и проверить совпадение с последним небесного экватора. Если они не совпадают, отрегулировать глобус перемещением опорной планки меридианного кольца, расположенной внутри футляра на днище.

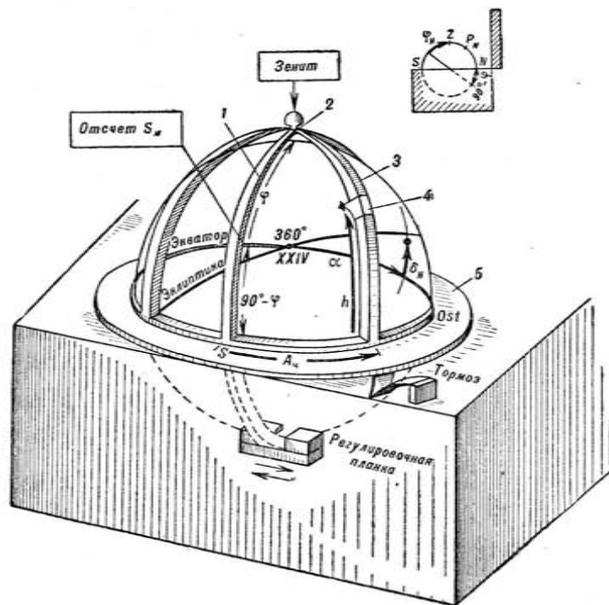


Рис. 27.4

Нанесение видимых мест светила на звездный глобус:

- на заданный момент T_c , переведенный в $T_{Гр}$, рассчитать прямое восхождение и склонение светила (§ 29.1);
- по шкале экватора по значению α найти положение меридиана светила; совместить этот меридиан с меридианным кольцом;
- по шкале меридианного кольца найти отсчет склонения светила δ (северного или южного);
- мягким карандашом («Стеклограф», «Дерматограф») пометить положение светила на глобусе (видимое место Солнца

должно получиться на эклиптике, видимые места планет и Луны — вблизи эклиптики; угловое расстояние между Солнцем и Луной должно согласовываться с возрастом Луны);

— видимые места звезд на глобусе отыскиваются по названиям созвездий или по выбранным из МАЕ (стр. 396—401) прямым восхождениям и склонениям.

Установка звездного глобуса по широте и времени. Повернуть меридианное кольцо так, чтобы для северной широты над горизонтом располагался северный полюс мира (звезда *Polaris*), а его высота над точкой N горизонта была равна заданной φ_N , для чего отсчет шкалы меридианного кольца, равный $\psi = 90^\circ - \varphi_N$, совмещают с точкой N горизонта. Для южной широты с точкой S горизонта следует совместить отсчет шкалы меридианного кольца $\psi = 90^\circ - \varphi_S$; над горизонтом должен оказаться южный полюс мира. Проверить правильность установки: под зенитом должен оказаться отсчет шкалы меридианного кольца, соответствующий величине и наименованию заданной широты.

Для установки глобуса по времени наблюдений вычислить на заданный момент местный часовой угол точки Овна t_M^T (§ 29.1) и совместить равный ему (в западном счете) отсчет шкалы экватора с меридианным кольцом глобуса.

Установленный по φ и $t_M^T = S_M$ звездный глобус воспроизводит соответствующую картину надгоризонтной части сферы (глаз наблюдателя находится в центре глобуса). Видимая извне на глобусе конфигурация созвездий обратна реальной.

Определение высоты и азимута светила:

- установить глобус по широте и времени;
- один из оцифрованных вертикалов 3 крестовины 2 подвести к избранному светилу;
- с помощью подвижного индекса 4 прочитать высоту светила;
- по шкале истинного горизонта прочитать величину четвертого азимута светила и перевести его в круговой счет.

§ 27.3. СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ СФЕРИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

Полюс освещения (географическое место) светила — точка σ' на земной поверхности, в которой в данный момент светило находится в зените ($h = 90^\circ$).

Параллактический треугольник — сферический треугольник $P_N Z \sigma$ на небесной сфере (рис. 27.5) с вершинами в северном полюсе мира P_N , зените Z наблюдателя $M(\varphi, \lambda)$ и видимом месте светила $\sigma(\delta, t_{Гр})$. На Земле ему соответствует параллактический треугольник $P_N M \sigma'$.

Соотношения между географическими координатами на Земле и экваториальными координатами на сфере:

между географическими координатами наблюдателя M и экваториальными координатами его зенита Z :

$$\varphi = \delta_Z; \quad \lambda = t_{\text{ГР}}^Z; \quad \alpha_Z = t_{\text{М}}^{\Gamma}, \quad (27.4)$$

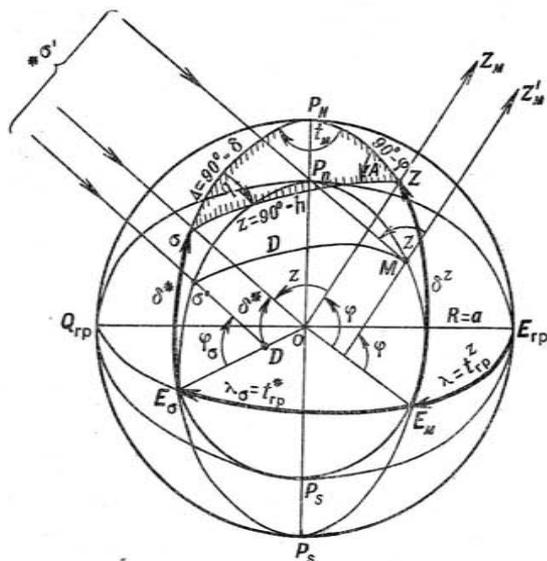


Рис. 27.5

между экваториальными координатами светила σ и географическими координатами его полюса освещения σ^* :

$$\varphi_{\sigma} = \delta_{\sigma}; \quad \lambda_{\sigma} = t_{\text{ГР}}^{\sigma}, \quad (27.5)$$

Соотношения экваториальных координат светил:
для часового угла точки Овна:

$$t_{\text{М}}^{\Gamma} = t_{\text{ГР}}^{\Gamma} \pm \lambda_{\text{W}}^{Ost}; \quad t_{\text{ГР}}^{\Gamma} = t_{\text{ГР}} + \alpha = t_{\text{ГР}} - \tau; \quad (27.6)$$

$$t_{\text{ГР}}^{\Gamma} = T_{\text{ГР}} + R; \quad R = 180^{\circ} + \alpha_{\otimes}; \quad (27.7)$$

для часовых углов светил:

$$t_{\text{М}} = t_{\text{ГР}} \pm \lambda_{\text{W}}^{Ost}; \quad t_{\text{ГР}} = t_{\text{ГР}}^{\Gamma} + \tau = t_{\text{ГР}}^{\Gamma} - \alpha; \quad (27.8)$$

$$t_{\text{ГР}} = T_{\text{ГР}} \pm 180^{\circ} + \alpha_{\otimes} - \alpha; \quad t_{\text{ГР}}^{\otimes} = T_{\text{ГР}} \pm 180^{\circ}; \quad (27.9)$$

$$t_{\text{ГР}}^{\odot} = T_{\text{ГР}} + E; \quad E = 12^{\text{ч}} - \eta; \quad (27.10)$$

для прямых восхождений и звездных дополнений светил:

$$\tau = 360^{\circ} - \alpha = t - t^{\Gamma}; \quad (27.11)$$

$$\alpha = 360^{\circ} - \tau = t^{\Gamma} - t; \quad (27.12)$$

$$\alpha_{\otimes} = \alpha_{\odot} - \eta = t^{\Gamma} - T \pm 180^{\circ}; \quad (27.13)$$

для уравнения времени

$$\eta = \alpha_{\odot} - \alpha_{\otimes} = t^{\otimes} - t^{\odot} = T - t^{\odot} \pm 12^{\text{ч}}. \quad (27.14)$$

Основные соотношения между элементами параллактического треугольника (для углов в полукруговом счете):
формулы косинусов сторон:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t; \quad (27.15)$$

$$\sin \delta = \sin \varphi \sin h + \cos \varphi \cos h \cos A; \quad (27.16)$$

$$\sin \varphi = \sin \delta \sin h + \cos \delta \cos h \cos q; \quad (27.17)$$

формулы косинусов углов:

$$\cos A = -\cos t \cos q + \sin t \sin q \sin \delta; \quad (27.18)$$

$$\cos t = -\cos A \cos q + \sin A \sin q \sin h; \quad (27.19)$$

$$\cos q = -\cos A \cos t + \sin A \sin t \sin \varphi; \quad (27.20)$$

формулы синусов:

$$\sin A \cos h = \sin t \cos \delta; \quad (27.21)$$

$$\sin t \cos \varphi = \sin q \cos h; \quad (27.22)$$

$$\sin q \cos \delta = \sin A \cos \varphi; \quad (27.23)$$

формулы котангенсов (формулы четырех рядом лежащих элементов):

$$\text{ctg } A \sin t = \text{tg } \delta \cos \varphi - \sin \varphi \cos t; \quad (27.24)$$

$$\text{ctg } A \sin q = \text{tg } \delta \cos h - \sin h \cos q; \quad (27.25)$$

$$\text{ctg } t \sin A = \text{tg } h \cos \varphi - \sin \varphi \cos A; \quad (27.26)$$

$$\text{ctg } t \sin q = \text{tg } h \cos \delta - \sin \delta \cos q; \quad (27.27)$$

$$\text{ctg } q \sin A = \text{tg } \varphi \cos h - \sin h \cos A; \quad (27.28)$$

$$\text{ctg } q \sin t = \text{tg } \varphi \cos \delta - \sin \delta \cos t. \quad (27.29)$$

Дополнительные соотношения между элементами параллактического треугольника:

формулы пяти рядом лежащих элементов:

$$\cos h \cos A = \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t; \quad (27.30)$$

$$\cos h \cos q = \cos \delta \sin \varphi - \sin \delta \cos \varphi \cos t; \quad (27.31)$$

$$\cos \delta \cos t = \cos \varphi \sin h - \sin \varphi \cos h \cos A; \quad (27.32)$$

$$\cos \delta \cos q = \cos h \sin \varphi - \sin h \cos \varphi \cos A; \quad (27.33)$$

$$\cos \varphi \cos A = \cos h \sin \delta - \sin h \cos \delta \cos q; \quad (27.34)$$

$$\cos \varphi \cos t = \cos \delta \sin h - \sin \delta \cos h \cos q. \quad (27.35)$$

формулы квадрата синуса половинного угла:

$$\sin^2 \frac{z}{2} = \sin^2 \frac{\varphi - \delta}{2} + \cos \varphi \cos \delta \sin^2 \frac{t}{2}; \quad (27.36)$$

$$\sin^2 \frac{z}{2} = \sin^2 \frac{\varphi - \delta}{2} \cos^2 \frac{t}{2} + \cos^2 \frac{\varphi + \delta}{2} \sin^2 \frac{t}{2}; \quad (27.37)$$

$$\sin^2 \frac{A}{2} = \frac{\cos(\varphi - h) - \sin \delta}{2 \cos \varphi \cos h}; \quad (27.38)$$

формулы тангенсов для высоты и азимута:

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \delta \sec t; \quad (27.39)$$

$$\operatorname{tg} A = -\operatorname{tg} t \cos x \operatorname{cosec}(\varphi - x); \quad (27.40)$$

$$\operatorname{tg} h = -\operatorname{ctg}(\varphi - x) \cos A; \quad (27.41)$$

формулы широты по δ , t , h :

$$\operatorname{tg} x = \operatorname{tg} \delta \sec t;$$

$$\cos(\varphi - x) = \sin h \sin x \operatorname{cosec} \delta; \quad (27.42)$$

формулы широты по h , A , δ :

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{ctg} h \cos A;$$

$$\sin(\varphi + \psi) = \sin \delta \cos \varphi \operatorname{cosec} h. \quad (27.43)$$

Для параллактического треугольника ориентира на земном шаре указанные выше основные и дополнительные соотношения остаются в силе после перехода от сферических географических координат к сферическим и введения обозначений:

$$\delta = \varphi_{\sigma}; \quad t = \lambda - \lambda_{\sigma}; \quad h = 90^{\circ} - D. \quad (27.44)$$

В этих формулах:

D — ортодромическое расстояние от наблюдателя M до ориентира σ ;

A — ортодромический азимут на ориентир;

q — параллактический угол (азимут от ориентира).

Выражения основных частных производных элементов параллактического треугольника приведены в табл. 27.5.

Таблица 27.5

Основные частные производные элементов параллактического треугольника

Обозначение	Постоянные элементы при дифференцировании	Выражение производной
$\frac{\partial t}{\partial \lambda}$	λ	1
$\frac{\partial t}{\partial \lambda}$	$t_{\text{гр}}$	1
$\frac{\partial h}{\partial \varphi}$	δ, t	$\cos A$
$\frac{\partial h}{\partial \delta}$	φ, t	$\cos q$
$\frac{\partial h}{\partial t}$	φ, δ	$-\cos \varphi \sin A = -\cos \delta \sin q$
$\frac{\partial A}{\partial \varphi}$	δ, t	$\operatorname{tg} h \sin A$
$\frac{\partial A}{\partial \delta}$	φ, t	$-\sec h \sin q$
$\frac{\partial A}{\partial t}$	φ, δ	$-\cos \delta \cos q \sec h = -\sin \varphi + \cos \varphi \cos A \operatorname{tg} h$
$\frac{\partial q}{\partial \varphi}$	δ, t	$-\sec h \sin A$
$\frac{\partial q}{\partial \delta}$	φ, t	$\operatorname{tg} h \sin q$
$\frac{\partial q}{\partial t}$	φ, δ	$-\cos \varphi \cos A \sec h$
$\frac{\partial t}{\partial \varphi}$	δ, h	$\sec \varphi \operatorname{ctg} A$
$\frac{\partial t}{\partial \delta}$	φ, h	$\sec \delta \operatorname{ctg} q$
$\frac{\partial t}{\partial A}$	δ, h	$\operatorname{ctg} A \operatorname{tg} t$

Глава 28

ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ НА КОРАБЛЕ

§ 28.1. ЕДИНИЦЫ И СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Единицы эфемеридного времени. Эфемеридное время (ЕТ) — равномерно текущее время, применяемое при предвычислении координат (эфемерид) небесных тел.

Секунда времени международной системы единиц СИ равна $1:31\,556\,925,9747$ части тропического года, отнесенного к 12 ч нулевого января 1900 г. эфемеридного времени. Ее длительность равна средней продолжительности средней солнечной секунды за последние 300 лет.

Тропический год — промежуток времени между двумя последовательными прохождениями среднего Солнца через точку Овна. В настоящее время его длительность принята равной $365^{\circ}54^{\prime}48^{\prime\prime}.466$ — 365,2422 средних суток.

Атомная секунда — физический эталон секунды системы СИ; равна длительности $9\,192\,631\,770$ колебаний резонансной частоты атомов цезия при нулевом магнитном поле.

Сутки — промежуток времени длительностью 86 400 сек.

Звездные и солнечные единицы измерения времени. Звездные сутки — промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями точки Овна на одном и том же меридиане.

Средние солнечные сутки — промежуток времени между двумя последовательными нижними кульминациями среднего Солнца на одном и том же меридиане.

Соотношение между средними и звездными единицами времени:

1 тропический год = 365,2422 средних суток = 366,2422 звездных суток;

1 средние сутки = 1,002738 звездных суток = $24^{\text{ч}}03^{\text{м}}56,6^{\text{с}}$ в звездных единицах;

1 звездные сутки = 0,997270 средних суток = $23^{\text{ч}}56^{\text{м}}04,1^{\text{с}}$ в средних единицах.

Звездное время. Звездное местное время S_M — промежуток времени в звездных единицах от момента верхней кульминации точки Овна на местном меридиане до данного физического момента.

Звездное гринвичское время $S_{Гр}$ — звездное местное время на Гринвичском меридиане.

Соотношение между звездным временем на различных меридианах (рис. 28.1):

$$S_{Гр} = S_M \mp \lambda_{W}^{St}; \quad (28.1)$$

$$S_M = S_{Гр} \pm \lambda_{W}^{St}. \quad (28.2)$$

По величине звездное время равно западному часовому углу точки Овна:

$$S_{Гр} = t_{Гр}^{\uparrow}; \quad S_M = t_M^{\uparrow}. \quad (28.3)$$

При записи S_M нужно указывать долготу местного меридиана, а при расчетах S_M и $S_{Гр}$ иметь в виду, что «к востоку время старше». Звездное время не имеет даты, но в необходимых случаях ему может быть приписана соответствующая дата гражданского времени.

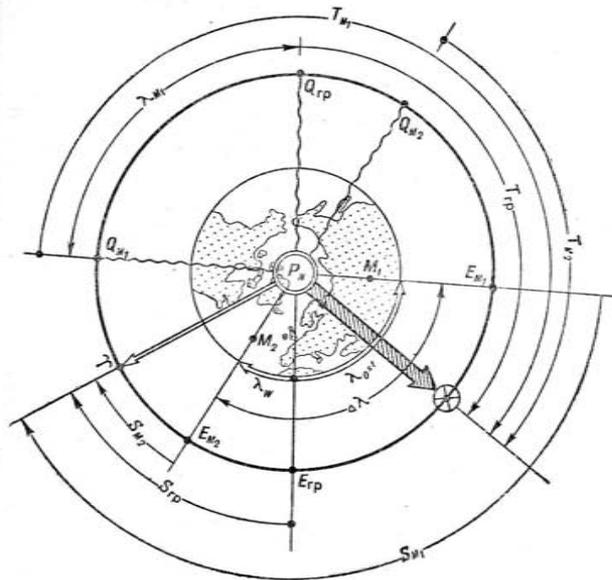


Рис. 28.1

Соотношение между звездным S и гражданским T временем:

$$S = T \pm 12 \text{ ч} + \alpha_{\odot}; \quad \Delta S = 1,002738 \Delta T. \quad (28.4)$$

Начало звездных и гражданских суток на одном и том же меридиане совпадает 22 сентября. С каждым днем звездные сутки начинаются на 4 мин раньше; через 30 суток рассогласование S_M и T_M достигает 2 ч, а через год 24 ч.

Гражданское (среднее солнечное) время. Гражданское местное время T_M — промежуток времени в средних солнечных единицах от момента нижней кульминации среднего Солнца на местном меридиане до данного физического момента. В любой

точке данного географического меридиана в один и тот же физический момент T_M одинаково. При записи T_M надо указывать календарную дату и долготу местного меридиана или его название.

Соотношение между гражданским местным T_M и всемирным временем $T_{Гр}$ (рис. 28.1):

$$T_{Гр} = T_M \mp \lambda \overset{Ost}{W}; \quad T_M = T_{Гр} \pm \lambda \overset{Ost}{W}. \quad (28.5)$$

При расчетах по этим формулам следует иметь в виду, что «к востоку время старше», а также учитывать возможное изменение календарной даты: если при расчетах необходимо из меньшей величины вычесть большую, то к меньшему моменту надо добавить 24 ч и уменьшить дату на единицу; если при сложении моментов времени получится результат более 24 ч, то надо отбросить 24 ч и увеличить дату на единицу.

Всемирное (универсальное, гражданское гринвичское) время $T_{Гр}$ — гражданское местное время на Гринвичском меридиане. Применяется при передаче радиосигналов времени и служит аргументом для входа в таблицы МАЕ. Формулы для расчета $T_{Гр}$ по местному гражданскому времени T_M , поясному времени $T_{№}$, декретному времени T_d и судовому времени T_c :

$$\left. \begin{aligned} T_{Гр} = T_M \mp \lambda \overset{Ost}{W}; \quad T_{Гр} = T_d \mp \lambda_d \overset{Ost}{W} \\ T_{Гр} = T_{№} \mp \lambda_{№} \overset{Ost}{W}; \quad T_{Гр} = T_c \mp \lambda_c \overset{Ost}{W}. \end{aligned} \right\} \quad (28.6)$$

При расчетах по этим формулам следует иметь в виду замечания к формулам (28.5).

Поясное время $T_{№}$ — местное гражданское время осевого меридиана часового пояса, распространенное на территорию всего пояса. Число минут и секунд поясного времени во всех поясах в один и тот же момент одинаково, а число часов отличается на целое число (в соседних поясах — на 1 ч). Для определения теоретического номера часового пояса надо заданную долготу перевести в часовую меру и округлить до ближайшего целого часа. Фактические границы часовых поясов показаны на карте часовых поясов издания ГС ВМФ. Переход от всемирного или местного времени к поясному:

$$T_{№} = T_{Гр} \mp \lambda_{№} \overset{Ost}{W}; \quad T_{№} = T_M \pm (\lambda_{№} - \lambda) \overset{Ost}{W}. \quad (28.7)$$

При расчетах по этим формулам следует иметь в виду замечания к формулам (28.5).

Декретное время T_d — поясное время, увеличенное на 1 ч:

$$\left. \begin{aligned} T_d = T_{№} + 1 \text{ ч}; \quad \lambda_d = \lambda_{№} + 1 \text{ ч} \\ T_d = T_{Гр} \mp \lambda_d \overset{Ost}{W}; \quad T_d = T_M \pm (\lambda_d - \lambda) \overset{Ost}{W} \end{aligned} \right\} \quad (28.8)$$

В СССР T_d используется постоянно в течение всего года. За границей ему соответствует «летнее время», вводимое в ряде стран на светлый период года.

Судовое время T_c — поясное время того часового пояса, по которому установлены часы на корабле. Оно может отличаться от поясного времени, соответствующего фактической долготе места корабля. Соотношения между судовым, всемирным и местным временем:

$$T_c = T_{Гр} \mp \lambda_c \overset{Ost}{W}; \quad T_c = T_M \pm (\lambda_c - \lambda) \overset{Ost}{W}, \quad (28.9)$$

где λ_c — номер того часового пояса, время которого используется в качестве судового;

λ — долгота меридиана, относительно которого измерено местное время.

Система счета судового времени устанавливается единой по флоту либо единой на операцию или учение. В отдельном плаваньи можно использовать поясной счет времени. Часы переставляются по разрешению командира корабля после доклада штурмана о прохождении границы часового пояса. При следовании на восток морские часы обычно переставляют на 1 ч вперед в ночное время, при следовании на запад — на 1 ч назад в дневное время. Перестановка часов отмечается в вахтенном, навигационном и машинном журналах. В высоких широтах пользоваться поясным временем нецелесообразно.

Для руководства повседневной жизнью корабля судовое время измеряют с округлением до 1 мин, для управления кораблем и ведения навигационной прокладки — с округлением до 1 мин при скорости хода до 12 уз, до 0,5 мин при скорости до 24 уз и до 0,1 мин при скорости более 24 уз.

Демаркационная линия времени — линия, разграничивающая XII^{Ost} и XIII часовые пояса, при переходе через которую изменяется обычный порядок счета календарных дат. Ее положение указано на карте часовых поясов, на навигационных картах и в МАЕ. При пересечении кораблем демаркационной линии времени в западном направлении с полуночи, следующей за моментом ее прохождения, увеличивают дату сразу на двое суток (одна дата выпадает из календаря). При пересечении кораблем демаркационной линии времени в восточном направлении с ближайшей полуночи считают наступившей прежнюю дату (календарь двое суток подряд показывает одну и ту же дату). Смена даты отмечается в вахтенном и навигационном журналах.

§ 28.2. СЛУЖБА ВРЕМЕНИ НА КОРАБЛЕ

Требования к службе времени на корабле. Основной руководящий документ по службе времени на корабле — ПШС № 29. На кораблях, снабженных хронометрами или палубными часами, время должно быть известно с точностью до 0,5 сек, на остальных кораблях — с точностью до 0,25 мин. Точность показаний всех морских часов на корабле должна быть в пределах $\pm 0,5$ мин.

Сведения о расписании и программах передач радиосигналов точного времени публикуются в Извещениях мореплавателям на каждое полугодие.

Корабельные измерители времени. Для хранения времени на корабле служат средние морские хронометры и палубные часы; для точного измерения моментов времени — палубные часы, для измерения времени при прокладке и управлении кораблем — морские часы. Для измерения судового времени личный состав может пользоваться собственными наручными или карманными часами; они проверяются ежедневно перед подъемом флага по команде вахтенного офицера и по сигналам времени, транслируемым по кораблю. Основные технические данные корабельных измерителей времени приведены в табл. 28.1 и 28.2.

Поправки измерителей времени. Поправка хронометра (часов) — разность между всемирным временем и показанием времени по хронометру (часам) в один и тот же момент:

$$u_x = T_{гр} - T_x; \quad u_ч = T_{гр} - T_ч. \quad (28.10)$$

где $T_{гр}$, T_x , $T_ч$ — время в 24-часовом счете, а не отсчет стрелок по циферблату, который более 12 ч не бывает.

Поправка часов относительно поясного времени равна

$$u_{\mathcal{N}} = T_{\mathcal{N}} - T_ч; \quad u_{\mathcal{N}} = u_ч \pm \mathcal{N} \frac{O^{st}}{W}. \quad (28.11)$$

Положительный знак u указывает, что измеритель времени в момент определения поправки был позади верного времени; отрицательный — что он был впереди верного времени.

Ход измерителя времени — скорость изменения его поправки. Суточный ход измерителя времени рассчитывается по формуле

$$\omega = \frac{u_1 - u_0}{T_1 - T_0}. \quad (28.12)$$

где $T_1 - T_0$ — промежуток времени в сутках и их долях между моментами определения поправок u_0 и u_1 (для перевода часов, минут и секунд в доли суток служит табл. 43-а МТ-63).

Для ослабления влияния случайных колебаний суточного хода на выводимую его величину этот промежуток времени должен быть в пределах пяти — семи суток. Отрицательный ход показывает, что прибор спешит, опережает равномерное течение времени; положительный ход показывает, что прибор отстает.

Систематическое изменение суточного хода $\Delta\omega$ — скорость изменения суточного хода по времени. Для его определения строится график, на котором по оси абсцисс откладывается время в сутках, по оси ординат — наблюдаемые значения суточного хода, приведенные к нормальной температуре. Между нанесенными на графике точками проводится средняя прямая. Величина $\Delta\omega$ в сек/сутки^2 вычисляется по формуле

$$\Delta\omega = \frac{\omega_1 - \omega_0}{T_1 - T_0}. \quad (28.13)$$

где ω_1 , ω_0 — снятые с графика примерно через месяц одно после другого средние значения суточного хода, сек/сутки ;
 $T_1 - T_0$ — соответствующий промежуток времени, сутки .

При экстраполяции суточного хода на двое — трое суток величиной $\Delta\omega$ можно пренебрегать.

Таблица 28.1

Технические данные морских хронометров и палубных часов

Показатель, параметр	Формула	Морские хронометры		Палубные часы
		1-го класса	2-го класса	
Продолжительность хода после полной заводки пружины, ч	—	56	56	48
Скачки секундной стрелки, сек	—	0,5 или	0,25	0,2
Срок смазки и переаттестации, лет	—	2	2	2
Средний суточный ход любого 7-суточного периода, сек/сутки	$\omega_m = \frac{\sum \omega_k}{n}$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$	$\pm 10,0$
Среднее отклонение суточного хода, сек/сутки	$\omega_k = \frac{u_1 - u_0}{T_1 - T_0}$ $E = \frac{\sum \Delta\omega_k}{n}$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 1,5$
Восстановление хода, сек/сутки	$\Delta\omega_k = \omega_k - \omega_m $ $R = \omega_V - \omega_1$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 6,0$
Максимальная вариация суточного хода, сек/сутки	$D = (\omega_k - \omega_{k-1})_{\max}$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$	$\pm 6,0$
Температурный коэффициент, сек/град/сутки	$C = \frac{1}{32} (\omega_{36^\circ} - \omega_{4^\circ})$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,4$
Вторичная ошибка, сек/град/сутки	$S = \frac{\omega_{36^\circ} + \omega_{4^\circ}}{2} - \omega_{20^\circ}$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 5,0$

Примечание. Согласно постановлению СНК СССР № 1833 от 16 февраля 1942 г. морские хронометры и палубные часы могут использоваться как приборы для хранения времени только при наличии аттестата.

Таблица 28.2

Технические данные секундомеров, наручных и морских часов

Показатель, параметр	Секундомеры			Наручные часы	Морские часы
	1-го класса	2-го класса	3-го класса		
Продолжительность хода после полной заводки пружины, ч	6	6 или 12		36	8 суток
Скачки секундной стрелки, сек	0,1	0,1 или 0,2		0,2	0,2
Срок смазки, лет	2-3	2-3	2-3	По необходимости	
Максимальный суточный ход при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$, сек/сутки	—	—	—	± 45	± 15
Максимальная погрешность показания времени при непрерывном ходе за 6 суток при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$, мин	—	—	—	—	1,5
Средний ход за 60 сек при температуре $20 \pm 5^\circ \text{C}$, сек	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	—	—
То же, за 15 мин	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	—	—
То же, за 30 мин	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$	$\pm 1,6$	—	—

Температурное изменение суточного хода рассчитывается по формуле

$$\Delta \omega_t = \alpha (t_2 - t_1) + \beta (t_2 - t_1)^2, \quad (28.14)$$

где α , β — линейный и квадратичный температурные коэффициенты хода прибора ($\alpha = \text{C}$, $\beta = \frac{1}{200} \text{C}^2$); приводятся в аттестатах хронометров и палубных часов;
 t_1 — нормальная температура (около $+20^\circ \text{C}$); указывается в аттестате прибора;
 t_2 — средняя температура промежутка $\Delta T = T_2 - T_1$, за который рассчитывается $\Delta \omega_t$.

Влияние температуры на ход хронометра или палубных часов учитывается с помощью графика зависимости суточного хода от температуры, построенного по данным аттестата. Для $t = +20 \pm 5^\circ \text{C}$ поправкой $\Delta \omega_t$ при экстраполяции ω на двое—трое суток можно пренебречь.

Экстраполяция поправки измерителя времени:

— из журнала хронометров и часов выписать последнюю из определенных по радиосигналам времени поправку u_1 , суточный ход ω_1 и момент T_1 их определения;

— рассчитать среднее значение суточного хода ω за промежуток между моментом времени T_1 и заданным моментом T_2 :

$$\omega = \omega_1 + \frac{n+1}{2} \Delta \omega + \Delta \omega_l, \quad (28.15)$$

где n — число суток в промежутке $T_2 - T_1$;

— вычислить на момент T_2 поправку измерителя времени по формуле

$$u_2 = u_1 + \omega (T_2 - T_1). \quad (28.16)$$

Определение поправок измерителей времени по широковещательным радиосигналам времени. Широковещательные сигналы времени (шесть точек), передаваемые в конце каждого часа, используются для определения поправок морских и наручных часов по формулам (28.10) и (28.11). Из-за невозможности контроля и невысокой точности результата ($\pm 0,2 \text{ сек}$) определять по ним поправки часов для астрономических наблюдений не следует.

Определение поправок измерителей времени по обыкновенным радиосигналам времени:

— наметить и записать номера сигналов в каждой серии и соответствующие им моменты всемирного времени $T_{\text{гр}}$;

— считая сигналы времени от нулевого тире, заметить в момент намеченного сигнала показание секундной стрелки хронометра (часов);

— записать показания T секундной, минутной и часовой стрелок (при приеме сигналов на хронометр его показания увеличиваются на $0,25 \text{ сек}$);

— повторить эти действия для трех—пяти серий при различных положениях секундной стрелки (для исключения ее эксцентриситета и ошибок из-за прывыкания к одинаковым отсчетам);

— по формулам (28.10) вычислить три—пять поправок и рассчитать из них среднюю; ее точность будет в пределах $\pm 0,1 \text{ сек}$.

При определении u_x с помощью секундомера он запускается в момент $T_{\text{гр}}$ передачи намеченного радиосигнала и останавливается в момент удара хронометра T_x , соответствующего целой секунде:

$$u_x = T_{\text{гр}} + T_{\text{ск}} - T_x, \quad (28.17)$$

где $T_{\text{ск}}$ — показание секундомера в момент его остановки.

Определение поправок измерителей времени по сличению. Сличение — разность одновременных показаний двух измерителей времени (поправка рабочих часов относительно хронометра). Для определения поправки часов надо:

— записать на $20-40 \text{ сек}$ вперед какое-либо кратное 10 сек показание хронометра T_x ;

— за 10 сек до его наступления начать счет ударов хронометра («ноль — раз, ноль — два...» или «и — раз, и — два...» и т. д., приснося цифру на целых секундах);

— за 5 сек до наступления записанного момента начать следить за секундной стрелкой часов, продолжая счет в такт ударам хронометра;

— на момент счета «... — десять» записать показания T_c секундной, минутной и часовой стрелок часов;

— при сличении с помощью секундомера предварительно согласовать его с часами, а затем остановить в назначенный заранее момент по хронометру или часам, поправка которых известна;

— если сличение делают два наблюдателя, то по команде «Ноль» одного из них в точно назначенный момент (после предварительной команды «Товсь» за несколько секунд до этого) второй замечает момент по своим часам с точностью до десятых долей секунды;

— сделав и рассчитав два — три сличения, вывести из них среднее:

$$cA = T_x - T_c; \quad cA_{cp} = \frac{\sum cA_i}{n}; \quad (28.18)$$

— на момент сличения по формуле (28.16) вывести поправку хронометра u_x ;

— рассчитать поправку часов:

$$u_c = u_x + cA_{cp}. \quad (28.19)$$

Регистрация моментов при астрономических наблюдениях. При наблюдениях выполняют серию измерений навигационных параметров, замечая при каждом измерении момент по рабочим часам или секундомеру. При обработке наблюдений эти моменты осредняют:

$$T = \frac{1}{n} \sum T_{q_i}. \quad (28.20)$$

При астрономических наблюдениях с навигационным секстандом моменты времени должны быть измерены с ошибкой не более 0,2 сек, а верное время получено с ошибкой не более 0,5 сек. При наблюдениях с секундомером его необходимо предварительно выверить по хронометру на точность измерения промежутков времени; ошибки не должны превышать величин, указанных в табл. 28.2.

Запускают секундомер в произвольный момент T_{x_0} по хронометру или в заранее назначенный момент $T_{гр_0}$ всемирного времени, когда показание хронометра равно $T_{x_0} = T_{гр_0} - u_x$.

В первом случае всемирное время наблюдений вычисляется по формуле

$$T_{гр} = T_{x_0} + T_{ск} + u_x. \quad (28.21)$$

а во втором — по формуле

$$T_{гр} = T_{гр_0} + T_{ск}. \quad (28.22)$$

Останавливается секундомер после окончания наблюдений также в произвольный момент T_{x_k} по хронометру или в заранее назначенный момент $T_{гр_k}$ всемирного времени. Разность показаний хронометра и секундомера за время его работы интерполируется на все замеченные при наблюдениях показания секундомера $T_{ск}$.

Если измерительный прибор имеет осредняющее устройство, автоматически вырабатывающее среднее значение измеряемой ве-

личины за период наблюдений, то момент времени, соответствующий среднему результату наблюдений, вычисляется по формуле

$$T = T_n + \frac{\tau}{2}, \quad (28.23)$$

где T_n — момент пуска осреднителя по хронометру или рабочим часам;

τ — продолжительность работы временного механизма осреднителя.

Расчет всемирного времени наблюдений (схема записей — § 30.7):

— перед наблюдениями или сразу после их окончания заметить судовое время T_c ; найти по нему приближенное значение всемирного времени наблюдений и дату на Гринвичском меридиане:

$$\text{приб. } T_{гр} = T_c \approx \lambda_0^{Ost} W; \quad (28.24)$$

— по среднему моменту наблюдений T и поправке измерителя времени u найти точное всемирное время наблюдений $T_{гр}$ (число часов в $T_{гр}$ должно быть одинаковым с числом часов в приб. $T_{гр}$):

$$T_{гр} = T + u. \quad (28.25)$$

Таблица 28.3

Погрешности определения и хранения всемирного времени на корабле

Промежутки экстраполирова- ния $T_2 - T_1$, сутки	Причины ошибок			Суммарная ошибка опре- деления (хранения) всемирного времени
	ошибка определе- ния сред- него зна- чения суточного хода	система- тическое изменение суточного хода	неста- бильность суточного хода	
	Средние квадратические величины ошибок, сек			
0 (момент приема радиосигналов)	—	—	—	0,1
1	0,2	0,0	1,0	1,1
3	0,6	0,3	1,8	1,9
10	2,0	2,8	3,2	4,7

Примечание. Таблица составлена исходя из следующих средних квадратических величин ошибок учета суточного хода хронометра:

определения среднего значения суточного хода —
0,2 сек/сутки;

систематического изменения суточного хода — 0,05 сек/сутки²; случайных отклонений суточного хода от его среднего значения — 1,0 сек/сутки.

Глава 29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ КООРДИНАТ СВЕТИЛ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В РАЙОНЕ ПЛАВАНИЯ

§ 29.1. РАСЧЕТ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ КООРДИНАТ СВЕТИЛ

Таблица 29.1

Пределы и скорости изменения экваториальных координат

Светило	Наибольшие пределы изменения склонения	Изменение за 1 ч		
		склонения, дуг. мин	прямого восхождения, дуг. мин	часового угла
Точка Овна	0 (постоянно)	Не изменяются		15°02,46'
Звезды	Практически не изменяется	0,0	0,0	15°02,46'
Среднее Солнце	0 (постоянно)	Не изменяется	+2,46	15°00,00'
Солнце	От 23°27' N до 23°27' S	От 0,0 до ±1,0	От +2,25 до +2,75	От 15°00,2' до 14°59,7'
Луна	От 28°36' N до 28°36' S	От 0,0 до ±17,2	От +25,0 до +43,5	От 14°37,5' до 14°19,0'
Венера	От 26°51' N до 26°51' S	От 0,0 до ±1,3	От -1,7 до +3,5	От 15°04,1' до 14°59,0'
Марс	От 25°18' N до 25°18' S	От 0,0 до ±0,8	От -0,9 до +2,1	От 15°03,4' до 15°00,4'
Юпитер	От 24°45' N до 24°45' S	От 0,0 до ±0,2	От -0,4 до +0,6	От 15°02,8' до 15°01,8'
Сатурн	От 25°56' N до 25°56' S	От 0,0 до ±0,1	От -0,2 до +0,3	От 15°02,7' до 15°02,1'

Пределы изменения склонения Луны и планет даны для случая, когда восходящий узел δ_L лунной орбиты (орбиты планеты) совпадает с точкой Овна.

Расчет местного часового угла точки Овна (схема вычислений — § 30.7):

— рассчитать всемирное время $T_{гр}$ и установить соответствующую гринвичскую дату (§ 28.2);

— из ежедневной таблицы МАЕ на эту дату выбрать величину t_T^{Γ} на целое число часов $T_{гр}$ (ближайшее меньшее к заданному моменту $T_{гр}$);

— из основных интерполяционных таблиц МАЕ по числу минут и секунд $T_{гр}$ выбрать в столбце «Точка Овна» величину Δt^{Γ} ;

— вычислить гринвичский часовой угол точки Овна:

$$t_{гр}^{\Gamma} = t_T^{\Gamma} + \Delta t^{\Gamma}; \quad (29.1)$$

— вычислить местный часовой угол точки Овна:

$$t_M^{\Gamma} = t_{гр}^{\Gamma} \pm \lambda_W^{Ost}. \quad (29.2)$$

Расчет местных часовых углов и склонений Солнца, Луны и планет (схема вычислений — § 30.7):

— рассчитать всемирное время $T_{гр}$ и установить соответствующую гринвичскую дату (§ 28.2);

— из ежедневной таблицы МАЕ на эту дату выбрать величины часового угла t_T и склонения δ_T светила на целое число часов $T_{гр}$ (ближайшее меньшее к заданному моменту $T_{гр}$), квазиразность $\bar{\Delta}$ и часовую скорость изменения склонения светила Δ ;

— из основной интерполяционной таблицы МАЕ, соответствующей числу минут всемирного времени $T_{гр}$, по числу секунд выбрать поправку Δt ;

— из той же интерполяционной таблицы в столбце «Попр.» по величине $\bar{\Delta}$ выбрать поправку $\Delta_2 t$, по величине Δ — поправку $\Delta \delta$;

— рассчитать гринвичский часовой угол светила на заданный момент времени:

$$t_{гр} = t_T + \Delta t + \Delta_2 t; \quad (29.3)$$

— вычислить местный часовой угол светила (западный):

$$t_W = t_{гр} \pm \lambda_W^{Ost}; \quad (29.4)$$

— если t_W окажется больше 180°, то рассчитать восточный местный часовой угол:

$$t^{Ost} = 360^\circ - t_W; \quad (29.5)$$

— вычислить склонение светила на заданный момент времени:

$$\delta = \delta_T + \Delta \delta. \quad (29.6)$$

Если при вычислениях по формуле (29.3) или (29.4) сумма получилась более 360°, то из результата надо вычесть 360°. Если при

расчете $t_{\text{ш}}$ по формуле (29.4) окажется, что $t_{\text{гр}} < \lambda_{\text{ш}}$, то к величине $t_{\text{гр}}$ надо прибавить 360° и затем вычесть величину $\lambda_{\text{ш}}$. Эти действия не изменят наименования $t_{\text{ш}}$, вычисленного по формуле (29.4), он останется западным.

Если в результате вычисления по формуле (29.6) получится отрицательная величина, то склонению надо присписать наименование, противоположное выбранному на целое число часов $T_{\text{гр}}$, оставив абсолютную величину суммы $\delta + \Delta\delta$ неизменной.

Приближенно склонение Солнца может быть рассчитано, учитывая, что в дни равноденствия (21 марта и 23 сентября) $\delta_{\odot} = 0^\circ$, в день летнего солнцестояния (22 июня) $\delta_{\odot} = 23^\circ 27' N$, в день зимнего солнцестояния (22 декабря) $\delta_{\odot} = 23^\circ 27' S$, скорость изменения δ_{\odot} в среднем равна $0,4^\circ$ за сутки в течение 30 суток до и после дней равноденствий, $0,1^\circ$ за сутки в течение 30 суток до и после дней солнцестояния, $0,3^\circ$ за сутки в остальные дни года. Формулы для приближенных расчетов местных часовых углов Солнца и Луны:

$$t_{\text{м}}^{\odot} = T_{\text{м}} \pm 12ч; \quad (29.7)$$

$$t_{\text{м}}^{\text{л}} = T_{\text{м}} \pm 12ч - 0,8B_{\text{л}}; \quad (29.8)$$

где $B_{\text{л}}$ — возраст Луны, сутки.

Расчет прямых восхождений Солнца, Луны и планет. Выбрать из ежедневной таблицы МАЕ на заданный момент всемирного времени $T_{\text{гр}}$ часовые углы точки Овна $t_{\text{гр}}^{\gamma}$ и светила (Солнца, Луны или планеты) $t_{\text{гр}}$; вычислить прямое восхождение светила:

$$\alpha = t_{\text{гр}}^{\gamma} - t_{\text{гр}}; \quad (29.9)$$

Приближенно прямое восхождение Солнца может быть рассчитано, учитывая его значения в дни равноденствий и солнцестояний (21 марта — 0° , 22 июня — 90° , 23 сентября — 180° , 22 декабря — 270°) и принимая скорость изменения α_{\odot} постоянной, равной 1° за сутки. Для Луны приближенно принимаю:

$$\alpha_{\text{л}} = \alpha_{\odot} + 12^\circ B_{\text{л}}; \quad (29.10)$$

Средние значения α планет на каждые сутки в часовой мере приводятся в ежедневных таблицах МАЕ.

Расчет экваториальных координат звезд:

— рассчитать всемирное время $T_{\text{гр}}$ и установить соответствующую гринвичскую дату (§ 28.2);

— по $T_{\text{гр}}$ с помощью МАЕ вычислить местный часовой угол точки Овна $t_{\text{м}}^{\gamma}$;

— на стр. 395 МАЕ по наименованию звезды найти ее номер;

— на стр. 396—401 МАЕ по номеру звезды (ее наименованию) и дате выбрать звездное дополнение τ^* и склонение δ звезды;

— рассчитать

$$t_{\text{м}}^* = t_{\text{м}}^{\gamma} + \tau^*; \quad (29.11)$$

— если $t_{\text{м}}^*$ окажется больше 180° , то по формуле (29.5) перевести его в восточный.

Расчет экваториальных координат Солнца и звезд по МАЕ прошлого года. Для расчета склонения и часового угла Солнца:

— придав к заданному моменту $T_{\text{гр}}$ поправку даты ΔD , выбранную из табл. 29.2, найти соответствующий момент прошлого года:

$$T_{\text{гр}}' = T_{\text{гр}} + \Delta D; \quad (29.12)$$

— войдя с ним в МАЕ прошлого года, обычным порядком выбрать величину $t_{\text{гр}}^{\odot}$ и искомую величину δ_{\odot} ;

— рассчитать искомое значение $t_{\text{гр}}^{\odot}$:

$$t_{\text{гр}}^{\odot} = t_{\text{гр}}^{\odot} + 87'15''. \quad (29.13)$$

Для расчета часового угла точки Овна войти в МАЕ прошлого года непосредственно с заданным значением $T_{\text{гр}}$, выбрать оттуда величину $t_{\text{гр}}^{\gamma}$ и исправить ее поправкой ΔS из табл. 29.2:

$$t_{\text{гр}}^{\gamma} = t_{\text{гр}}^{\gamma} + \Delta S. \quad (29.14)$$

Расчет экваториальных координат звезд:

— на заданную дату из МАЕ прошлого года выбрать значения τ' и δ' нужной звезды;

— по тому же МАЕ рассчитать годовые изменения $\Delta\tau$ и $\Delta\delta$ звезды (разность значений τ и δ на 32 декабря и 1 января);

— рассчитать искомые величины τ и δ :

$$\tau = \tau' + \Delta\tau; \quad \delta = \delta' + \Delta\delta; \quad (29.15)$$

— по формуле (29.11) с учетом формул (29.14) и (29.2) вычислить часовой угол звезды.

При пользовании МАЕ прошлого года ошибки результатов не превосходят $0,4'$.

Таблица 29.2

Поправки дат ΔD и звездного времени ΔS при пользовании МАЕ прошлого года

Текущий календарный год	Имеется МАЕ на предшествующий год			
	простой		високосный (1968, 1972...)	
	ΔD	ΔS	ΔD	ΔS
Простой	$-5^{\text{h}}49^{\text{m}}$	$-14,3'$	$-5^{\text{h}}49^{\text{m}}(+18^{\text{h}}11^{\text{m}})$	$-14,3'(+44,8')$
Високосный (1968, 1972...)	$+18^{\text{h}}11^{\text{m}}$	$+44,8'$	—	—
	$(-5^{\text{h}}49^{\text{m}})$	$(-14,3')$		

Примечание. В скобках даны ΔD и ΔS для дат с 1 января по 29 февраля високосного года.

Расчет времени прихода света на заданный часовой угол:
— по заданному местному часовому углу света в круговом

счете рассчитать гринвичский часовой угол $t_{ГР} = t_M \mp \lambda_W^{Ost}$;

— при расчетах для звезд выбрать из МАЕ τ^* и вычислить гринвичский часовой угол точки Овна: $t_{ГР}^* = t_{ГР}^* - \tau^*$;

— войдя в ежедневные таблицы МАЕ обратным входом, выбрать табличное значение часового угла t_T , ближайшее меньшее по отношению к вычисленному $t_{ГР}$, и выбрать соответствующее ему целое число часов всемирного времени;

— войдя в основную интерполяционную таблицу МАЕ обратным входом, по разности $\Delta t = t_{ГР} - t_T$ выбрать число минут и секунд всемирного времени (при расчетах с точностью до 1 мин поправки за квазиразность можно пренебречь);

— рассчитать судовое время T_c или момент по часам:

$$T_c = T_{ГР} \pm W^a O_{W}^{st}; \quad T = T_{ГР} - u. \quad (29.16)$$

Если в ежедневные таблицы МАЕ вместо $t_{ГР}$ света войти непосредственно с t_M , то в колонке $T_{ГР}$ получим сразу T_M ; тогда

$$T_c = T_M \mp \lambda_W^{Ost} \pm \lambda_W^{Ost}.$$

Приблизительно T_M для Солнца и Луны без МАЕ рассчитывается по формулам:

$$T_M = t_M^{\odot} \pm 180^\circ + 12^\circ B_{\odot}; \quad T_M = t_M^{\ominus} \pm 180^\circ. \quad (29.17)$$

§ 29.2. РАСЧЕТ ГОРИЗОНТНЫХ КООРДИНАТ СВЕТИЛ

Изменение высоты светила с течением времени. В данном географическом пункте изменение высоты максимально и равномерно у первого вертикала, а для светил, его не пересекающих, — у элонгации. Наименьшее и неравномерное изменение высот — у кульминаций.

Изменение высоты светила за $\Delta T < 5$ мин вычисляется по формулам:

$$\Delta h_T = \omega_{hT} \Delta T; \quad \omega_{hT} = \omega_{\perp} \cos \varphi \sin A, \quad (29.18)$$

где ω_{\perp} — угловая скорость суточного вращения Земли (§ 27.1);

A — азимут светила в круговом счете.

Величины Δh_T при $\Delta T = 1$ мин и $\Delta T = 10$ сек приведены в табл. 15-а, б МТ-63; величины ΔT , соответствующие $\Delta h_T = 1'$, — в табл. 15-в.

Изменение азимута светила с течением времени. В данном пункте Земли азимут изменяется медленно и почти равномерно у первого вертикала и при восходе или заходе светила. Максимальное изменение азимута — у верхней кульминации; у нижней кульминации азимут изменяется тоже быстро, но медленнее, чем у верхней. Изменение азимута светила за промежуток времени ΔT вычисляется по формулам:

$$\Delta A_T = \omega_{AT} \Delta T; \quad \omega_{AT} = \omega_{\perp} (\sin \varphi - \cos \varphi \cos A \operatorname{tg} h). \quad (29.19)$$

Величины ΔA_T при $\Delta T = 1$ мин приведены в табл. 15-г МТ-63.

Изменение высоты и азимута светила вследствие движения корабля. Изменение высоты светила в дуговых минутах за промежуток времени ΔT при плавании корабля $\Delta S < 10$ миль равно

$$\Delta h_z = \omega_{hS} \Delta T; \quad \omega_{hS} = \frac{V}{60} \cos(A - ПУ), \quad (29.20)$$

где ω_{hS} — скорость изменения высоты светила вследствие движения корабля, *дуг. мин/мин* (выбирается из табл. 16 МТ-63);

A — азимут светила в круговом счете;

V — скорость хода корабля, *уз*;

$$\Delta T = T_{\text{зад}} - T, \text{ мин.}$$

При расчетах по формуле (29.20) величина ω_{hS} берется с точностью до 0,01 *дуг. мин/мин*, ΔT — до 0,1 мин.

Изменение азимута в дуговых минутах за промежуток времени ΔT равно

$$\Delta A_z = \omega_{AS} \Delta T; \quad \omega_{AS} = \frac{V}{60} g_A \cos(\tau_A - ПУ) \quad (29.21)$$

где g_A — градиент азимута светила;

τ_A — направление градиента азимута светила.

Вычисление высоты и азимута светила по таблицам ВАС-58:

— записать в бланк вычислений III-8 (схема записей — § 30.7) исходные аргументы φ , δ , t ;

— установить и записать табличные значения φ_T , δ_T , t_T , ближайšie к заданным аргументам φ , δ , t ;

— рассчитать разности $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_T$; $\Delta\delta = \delta - \delta_T$; $\Delta t = t - t_T$;

— отметить, одноименны или разноименны φ и δ ;

— по φ_T , δ_T , t_T из основных таблиц выбрать значения h_T , A_T , q ;

— из основных таблиц по изменению A_T для склонений светила от δ_T в сторону заданного δ установить знак поправки ΔA_{δ} ;

— из основных таблиц путем линейной интерполяции по t рассчитать поправку ΔA_t ; ее знак определяется по изменению A_T для часовых углов от t_T в сторону заданного t ;

— из табл. 1 «Поправки высоты и азимута за широту и склонение» по h_T , $\Delta\varphi$ и A_T выбрать с интерполяцией по A поправки Δh_φ и ΔA_φ (знак поправки Δh_φ указан в таблице, а знак поправки ΔA_φ всегда одинаков со знаком $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_T$);

— из той же таблицы по h_T , $\Delta\delta$ и q выбрать величины поправок Δh_δ и ΔA_δ (знак поправки Δh_δ указан в таблице);

— рассчитать алгебраическую сумму поправок азимута и считаемый азимут светила:

$$\sum \Delta A = \Delta A_\varphi + \Delta A_\delta + \Delta A_t; A_C = A_T + \sum \Delta A; \quad (29.22)$$

— установить наименование азимута (первая буква одинакова с наименованием φ , вторая — с наименованием t);

— рассчитать алгебраическую сумму $A_C - \frac{1}{2} \Delta A_t$;

— из табл. 2 «Поправка высоты за часовой угол» по φ , $A_C - \frac{1}{2} \Delta A_t$ и Δt (при $h < 60^\circ$ — по φ , A_C и Δt) выбрать поправку Δh_t (ее знак всегда противоположен знаку Δt);

— из табл. 3 «Дополнительная поправка высоты» по ΔA_δ , A_T и $\Delta\varphi$ выбрать величину и знак поправки Δh_δ ;

— рассчитать алгебраическую сумму поправок высоты и высоту светила:

$$\sum \Delta h = \Delta h_\varphi + \Delta h_\delta + \Delta h_t + \Delta h_\delta; h_C = h_T + \sum \Delta h. \quad (29.23)$$

При отсутствии t_T в основной таблице для заданного t_M , а также при расположении h_T , A_T , q ниже разделительной горизонтальной черты при φ и δ одноименных или выше нее при φ и δ разноименных выборку из таблиц производят обычным порядком по φ' , δ и $t' = 180^\circ - t_M$, где φ' — широта, равная по величине и противоположная по наименованию заданной φ . Получив в результате расчетов h' и A' , окончательно принять

$$h = -h'; A = 180^\circ - A'. \quad (29.24)$$

Для вычисления h и A при $h > 73^\circ$ взамен считаемой точки $M_C (\varphi_C, \lambda_C)$ использовать перемещенное место (§ 30.4), широта которого φ_{II} равна ближайшей к φ_C табличной широте φ_T , а долгота λ_{II} в сумме с гринвичским часовым углом светила дает величину табличного часового угла $t_{II} = t_{GP} \pm \lambda_{II}^{St}$, ближайшего к t_M . Вычисления выполняются следующим образом:

— из основных таблиц по φ_{II} , δ_T , t_T выбрать h_T , A_T , q ;

— из основных таблиц линейной интерполяцией по δ найти поправки ΔA_δ и Δq_δ ;

— вычислить вспомогательный аргумент $q' = q + \frac{1}{2} \Delta q_\delta$;

— из табл. 1 „Поправки высоты и азимута за широту и склонение” в диапазоне $h_T = 0^\circ - 22^\circ$ по $\Delta\delta = \delta - \delta_T$ и q' выбрать Δh_δ ;

— найти величины h и A , соответствующие перемещенному месту:

$$h = h_T + \Delta h_\delta; A = A_T + \Delta A_\delta. \quad (29.25)$$

Вычисление высоты и азимута светила по таблицам ТВА-57:

— записать в бланк вычислений Ш-86 (схема записей — § 30.7) исходные данные φ , δ , t ;

— по δ выбрать величину $T(\delta)$;

— по t выбрать $S(t)$ и $T(t)$;

— найти сумму $T(\delta) + S(t) = T(x)$, по которой выбрать значения x и $S(x)$; при этом иметь в виду, что при $t > 90^\circ$ величина x также больше 90° (градусы выбираются снизу, а минуты — справа);

— указать наименование величины x (оно всегда одинаково с наименованием δ);

— вычислить величину $y = 90^\circ + x - \varphi$ (при x и φ разноименных $y = 90^\circ + x + \varphi$);

— по y (а при $y > 180^\circ$ по $y' = y - 180^\circ$) выбрать $S(y)$ и $T(y)$;

— найти разность $T(t) - S(x) = T(p)$, а затем сумму $T(p) + S(y) = T(A)$;

— по $T(A)$ выбрать A и $S(A)$;

— установить наименование A в четвертном счете: его первая буква одноименна с φ , если φ и δ одноименны и $x > \varphi$, во всех остальных случаях разноименна с φ , вторая буква всегда одноименна с t ;

— вычислить разность $T(y) - S(A) = T(h)$, по которой выбрать h (отрицательной она будет только в случае $y > 180^\circ$).

Если исходное значение $t = 90^\circ$, то принять $y = \varphi$, $p = 90^\circ - \delta$, а $T(p)$ выбрать непосредственно из таблиц.

Если при вычислениях получится $x = \varphi$, то $A = 90^\circ$; $h = 90^\circ - p$, где p выбирается из таблиц по $T(p)$.

Вычисление высоты и азимута светила по таблицам МТ-63.

Логарифмические вычисления высоты и азимута светила обычно выполняются по табл. 5 и 3 МТ-63 по формулам $\sin^2 \frac{z}{2}$ и $\sin A$

или по формулам $\sin h$ и $\sin A$. При определении поправки компаса азимут светила вычисляется по формуле $\text{ctg} A$. Более удобно эти вычисления выполнять по формулам (27.39) — (27.41) с использованием только одной табл. 5 МТ-63.

Для вычислений с помощью малой вычислительной машины (арифмометр, ВК, МВМ) применяются натуральные значения тригонометрических функций (табл. 6 МТ-63), расчеты выполняются по формулам $\sin h$ и $\text{ctg} A$, а контроль — по формуле $\sin A$. Сведения о точности вычислений высот и азимутов светил разными способами приведены в табл. 29.3.

Таблица 29.3

Средние квадратические ошибки вычисления высоты и азимута по различным функциям и таблицам в дуговых минутах

Способ вычисления	Величина вычисляемого угла, град					
	0	30	60	70	80	90
	MT-63, $\sin h$	0,02	0,03	0,05	0,07	0,13
MT-63, $\sin A$	0,02	0,02	0,03	0,05	0,10	∞
MT-63, $\lg \sin^2 \frac{z}{2}$	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00
MT-63, $\lg \sin A$	0,00	0,03	0,09	0,14	0,29	∞
TBA-57, h	0,06	0,12	0,12	0,10	0,07	0,06
TBA-57, A	0,08	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08
VAC-58, h	0,09	0,09	0,12	0,13	0,1	0,1
VAC-58, A	0,05°	0,07°	0,08°	0,08°	0,1°	0,1°

Примечание. Для VAC-58 при $h > 73^\circ$ ошибки показаны для расчетов с перемещенным местом; в этих случаях ошибки азимута могут достигать $0,6^\circ$.

§ 29.3 ИЗМЕРЕНИЕ И ИСПРАВЛЕНИЕ ВЫСОТ СВЕТИЛ

Приготовление навигационного секстана к наблюдениям:

- вынуть секстан из ящика и осмотреть его;
- отфокусировать зрительную трубу по линии видимого горизонта или по звезде и поставить ее на место;
- повернуть окулярное колено трубы так, чтобы одна пара ее нитей была параллельна плоскости лимба, а вторая — перпендикулярна ей;
- приподнимая или опуская трубу над плоскостью лимба, добиться примерно одинаковой яркости прямолинейного и дважды отраженного изображений одного и того же ориентира;
- установить лупу осветителя по глазу;
- для наблюдений Солнца подобрать светофильтры (перед большим зеркалом лучше желтого цвета);
- проверить перпендикулярность малого зеркала;
- определить поправку индекса.

Выверка навигационного секстана:

- проверить параллельность дневной (универсальной) трубы плоскости лимба (рис. 29.1), при необходимости вращением регулировочных винтов на кольце трубы с помощью отвертки привести удаленный предмет (его горизонтальный срез) в середину поля зрения;

Таблица 29.4

Технические данные секстанов и условия их применения

Техническая характеристика	Типы секстанов			
	навигационные		интегрирующие	
	СНО	СНО-М	ИМС-3	ГИМС-3
Диапазон измерения углов, град	0–140	0–140	0–80	0–80
Средняя квадратическая ошибка измерения высоты, дуг. мин	Солнце 0,7, звезда 1,0	0,6	2,5	2,0
Волнение моря, баллы	До 6	До 6	До 3	До 4–5 (качка 5°) 7,5
Поле зрения, град	Солнце 4,5, звезда 6–8	8	7,5	2,2
Кратность (X) зрительной трубы	6	7,5	2,2	2,2
Периоды осреднения, сек	Нет	Нет	40 120 200	60 120 180
Время подготовки к наблюдениям, мин	До 2	До 2	До 3	До 5

Примечание. Для исключения мертвого хода тангенциального винта во всех случаях работы с навигационными секстанами последнее движение отсчетного барабана делать в одну и ту же сторону (например, на увеличение отсчетов).

- проверить перпендикулярность большого зеркала плоскости лимба (рис. 29.2); верхние срезы прямолинейного и отраженного дилетров должны совпадать;
- проверить перпендикулярность малого зеркала плоскости лимба (рис. 29.3); при вращении отсчетного барабана отраженное и прямолинейное изображения светила (предмета) должны совмещаться.

Для регулировки положения зеркал надо торцовым ключом вращать регулировочные винты, как показано на рисунке.

Определение поправки индекса навигационного секстана.
1. По видимому горизонту или удаленному ориентиру:

- совместить прямолинейное и дважды отраженное изображение одного и того же предмета (звезды) и снять отсчет oc_i ;
- рассчитать поправку индекса

$$i = 360^\circ - oc_i \text{ или } i = 0^\circ - oc_i. \quad (29.26)$$

2. По Солнцу:

- наклеить светофильтры на оба зеркала (лучше разного цвета), установить $oc \approx 0^\circ$;

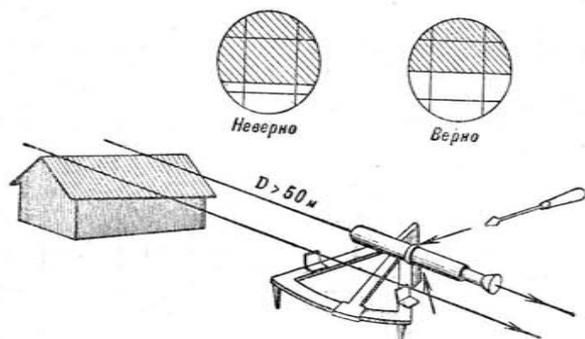


Рис. 29.1

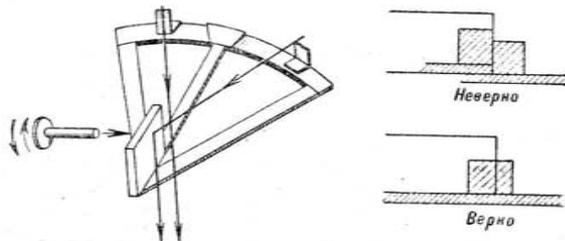


Рис. 29.2

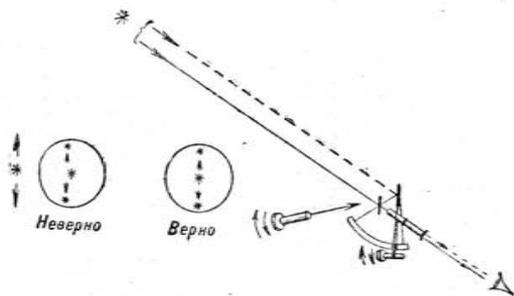


Рис. 29.3

— вращая отсчетный барабан, привести в соприкосновение дважды отраженное и прямовидное изображения Солнца (рис. 29.4) таким образом, чтобы дважды отраженное изображение находилось один раз выше прямовидного, а второй раз — ниже его; при каждом касании снять отсчеты (oc_1 и oc_2);
 — проверить наблюдения: разность отсчетов секстана не должна отличаться от величины $4R_{\odot}$ (табл. 29.5) более чем на $0,5-0,6'$;

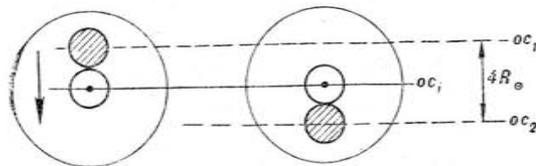


Рис. 29.4

— рассчитать поправку индекса по формуле

$$2i = (0^\circ - oc_1) + (360^\circ - oc_2) \quad (29.27)$$

или по формуле (29.26), подставив туда $oc_i = \frac{1}{2}(oc_1 + oc_2)$.

Таблица 29.5

Учетверенный видимый радиус Солнца в дугowych минутах

Число месяца	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
1	65,2	65,0	64,7	64,1	63,6	63,2	63,0	63,1	63,5	64,0	64,6	65,0
10	65,2	64,9	64,5	64,0	63,5	63,1	63,0	63,2	63,6	64,2	64,7	65,1
20	65,1	64,8	64,3	63,8	63,3	63,0	63,0	63,3	63,8	64,4	64,9	65,1

Уменьшение поправки индекса навигационного секстана (выполняется при $i > 5'$):

- установить на лимбе и отсчетном барабане oc точно $0^\circ 00'$;
- вращением винта у малого зеркала (расположенного ближе к раме) совместить прямовидное и отраженное изображения одного и того же предмета;
- проверить перпендикулярность малого зеркала и снова определить i .

Определение поправки индекса интегрирующего секстана:

- приготовить секстан к наблюдениям в соответствии с приложением к нему инструкции;
- снять с карты координаты места наблюдения φ и λ (должны быть известны с ошибкой не более $0,5'$);
- измерить три раза подряд высоту светила с включенным интегратором и заметить моменты измерений;
- вычислить истинную высоту ист. h светила для каждого момента в точке наблюдений (§ 29.2);
- исправить каждый из полученных отсчетов секстана инструментальной поправкой и поправками за рефракцию и параллакс, вычислить поправку индекса:

$$\text{испр. } h = oc + s + \Delta h_p + \Delta h_p'; \quad i = \text{ист. } h - \text{испр. } h; \quad (29.28)$$

- вычислить среднее значение поправки индекса и в последующем его учитывать.

Изложенное проделать с шагом высоты через 10° и составить таблицу i . У секстанов ИМС-3 и ГИМС-3 получить контрольное значение i_k совмещением прямовидимого и отраженного изображения светила при отключенном интеграторе. Измерение высот производить в соответствии с приложенной к секстану инструкцией.

Измерение высоты светила навигационным секстаном:

- установить отсчет секстана около $0^\circ 00'$;
- навести секстан трубой на светило и, удерживая его в плоскости вертикала светила, медленным движением алидады с одновременным опусканием трубы к ее горизонтальному положению удерживать отраженное изображение светила в поле зрения трубы до приведения его к горизонту¹ (при наблюдениях Солнца своевременно убрать светофильтры у малого зеркала);
- покачивая секстан около оси трубы и одновременно перемещая трубу вдоль линии горизонта, вращением отсчетного барабана привести светило в такое положение, чтобы, перемещаясь по дуге U' (рис. 29.5), его центр (или край) в середине поля зрения трубы коснулся линии горизонта.

За 2–3 сек до этого момента командовать «Товсь», а в момент касания — «Ноль». По команде «Ноль» помощник наблюдателя замечает и записывает момент по часам T с точностью до 0,2 сек, затем записывает продиктованный ему oc .

При наблюдениях Солнца и Луны измерять высоты их нижнего края; если такой возможности нет — высоты верхнего края или центра светила². В сумерки в быстрой последовательности измерятся три — пять высот каждого светила, а днем — пять высот Солнца (Луны). За окончательные oc и T принимаются их средние арифметические значения для данного светила.

¹ Второй способ приближенного совмещения отраженного изображения светила с горизонтом: установить алидаду секстана на oc , равный снятой со звездного глобуса высоте светила (§ 27.2), а пеленгатор компаса — на $KП$, соответствующий снятому с глобуса азимуту светила; навести секстан трубой на ту часть горизонта, куда смотрит пеленгатор.

² При измерении высоты нижнего края Солнца (Луны) его диск проектируется на фон неба (рис. 29.5), а при измерении высоты верхнего края — на фон воды.

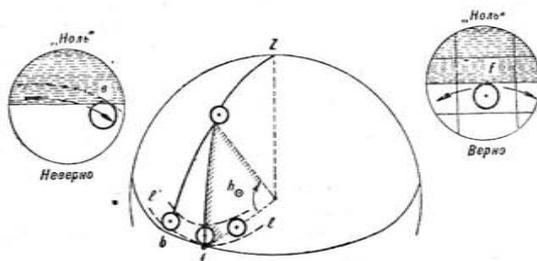


Рис. 29.5

Оценка точности измеренной высоты светила. 1. По уклонениям от среднего:

- измерить 7–11 высот светила;
- привести полученные oc к одному моменту и одному месту (обычно на средний момент наблюдений):

$$\text{прив. } oc = oc + (\omega_{hT} + \omega_{hS}) \Delta T, \quad (29.29)$$

где ω_{hT} , ω_{hS} определяются по формулам (29.18) и (29.20);

- по формулам (11.10) рассчитать m_{oc} измеренной серии высот.
- 2. По размаху — расчет m_{oc} выполняется с построением графика или без него по формуле (11.9).
- 3. По наблюдениям за четкостью видимого горизонта:
 - несколько раз (не менее 5) выполнить наблюдения для определения поправки индекса по видимому горизонту;
 - рассчитать размах r полученных отсчетов oi или уклонения v каждого oi от их среднего арифметического:

$$r = oi_{\max} - oi_{\min}; \quad v_i = oi_i - oi_{cp}; \quad (29.30)$$

- по формулам (11.9) или (11.10) вычислить m_r совмещения отраженной и прямовидимой линий горизонта;
- оценить среднюю квадратическую ошибку измерения высоты по эмпирической формуле

$$m_{oc} = 0,3' + 0,5m_r. \quad (29.31)$$

Измерение наклона видимого горизонта:

- отфокусировать окуляр и расположить наклонмер щелевой диафрагмой в сторону более яркой части горизонта, уравнять яркости наблюдаемых в прибор участках горизонта (под выбранным светилем и в противоположном направлении);
- поворотом накатного кольца наклонмера Н-5 или поворотом вокруг оси трубы всего наклонмера НК совместить линии наблюдаемых горизонтов и снять первый отсчет d ;

— повернуться на 180° , снова расположить наклонмер щелевой диафрагмой в сторону более яркой части горизонта, совместить горизонты и снять второй отсчет d_2 ;

— вычислить наклонение горизонта как среднее из двух отсчетов:

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}. \quad (29.32)$$

Наклонение горизонта следует измерять наклонномером каждый раз, когда измеряются высоты светил навигационным секстаном (днем обязательно), при том же возвышении глаза, что и при измерении высот светил. Средняя квадратическая ошибка измерения изклонения горизонта m_d вычисляется по формулам (11.9) или (11.10); ее величина при хороших условиях наблюдений не должна превышать $0,1'$.

Исправление измеренных высот светил (схема вычислений — § 30.7). 1. Исправив средний *ос* поправки индекса *i* и выбранной из формуляра секстана по *ос* инструментальной поправкой *s*, рассчитать измеренную (наблюденную) высоту светила *изм. h*:

$$\text{изм. } h = \text{ос} + i + s. \quad (29.33)$$

2. Рассчитать видимую высоту светила *вид. h*:

— если наклонение видимого горизонта *d* измерено наклонномером,

$$\text{вид. } h = \text{изм. } h - d; \quad (29.34)$$

— если наклонение видимого горизонта наклонномером не измерялось,

$$\text{вид. } h = \text{изм. } h + \Delta h_d. \quad (29.35)$$

где Δh_d — поправка за наклонение, выбранная по возвышению глаза *e* из табл. 11-6 МТ-63 или аналогичных таблиц ВАС-58 и ТВА-57;

— если высота светила измерена над урезом воды у берега,

$$\text{вид. } h = \text{изм. } h + \Delta h_{\Delta}. \quad (29.36)$$

где Δh_{Δ} — поправка за наклонение зрительного луча (всегда отрицательная), выбираемая из табл. 11-а МТ-63 или табл. 1-6 ТВА-57 по возвышению глаза *e* и расстоянию *D* до уреза воды;

— если высота светила измерена секстаном с искусственным горизонтом,

$$\text{вид. } h = \text{изм. } h. \quad (29.37)$$

3. Рассчитать истинную геоцентрическую высоту светила *ист. h*:

— если измерялась высота нижнего или верхнего края Солнца,

$$\text{ист. } h_{\odot} = \text{вид. } h_{\odot} + \Delta h_{\rho+p} + \Delta h_t + \Delta h_B + R_{\odot}; \quad (29.38)$$

$$\text{ист. } h_{\odot} = \text{вид. } h_{\odot} + \Delta h_{\rho+p} + \Delta h_t + \Delta h_B - R_{\odot}; \quad (29.39)$$

— если измерялась высота центра Солнца (секстаном с искусственным горизонтом),

$$\text{ист. } h_{\odot} = \text{вид. } h + \Delta h_{\rho+p} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.40)$$

— если измерялась высота звезды,

$$\text{ист. } h_{*} = \text{вид. } h + \Delta h_{\rho} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.41)$$

— если измерялась высота верхнего или нижнего края Луны при пользовании таблицами ВАС-58 или ТВА-57,

$$\text{ист. } h_{\text{л}} = \text{вид. } h_{\text{л}} + \text{общ. погр. } h_{\text{л}} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.42)$$

$$\text{ист. } h_{\text{л}} = \text{вид. } h_{\text{л}} + \text{общ. погр. } h_{\text{л}} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.43)$$

— если измерялась высота верхнего или нижнего края Луны при пользовании табл. 10-а и 10-б, в МТ-63,

$$\text{ист. } h_{\text{л}} = \text{вид. } h_{\text{л}} + \text{общ. погр. } h_{\text{л}} + \text{доп. погр. } h_{\text{л}} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.44)$$

$$\text{ист. } h_{\text{л}} = \text{вид. } h_{\text{л}} + \text{общ. погр. } h_{\text{л}} + \text{доп. погр. } h_{\text{л}} + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (29.45)$$

— если измерялась высота планеты,

$$\text{ист. } h = \text{вид. } h + \Delta h_{\rho} + \Delta h_B + \Delta h_t + \text{доп. погр.} \quad (29.46)$$

Поправки Δh_{ρ} , $\Delta h_{\rho+p}$ выбираются из таблицы «Поправка высоты за рефракцию и параллакс» ВАС-58 или табл. 12 и 13 МТ-63 по *вид. h*; Δh_t , Δh_B — из таблиц «Поправка высоты за температуру воздуха» и «Поправка высоты за давление» ВАС-58 или табл. 14-а, б МТ-63 по *вид. h*, температуре и давлению воздуха; полудиамер Солнца R_{\odot} — из таблицы «Дополнительная поправка для Солнца» ВАС-58. Поправки для исправления высот Луны выбираются из таблицы «Общая поправка высоты нижнего и верхнего края Луны» ВАС-58 или табл. 10-а, б, в МТ-63. Дополнительная поправка для планет выбирается по горизонтальному экваториальному параллаксу *p*, приводимому для каждой планеты в ежедневных таблицах МАЕ.

4. Если необходимо привести высоты светил к одному месту наблюдений, рассчитать приведенную высоту *прив. h*:

$$\text{прив. } h = \text{ист. } h + \Delta h_z; \quad \Delta h_z = \omega h_S (T_{\text{зад}} - T), \quad (29.47)$$

где ωh_S — скорость изменения высоты светила вследствие движения корабля, *дуг. мин/мин* (§ 29.2), выбираемая из таблицы «Приведение высот к одному зениту» ВАС-58 или табл. 16 МТ-63;

$T_{\text{зад}} - T$ — промежуток времени между моментом измерения приводимой высоты светила и заданным моментом, *мин.*

§ 29.4. РАСЧЕТ УСЛОВИЙ ВИДИМОСТИ СВЕТИЛ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В РАЙОНЕ ПЛАВАНИЯ КОРАБЛЯ

Кульминация светила: верхняя — когда $t_M = 0$, нижняя — когда $t_M = 180^\circ$. В момент верхней кульминации меридиональная высота светила $H = 90^\circ - (\varphi - \delta)$. Если $\delta < \varphi$, то $A = 180^\circ$, $q = 0$; если $\delta > \varphi$, то $A = 0$, $q = 180^\circ$. В момент нижней кульминации меридиональная высота светила $H' = \delta - (90^\circ - \varphi)$; $A = q = 0$. Для вычисления меридиональной высоты светила его склонение выбирается из МАЕ на округленное до целого часа $T_{гр}$ момента кульминации.

Местное время T_K верхней и нижней кульминаций Солнца и Луны и верхней кульминации планет на Гринвичском меридиане приводится в ежедневных таблицах МАЕ. Судовое время кульминации вычисляется по формулам:

$$T_M = T_K + \Delta T_\lambda; \quad T_C = T_M \mp \lambda \frac{Ost}{W} \pm \lambda \frac{Ost}{W} \quad (29.48)$$

где ΔT_λ — поправка на долготу, выбираемая для Луны и планет из приложения 3 МАЕ (для Солнца она не учитывается).

На ходу корабля эта задача решается последовательными приближениями до совпадения λ в формуле (29.48) с λ_C на вычисляемый момент кульминации. Приближенно местное время верхней кульминации Солнца и Луны рассчитывается по формулам:

$$T_M^{\odot} = 12 \text{ ч}; \quad T_M^{\text{л}} = 12 \text{ ч} - 0,8 \text{ ч } B_{\text{л}} \quad (29.49)$$

где $B_{\text{л}}$ — возраст Луны, сутки.

Местное время кульминации звезды вычисляется через приводимое в ежедневных таблицах МАЕ местное время T_K^{Γ} кульминации точки Овна на Гринвичском меридиане:

$$T_M^* = T_K^{\Gamma} - \tau^* \quad (29.50)$$

Пересечение светил надгоризонтной части первого вертикала ($A = 90^\circ$ или $A = 270^\circ$) происходит, когда $\cos t_M = \text{ctg } \varphi \text{ tg } \delta$ при условии, что δ и φ одноименны, причем $\delta < \varphi$. В этот момент $\sin h_1 = \sin \delta \text{ cosec } \varphi$; высота светила может быть выбрана из табл. 21 МТ-63.

Элонгация светила ($q = \pm 90^\circ$) происходит, когда $\cos t_M = \text{tg } \varphi \text{ ctg } \delta$ при условии, что $\delta > \varphi$. В этот момент $\sin h_2 = \sin \varphi \text{ cosec } \delta$; $\cos A_2 = \cos \delta \text{ sec } \varphi$.

Истинный восход (заход) светила. Светило не заходит, если φ и δ одноименны, причем $\delta > 90^\circ - \varphi$; не восходит, если φ и δ разноименны, причем $\delta > 90^\circ - \varphi$; восходит и заходит, если $\delta < 90^\circ - \varphi$. В момент истинного восхода (захода) светила $h = 0$:

$$\cos t_M = -\text{tg } \varphi \text{ tg } \delta; \quad \cos A = \sin \delta \text{ sec } \varphi; \quad \cos q = \sin \varphi \text{ sec } \delta \quad (29.51)$$

Моменты видимых восхода и захода Солнца и Луны, начала и конца сумерек при высоте глаза наблюдателя $e = 0$ определяются исходя из условий:

- видимый восход (заход) верхнего края Луны $h_{\text{л}} = 0$;
- видимый восход (заход) нижнего края Солнца $h_{\odot} = -17,3'$;
- видимый восход (заход) верхнего края Солнца $h_{\odot} = -50,3'$;
- начало (конец) гражданских сумерек $h_{\odot} = -6^\circ$;
- начало (конец) навигационных сумерек $h_{\odot} = -12^\circ$.

Часовые углы и азимуты светил в эти моменты рассчитываются по формулам:

$$\cos t_M = -\text{tg } \varphi \text{ tg } \delta + \sin h \text{ sec } \varphi \text{ sec } \delta; \quad (29.52)$$

$$\cos A = -\text{tg } \varphi \text{ tg } h + \sin \delta \text{ sec } \varphi \text{ sec } h. \quad (29.53)$$

Общая характеристика естественной освещенности в зависимости от соотношения φ и δ_{\odot} приведена в табл. 29.6. Для оценки естественной освещенности в любой день года в любой широте служат карты 74 и 75 Морского атласа, т. II.

Таблица 29.6

Характеристика естественной освещенности в зависимости от соотношения широты места и склонения Солнца

Соотношение между φ и δ_{\odot}		Характеристика естественной освещенности
для φ	для δ_{\odot}	

При одноименных φ и δ_{\odot}

$\varphi < 78^\circ - \delta$	$\delta < 78^\circ - \varphi$	Происходит смена дня, сумерек и ночи; светлое время продолжительнее темного Навигационные сумерки длятся всю ночь Утренние и вечерние гражданские сумерки смыкаются, образуются белые ночи Начинается или заканчивается полярный день Полярный день
$78^\circ - \delta < \varphi < 84^\circ - \delta$	$78^\circ - \varphi < \delta < 84^\circ - \varphi$	
$84^\circ - \delta < \varphi < 89,1^\circ - \delta$	$84^\circ - \varphi < \delta < 89,1^\circ - \varphi$	
$\varphi = 89,1^\circ - \delta$	$\delta = 89,1^\circ - \varphi$	
$\varphi > 89,1^\circ - \delta$	$\delta > 89,1^\circ - \varphi$	

Продолжение

Соотношение между φ и δ_{\odot}		Характеристика естественной освещенности
для φ	для δ_{\odot}	
При разноименных φ и δ_{\odot}		
$\varphi < 90,9^{\circ} - \delta$	$\delta < 90,9^{\circ} - \varphi$	Происходит смена дня сумерек и ночи; светлое время суток короче темного
$\varphi = 90,9^{\circ} - \delta$	$\delta = 90,9^{\circ} - \varphi$	Начинается или заканчивается полярная ночь
$90,9^{\circ} - \delta < \varphi < 96^{\circ} - \delta$	$90,9^{\circ} - \varphi < \delta < 96^{\circ} - \varphi$	Утренние и вечерние гражданские сумерки смыкаются, образуя сумеречный день
$96^{\circ} - \delta < \varphi < 102^{\circ} - \delta$	$96^{\circ} - \varphi < \delta < 102^{\circ} - \varphi$	Непродолжительная часть полярной ночи света за счет сомкнувшихся навигационных сумерек
$\varphi > 102^{\circ} - \delta$	$\delta > 102^{\circ} - \varphi$	Темная полярная ночь

Вычисление судового времени восхода (захода) светила. Общее решение. По формуле (29.51) или (29.52) вычислить $t_{\text{м}}^{\text{Гр}}$ восхода (захода); войдя в МАЕ обратным входом (§ 29.1); по $t_{\text{Гр}}^{\text{Гр}}$ или по $t_{\text{Гр}}^{\text{Гр}}$ Солнца, Луны или планеты найти $T_{\text{Гр}}$; по формулам (29.16) рассчитать судовое время или момент по часам. Поскольку склонения светил изменяются, задачу решать последовательными приближениями: вначале найти искомый момент для среднего склонения светила в данную дату, по полученному моменту явления вновь выбрать склонение светила и получить с ним новое значение момента явления и т. д., пока разность двух последовательно получаемых моментов не станет меньше допустимой ошибки вычислений.

С помощью звездного глобуса. Установить глобус по широте места, подвести видимое место светила к истинному горизонту и снять значение $t_{\text{м}}^{\text{Гр}}$. Далее решать задачу, как указано выше. Точность результата лежит в пределах 5–15 мин.

По МАЕ судовое время видимого восхода (захода) Солнца и Луны рассчитывается по формулам:

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{м}} &= T_{\text{Г}} + \Delta T_{\varphi} + \Delta T_{\lambda} + \Delta T_{\text{h}} \\ T_{\text{с}} &= T_{\text{м}} \mp \lambda_{\text{W}}^{\text{Ost}} \pm \lambda_{\text{W}}^{\text{St}} \end{aligned} \right\} (29.54)$$

где $T_{\text{Г}}$ — местное время восхода (захода) на Гринвичском меридиане при высоте глаза $e = 0$, выбираемое из ежедневных таблиц МАЕ;
 $\Delta T_{\varphi}, \Delta T_{\lambda}$ — поправки за широту и долготу, выбираемые для Солнца из приложения 1 МАЕ, для Луны — из приложения 2 МАЕ;
 ΔT_{h} — поправка за возвышение глаза и отличие метеорологических условий от табличных, рассчитываемая с помощью табл. 20-д МТ-63.

По „Таблицам восхода и захода Солнца для северных широт 74–90“, изд. ГС ВМФ, 1962. Моменты видимого восхода и захода Солнца вычисляются по тем же правилам, что и по МАЕ, но с учетом дополнительной поправки ΔT_{δ} за изменение склонения Солнца.

С карты 74 Морского атласа, т. II. Можно снять приближенное $T_{\text{м}}$ восхода (захода) Солнца для любой широты на любую дату. Судовое время рассчитывается далее обычным порядком.

Расчет азимутов восхода и захода светила. Общее решение. Рассчитать азимут светила по известной его высоте в момент восхода или захода по формуле (29.51) или (29.53).

На звездном глобусе. Нанести параллель светила по склонению в момент восхода (захода), установить глобус по широте и прочитать по шкале истинного горизонта азимуты точек его пересечения с параллелью светила. Точность расчета около 2–3°.

По табл. 20 МТ-63. Вычисляют азимут видимого восхода (захода) Солнца. Для звезд, Луны и планет азимут видимого восхода (захода) принимается равным азимуту истинного восхода (захода), который рассчитывают по приложению 2 МТ-63.

Расчет начала, конца и продолжительности сумерек. Общее решение (для тех широт, для которых сведения в МАЕ не приведены). По формуле (29.52) рассчитать с точностью до 5 мин $t_{\text{м}}$ моментов, когда $h_{\odot} = -6^{\circ}$ (для гражданских сумерек) и $h_{\odot} = -12^{\circ}$ (для навигационных сумерек), после чего обычным порядком найти соответствующие $T_{\text{Гр}}$ и $T_{\text{с}}$ (§ 29.1).

С помощью МАЕ продолжительность навигационных $\Delta T_{\text{нс}}$ и гражданских* $\Delta T_{\text{Гс}}$ сумерек рассчитывается по формуле

$$\Delta T_{\text{сум}} = \Delta T_{\text{Г}} + \Delta T_{\varphi}, \quad (29.55)$$

где $\Delta T_{\text{Г}}$ — продолжительность навигационных (гражданских) сумерек, выбранная из ежедневной таблицы МАЕ на табличную широту, ближайшую меньшую по отношению к заданной;

ΔT_{φ} — поправка, выбранная из приложения 1-а МАЕ.

С карты 75 Морского атласа, т. II. Можно снять приближенную продолжительность сумерек для любой широты на любую дату.

* В отечественном МАЕ гражданские сумерки считаются частью навигационных.

Моменты начала утренних навигационных $T_{\text{нунс}}$ и гражданских $T_{\text{нугс}}$ сумерек вычисляются по формулам:

$$T_{\text{нунс}} = T_{\odot}^{\Delta} - \Delta T_{\text{нс}}; \quad T_{\text{нугс}} = T_{\odot}^{\Delta} - \Delta T_{\text{гс}} \quad (29.56)$$

где T_{\odot}^{Δ} — судовое время видимого восхода Солнца.

Заканчиваются утренние сумерки в момент видимого восхода Солнца.

Вечерние сумерки начинаются в момент видимого захода Солнца. Момент их окончания определяется по формулам:

$$T_{\text{овгс}} = T_{\odot}^{\ominus} + \Delta T_{\text{гс}}; \quad T_{\text{овнс}} = T_{\odot}^{\ominus} + \Delta T_{\text{нс}} \quad (29.57)$$

где T_{\odot}^{\ominus} — судовое время видимого захода Солнца.

Составление таблицы и графика освещенности для заданного пункта (составляются обычно на месяц на бланках формы Ш-25 ГС ВМФ):

— вычислить поправку $\Delta T = \pm \lambda \frac{O^{\text{ст}}}{W} \mp \lambda \frac{O^{\text{ст}}}{W}$ для перехода от $T_{\text{М}}$ к $T_{\text{С}}$;

— с помощью МАЕ или по картам 74, 75 Морского атласа определять $T_{\text{М}}$ видимого восхода и захода Солнца с интервалом 3–5 суток, продолжительность сумерек с тем же интервалом и $T_{\text{М}}$ восхода и захода Луны на каждые сутки;

— рассчитать судовое время восхода и захода Солнца и Луны, начала и окончания сумерек;

— на вычисленные моменты выбрать из МАЕ с точностью до $0,1^{\circ}$ склонения Солнца и Луны;

— по табл. 20 МТ-63 найти азимуты восхода и захода Солнца, а по приложению 2 МТ-63 — азимуты восхода и захода Луны (в круговом счете с точностью до 1°);

— занести полученные сведения в таблицу освещенности, интерполируя солнечные явления по датам;

— из МАЕ найти фазы Луны и показать их в таблице на каждые сутки;

— по вычисленным данным нанести на бланк графика освещенности линии восхода и захода Солнца, восхода и захода Луны, начала утренних и окончания вечерних гражданских и навигационных сумерек; надписать азимуты восхода и захода (в круговом счете) для Солнца через каждые 3–5 дней, а для Луны — на каждые сутки; показать основные фазы Луны;

— раскрасить на графике дневное время суток желтым, гражданские сумерки светло-розовым, навигационные сумерки темно-розовым, лунную ночь светло-голубым и безлунную ночь темно-голубым цветом.

Составление таблицы и графика освещенности на переход. Задача решается, как предыдущая, но учитывается изменение $T_{\text{М}}$ не только вследствие перемены координат светила в разные даты, но и изменения φ и λ при движении корабля, а также изменение счёта судового времени (№ часового пояса), если оно предполагается. Для этого последовательно сравнивается местное время $T_{\text{М}}$, в которое корабль проходит расчетную точку, и местное время $T'_{\text{М}}$, которое получается для данного явления в расчетной точке.

Расчеты заканчиваются при $T_{\text{М}} - T'_{\text{М}} < 5$ мин, затем $T_{\text{М}}$ переводится в $T_{\text{С}}$. Первая расчетная точка берется ориентировочно,

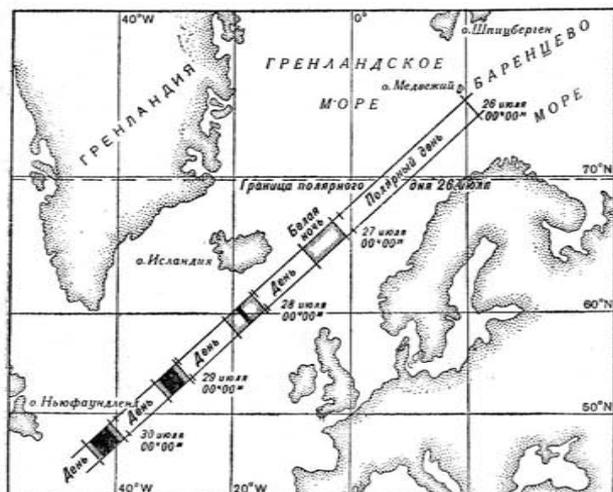


Рис. 29.6

вторая — на получившийся в первом приближении момент явления $T_{\text{М}} = T_{\text{С}} - (\lambda - \lambda)$ и т. д. Обычно достаточно двух приближений. Наиболее удобно расчеты производить с помощью карт 74 и 75 Морского атласа, т. II. По вычисленным данным на генеральной или бланковой карте по заданному маршруту похода (рис. 29.6) цветными карандашами отмечаются участки, проходящие в светлое время, в сумерки, ночью, а также другие необходимые сведения. На рис. 29.6 показан пример для похода от о. Медвежий к о. Ньюфаундленд с 26 по 30 июля (время московское).

Глава 30

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ И ПОПРАВОК
КУРСУКАЗАТЕЛЕЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ СВЕТИЛ§ 30.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ НА ПОХОД
И ПОДГОТОВКА ЛИЧНОГО СОСТАВА

Астрономический расчет корабля (АР) — группа специально подготовленных офицеров и старшин; обычно состоит из двух пар основных наблюдателей (первая пара — старший штурман и вахтенный офицер, вторая пара — младший штурман и помощник командира корабля), старшины (на записи — в штурманской рубке) и одного — двух запасных наблюдателей. В каждую пару должен входить офицер с более высокой штурманской подготовкой для необходимой срочной консультации в работе, оценки обстановки и т. п. Руководит подготовкой и работой АР старший штурман. Командир корабля в АР не включается, но при благоприятных условиях может производить наблюдения в любой из пар. За каждым наблюдателем АР закрепляются приборы для наблюдений и пособия для вычислений. Зависимость ожидаемой точности астрономической обсервации от числа наблюдателей и независимых линий положения показана в табл. 30.1.

Таблица 30.1

Ожидаемая предельная ошибка ($3M_{\text{д}}$) обсервованного места
в милях

Число наблюдателей	Средняя квадратическая ошибка высоты, дуг. мин								
	0,5			0,7			1,0		
1	Число линий положения								
	2	3	4	2	3	4	2	3	4
1	2,3	2,0	1,7	3,0	2,8	2,3	4,3	3,7	3,1
2	1,8	1,6	1,4	2,3	2,0	1,7	3,0	2,7	2,3
3	1,5	1,4	1,3	2,0	1,7	1,5	2,6	2,3	2,0
4	1,4	1,3	1,2	1,7	1,6	1,4	2,3	2,0	1,7

Подготовка к походу астрономического расчета:

- выверить секстанты и определить их поправки (§ 29.3);
- проверить наклонмер и звездный глобус;
- проверить постоянство суточного хода морских хронометров и палубных часов (§ 28.2), отрегулировать прочие часы и секундомеры и убедиться, что их ход соответствует нормам (табл. 28.2);

— проверить слышимость программ радиосигналов времени, определить поправки хронометров и палубных часов по радиосигналам времени, установить на верное время морские часы и часы личного состава;

— подготовить пособия для астрономических вычислений (МАЕ, МТ-63, ВАС-58, ТВА-57, бланки для расчетов, ЗКШ), рабочие места, принадлежности и инструменты для вычислений и прокладки линий положения;

— членам АР записать в ЗКШ номера закрепленных за ними приборов и пособий, таблицы инструментальных поправок, диоптрийность глаз, высоты надстроек и т. д.;

— провести тренировки членов АР в измерениях высот светил закрепленными за ними приборами с выводом средних квадратических ошибок измерений, тренировки в астрономических вычислениях применительно к условиям похода (каждый вычислитель должен систематически тренироваться в работе с избранным вычислительным средством, которое должно быть пригодным для решения возможно большего круга родственных задач);

— провести тренировки АР в полном составе с фактическим решением задач; если в наблюдениях или вычислениях будут обнаружены промахи, то тренировки повторять до получения удовлетворительного результата.

Предварительные расчеты на поход:

— оценить естественную освещенность морского горизонта (§ 29.4); если сроки похода будут изменены, то откорректировать расчеты по МАЕ с учетом изменений $\Delta T_{\text{с}}$ и $\Delta T_{\text{л}}$ или выполнить их заново по картам 74 и 75 Морского атласа;

— установить, когда, где и какие способы астрономических обсерваций и определения поправок курсоуказателей необходимо и возможно будет применять.

§ 30.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ
ПО ОДНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ ВЫСОТ СВЕТИЛ

Выбор способа астрономической обсервации. Способ четырех высот дает наиболее точный и надежный результат; светила должны располагаться на примерно равных высотах и при разностях азимутов между соседними светилами около $\pm 90^\circ$.

Способ трех высот существенно отличается по точности от предыдущего, если три светила расположены примерно на равных высотах симметрично по всему горизонту (разности азимутов между соседними светилами близки к 120°). Если облачность или видимость горизонта позволяет наблюдать три светила только в пределах одной половины горизонта, разность азимутов между средним и крайним светилами должна быть как можно больше.

Способ двух высот наименее надежен, поскольку не позволяет исключить влияния систематических ошибок δ_h . Разность азимутов светил при возможности использовать наклонмер наиболее выгодна в пределах 80° — 100° , допустима 60° — 120° ; при отсутствии наклонмера — наиболее выгодна в пределах 60° — 80° , но не должна быть более 90° . Когда оценка соотношения ошибок δ_h и m_h затруднена, следует наблюдать светила при разности азимутов, близкой к 90° . Если необходимо получить минимальную ошибку определения места по заданному направлению

нию, то наблюдать светила надо так, чтобы направление среднего азимута между ними совпало с нормалью к заданному направлению, а величина разности азимутов была более 90° .

Подготовка к наблюдениям:

— рассчитать судовое время начала и окончания навигационных сумерек (§ 29.4), на середину сумерек снять по предварительной прокладке численные координаты и рассчитать местный часовой угол точки Овна;

— нанести на звездный глобус Луну и планеты, установить его по φ и I_M^{\uparrow} и подобрать две—три комбинации звезд;

— установить очередность наблюдений светил каждым наблюдателем, учитывая блеск светил, возможную освещенность горизонта и небосвода и необходимость получения возможно большего числа независимых линий положения в случае срочного погружения;

— каждому наблюдателю занести в свою ЗКШ таблицу и схему расположения светил по курсовым углам и высотам с указанием очередности их наблюдений;

— рассчитать поправку хронометра на момент наблюдений;

— определить по радиосигналам времени или сличению с хронометром поправку часов; при наблюдениях с секундомером запустить его по хронометру;

— измерить наклонение видимого горизонта (в утренние сумерки оно измеряется после наблюдений высот или одновременно с ними);

— выверить малое зеркало и определить поправку индекса секстана (в вечерние сумерки она определяется после наблюдения высот или по Солнцу до его захода);

— при наблюдениях светил на высотах до 30° измерить температуру и давление воздуха;

— выполнить несколько пробных отсчетов по шкалам секстанта и часов.

Записи всех измерений и расчеты при подготовке к наблюдениям делают в ЗКШ или на специальном бланке.

Астрономические наблюдения (в каждой паре астрономического расчета первыми выполняют измерения наиболее опытные наблюдатели):

— измерить три—пять высот каждого светила (для одного из светил измерить пять—семь высот с целью расчета по ним средней квадратической ошибки по размаху), заметить показания рабочих часов и взять компасные пеленги светил; результаты наблюдений записывать в ЗКШ или специальный бланк непосредственно в ходе наблюдений;

— на средний момент наблюдений заметить судовое время, отсчет лага, курс и скорость хода корабля;

— повторно определить поправку индекса секстана;

— повторно сличить часы с хронометром или остановить секундомер по хронометру.

Все дальнейшие действия вплоть до получения обсервованных координат каждый наблюдатель выполняет самостоятельно и независимо, тщательно контролируя арифметические действия и выборки из таблиц.

Предварительная обработка результатов наблюдений:

— рассчитать средние отсчеты секстана и средние моменты по часам для каждого светила (средние моменты округляются до ближайшей меньшей секунды);

— выбрать из формуляра секстана инструментальные поправки и рассчитать значение $\Delta c = i + s$;

— рассчитать среднее сличение до и после наблюдений (или ход секундомера за время наблюдений) и определить поправку часов;

— снять на момент наблюдений численные координаты (члены АР они могут быть заданы штурманом);

— записать результаты наблюдений в навигационный журнал: T_c , ol , название светила, средний oc , $i + s$, средний момент по часам T , компасный пеленг светила $KП$ (для всех светил), а потом поправку часов u , поправку компаса ΔK , наклонение видимого горизонта d или возвышение глаза наблюдателя e , температуру t° и давление B воздуха.

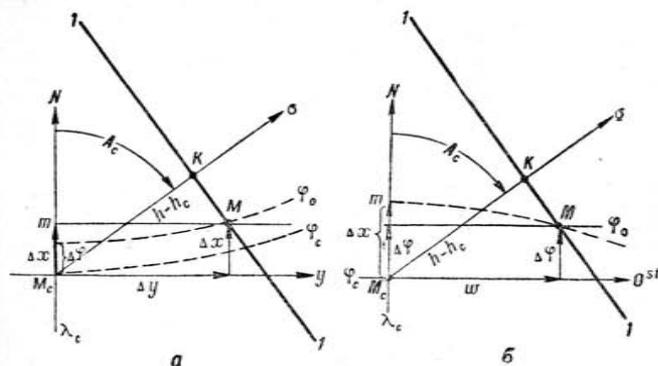


Рис. 30.1

Вычисление элементов линий положения (выполняется на бланках Ш-8 или Ш-86 издания УГС ВМФ, схемы — § 30.7):

— рассчитать всемирное время наблюдений для каждой линии;

— с помощью МАЕ рассчитать местные часовые углы и склонения светил;

— исправить высоты светил, получить истинные геоцентрические высоты и уменьшить их на $0,3'$ при высотах от 30 до 80° и на $0,2'$ при высотах от 10 до 30° или от 80 до 90° ;

— вычислить численные высоты и азимуты светил;

— привести высоты светил к одному месту (к одному зениту);

— рассчитать переносы линий положения $n = h - h_c$.

Прокладка линий положения, отыскание, оценка точности и оформление обсервованного места:

— на бланке (рис. 30.1 а) или карте (рис. 30.1 б) масштаба не мельче $1:500\,000$ проложить линии положения (§ 11.1);

— если высоты светил к одному месту не приводились, привести графически линии положения (§ 11.1);

— отыскать обсервованное место в фигуре погрешностей (§ 11.3), учитывая возможное соотношение величин случайных и

систематических ошибок линий положения (членам AP метод отыскания обсервованного места назначается штурманом);

- оценить точность обсервации круговой ошибкой M_M (§ 11.4);
- рассчитать судовое время, на которое получена обсервация:

$$T_c = T_{гр. зад} \pm N_{W}^{Ost}$$

где $T_{гр. зад}$ — всемирное время момента, принятого за заданный при приведении высот к одному зениту;

— нанести обсервацию на карту, обвести ее двумя кружками (члены AP сообщают штурману полученные или обсервованные координаты, среднюю квадратическую ошибку измерения высот и круговую ошибку обсервации);

— в навигационном журнале записать T_c окончания расчетов, T_c и $0_{л}$ обсервации, способ определения места, обсервованные координаты, невязку и точность обсервации.

При отыскании обсервованного места в фигуре погрешностей и оценке точности обсервации среднюю квадратическую величину оставшейся неисключенной систематической ошибки высотной линии положения следует принимать равной: если наклонение горизонта наклономером не измерялось, в Северном Ледовитом океане — $1,0 \div 3,0'$, в других океанах и закрытых морях — $0,5 \div 1,0'$; если наклонение горизонта измерено наклономером, при надежной инструментальной поправке секстана и отсутствии асимметрии наклона горизонтов — $0,3 \div 0,5'$. Средняя квадратическая величина случайных ошибок линии положения при вычислениях h_c по таблицам ВАС-58, ТВА-57 или МТ-63:

$$m_{лп} = \sqrt{M_{oc}^2 + 0,12^2}; \quad M_{oc} = \frac{m_{oc}}{\sqrt{n}} \quad (30.1)$$

Отыскание вероятнейшего места корабля из серии обсерваций:

— привести все обсервации к одному месту (это может быть выполнено каждым вычислителем приведением высот к одному месту на заданный штурманом момент);

— из серии обсерваций вывести вероятнейшее место корабля и оценить его точность (§ 11.3 и 11.4).

Круговая ошибка вероятнейшего места может быть оценена также по формуле

$$M_B = km_{лп} \quad (30.2)$$

где k — коэффициент, выбираемый из табл. 30.2;

$m_{лп}$ — средняя квадратическая ошибка линии положения.

Обсервации, удаленные от вероятнейшего места больше чем на удвоенную величину их круговой ошибки M_M , должны быть проверены. Если при этом причины значительного разброса обсерваций AP не выяснены, то по возможности следует повторить измерения.

Таблица 30.2

Коэффициент k для расчета круговой ошибки вероятнейшего места

Число линий положения в исходных обсервациях	Число учетных обсерваций					
	1	2	3	4	5	6
2*	1,4	1,0	0,8	0,7	0,7	0,6
3	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5
4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4

§ 30.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ И КОНТРОЛЬ СЧИСЛЕНИЯ ПО РАЗНОВРЕМЕННЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ СВЕТИЛ

Определение места корабля по разновременным наблюдениям светил:

— первые наблюдения высот выполнить так же, как и при одновременных наблюдениях;

— вычислить элементы первой высотной линии положения и проложить ее на карте или бланке;

— выждав, когда азимут светила изменится на ΔA_H (табл. 30.3) или на допустимое значение (обычно не менее $40 \div 50^\circ$), выполнить вторые наблюдения высот;

— наиболее точным из возможных способов вычислить числимые координаты точки $M_{c2} (\varphi_{c2}, \lambda_{c2})$ на момент вторых наблюдений, приняв за исходную точку $M_{c1} (\varphi_{c1}, \lambda_{c1})$, по координатам которой вычислялись элементы первой линии положения;

— для найденных φ_{c2} и λ_{c2} вычислить A_{c2} и $n_2 = h_2 - h_{c2}$;

— в центре бланка принять точку $M_{c2} (\varphi_{c2}, \lambda_{c2})$, проложить от нее обе линии положения (рис. 30.2), найти обсервованное место M и рассчитать его координаты:

$$\varphi_0 = \varphi_{c2} + \Delta\varphi; \quad \lambda_0 = \lambda_{c2} + \Delta\lambda; \quad \Delta\lambda = w \sec \varphi_0;$$

— нанести место на карту, обвести его треугольником и кружком, снять направление и величину невязки и сделать запись в навигационном журнале.

* В обсервациях по двум линиям положения предполагается использование накломера.

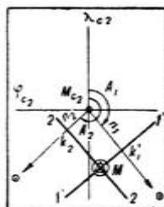


Рис. 30.2

Таблица 30.3

Наивыгоднейшая разность азимутов ΔA_H в град при определении места по одновременным наблюдениям светил

Скорость нарастания ошибок счисления по времени $a_{сч}$, мили/ч	Скорость изменения азимута светила ω_A , град/ч					
	10		15		20	
	Средняя квадратическая ошибка линии положения $m_{лп}$, дуг. мин					
	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
0,13	65	75	70	80	85	90
0,25	50	65	60	70	65	75
0,50	35	50	40	55	50	60
1,00	25	35	30	45	35	50

Величина ω_A для входа в табл. 30.3 выбирается из таблиц ВАС-58 (она численно равна разности азимутов, соответствующей приращению часового угла $\Delta t_M = 15^\circ$) или определяется из измерений нескольких пеленгов светила: $\omega_A = (K\Pi_2 - K\Pi_1) : (T_2 - T_1)$.

Изменение азимута светила, обеспечивающее заданную точность определения места корабля, рассчитывается по формуле

$$\sin \Delta A_H = \frac{1}{M_{зад}} \sqrt{m_{лп1}^2 + m_{лп2}^2 + M_c^2} \quad (30.3)$$

где $M_{зад}$ — заданная (допустимая) величина средней квадратической ошибки определения места; $m_{лп1}$, $m_{лп2}$ — ожидаемые средние квадратические ошибки высотных линий положения, оцениваемые по формуле (30.1); M_c — ожидаемая средняя квадратическая ошибка счисления за промежуток времени между измерениями высот.

Если прокладка линий положения выполняется непосредственно на карте, то от счислимой точки $M_{с1}$ надо возможно тщательнее проложить плавание корабля за промежуток времени между измерениями высот, координаты найденной таким образом счислимой точки $M_{с2}$ принять за исходные для вычисления элементов второй линии положения и от нее же проложить азимуты и величины $h - h_c$ для построения обеих линий положения. Любые промежуточные наблюдения при отыскании счислимой точки $M_{с2}$ в расчет приниматься не должны.

Точность определения места по одновременным наблюдениям высот светил практически не зависит от ошибки, с которой известно первое счислимое место $M_{с1}$; она оценивается способами, рассмотренными в § 11.4, или по формуле

$$M = K_M m_{лп} \quad (30.4)$$

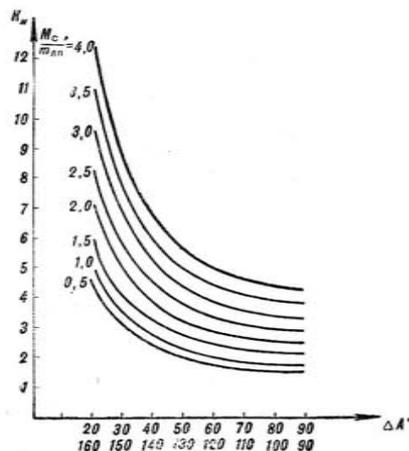


Рис. 30.3

где K_M — коэффициент, найденный на графике (рис. 30.3) по разности ΔA азимутов светила в первой и во второй линиях положения и по отношению средних квадратических ошибок M_c счисления за промежутки времени между наблюдениями и $m_{лп}$ высотной линии положения.

Использование одной высотной линии положения для уточнения счисления (рис. 30.4). Если возможная ошибка счислимой точки M_c значительно превышает среднюю квадратическую ошибку линии положения, то счислимое место уточняется его переносом в определяющую точку K . Если ошибки счислимой точки M_c и линии положения соизмеримы, то удаление уточненной точки M от счислимой M_c будет

$$x = k_x (h - h_c) \quad (30.5)$$

где k_x — коэффициент, выбираемый из табл. 30.4.

— в схемах вычислений по ВАС-58 откорректировать поправки Δh_c и ΔA_c , а также Δh_δ и ΔA_δ ;

— уточнив счислимые высоты, вычислить переносы линий положения $n = h - h_c$;

— далее поступать, как при обычном способе определения места.

Метод перемещенных мест (позволяет сократить затраты труда на расчеты h_c и A_c по таблицам ВАС-58 примерно в три раза):

— h_c и A_c для каждой линии положения вычислять по координатам своего перемещенного счислимого места $M_{п}$, широта которого $\varphi_{п}$ равна ближайшей к φ_c табличной широте φ_T , а долгота $\lambda_{п}$ подбирается так, чтобы в сумме с гринвичским часовым углом светила она давала величину местного часового угла, равного табличному:

$$t_T = t_{ГР} + \lambda_{п}^{ст}; \quad \lambda_{п} = t_T - t_{ГР}; \quad (30.7)$$

— расчеты h_c и A_c выполнять по формулам:

$$h_c = h_T + \Delta h_\delta; \quad A_c = A_T + \Delta A_\delta; \quad (30.8)$$

— линии положения прокладывать на путевой карте или карте-сетке от ее перемещенного места $M_{п}$;

— получив obserвованное место, оценить необходимость учета методических поправок x и γ^* ; если окажется, что $x > 0,2'$ или $\gamma > 0,2^\circ$, то учесть их и уточнить obserвованное место.

Учет методических поправок при прокладке линий положения на плане:

— найти точку M пересечения неисправленных линий положения 1-1 и 2-2 (рис. 30.5);

— по обе стороны от нее на первой линии положения наметить точки a_1 и a_2 , а на второй линии положения — точки a_3 и a_4 на расстояниях 5—10 миль одна от другой так, чтобы длины отрезков $l_1 = K_1 a_1$; $l_2 = K_1 a_2$; $l_3 = K_2 a_3$ и $l_4 = K_2 a_4$ были кратны 5 или 10 милям;

— из табл. 30.5 по высоте первого светила h_1 и величинам l_1 и l_2 выбрать величины x_1 и x_2 , отложить их от точек a_1 и a_2 соответственно по направлению азимута первого светила и через полученные точки b_1 и b_2 провести исправленную первую линию положения;

— аналогично провести исправленные вторую, третью и т. д. линии положения;

— в точке пересечения исправленных линий положения найти obserвованное место корабля M_0 (вводить поправки в азимуты светил не требуется, так как дуги больших кругов на плане изображаются прямыми линиями).

* Она может быть выяснена еще при подготовке к наблюдениям.

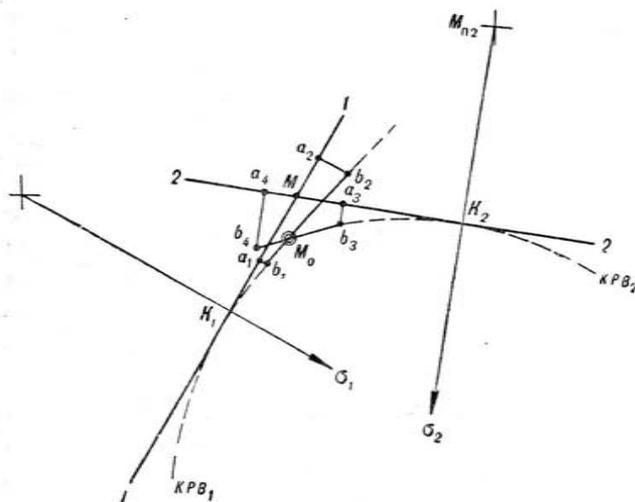


Рис. 30.5

Таблица 30.5

Отстояния x круга равных высот от линии положения
в милях

h , град	l , мили						h , град	l , мили					
	5	10	15	20	25	30		15	20	30	40	50	60
88	0,1	0,4	0,9	1,7	2,6	3,6	80	0,2	0,3	0,7	1,3	2,0	2,6
87	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	2,5	75	0,1	0,2	0,5	1,0	1,4	2,0
86	0,1	0,2	0,5	0,8	1,3	1,8	70	0,1	0,2	0,3	0,7	1,0	1,5
85	0,0	0,2	0,4	0,7	1,0	1,5	65	0,1	0,1	0,3	0,5	0,8	1,2
84	0,0	0,1	0,3	0,6	0,9	1,2	60	0,0	0,0	0,2	0,4	0,6	0,9
83	0,0	0,1	0,3	0,5	0,8	1,1	50	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,6
82	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	1,0	40	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5
81	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	0,8	30	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3

Учет методических поправок при прокладке линий положения на меркаторской карте:

— для учета кривизны линий азимутов прокладывать величины $h - h_c$ от перемещенных считаемых мест по азимутам

$$A' = A_c + 2\psi = A_c + \gamma, \quad (30.9)$$

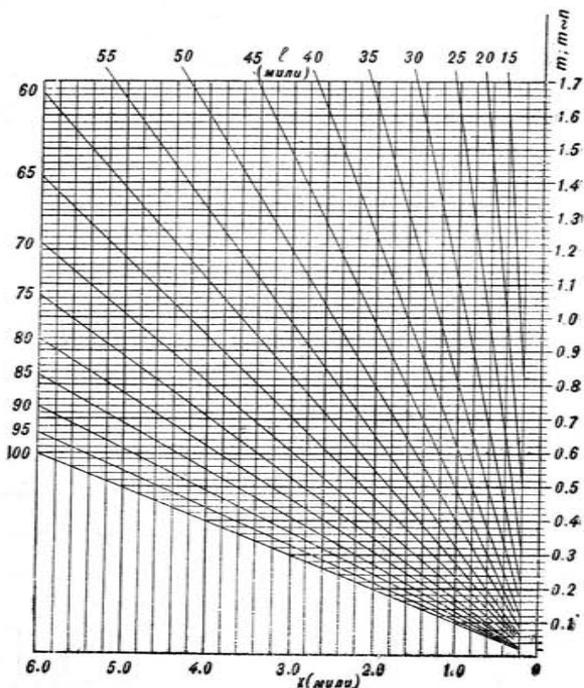


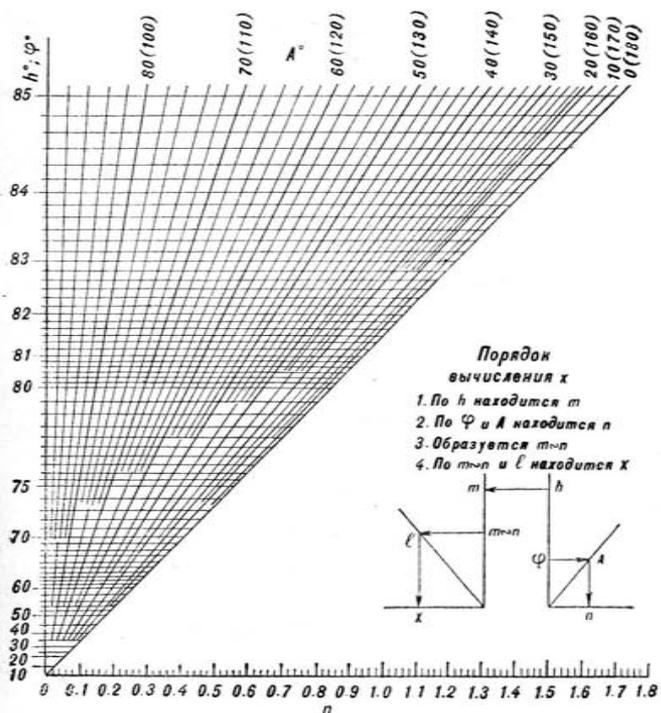
Рис.

где ψ — ортодромическая поправка, выбираемая из табл. 23-6 МТ-63 по φ и разности долгот определяющей точки K и расчетного считаемого места M_{II} (знак поправки 2ψ для A_c в полукруговом счете всегда одинаков со знаком $h - h_c$);

γ — схождение меридианов:

$$\gamma = (h - h_c) \sin A_c \operatorname{tg} \varphi_c; \quad (30.10)$$

— неисправленные линии положения прокладывать перпендикулярно направлениям азимутов A' ;



30.6

Примечание: Величина n отрицательна при $A < 90^\circ$.

— для учета кривизны циклических кривых (изображений кругов равных высот) выполнять те же построения, что и при прокладке линий положения на плане, но значения x находить по номограмме Б. И. Яцука (рис. 30.6).

Вопрос о необходимости учета поправки x при работе с таблицами ВАС-58 решается с помощью графиков рис. 30.7 и 30.8, которые показывают, при каких значениях I для данных h и A

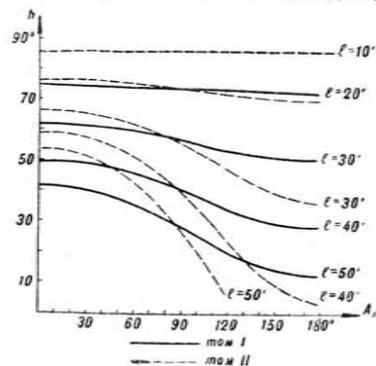


Рис. 30.7

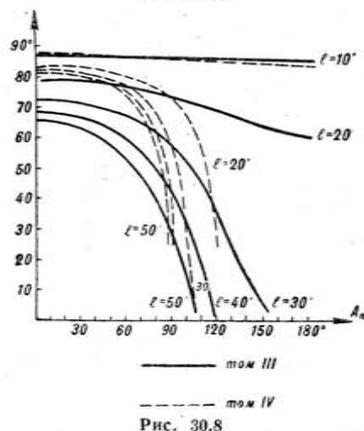


Рис. 30.8

величина x становится равной 0,2 мили и ее необходимо учитывать.

Определение широты места по высоте Полярной звезды:

— измерить высоту Полярной звезды и исправить ее поправками, как и высоты других звезд;

— на момент наблюдений с помощью МАЕ рассчитать местный часовой угол точки Овна t_M^γ ;

— из МАЕ (стр. 403—406) выбрать поправки: первую (I) — по t_M^γ , вторую (II) — по t_M^γ и h , третью (III) — по t_M^γ и дате, после чего рассчитать

$$\sum \Delta h = I + II + III; \quad \varphi_0 = h + \sum \Delta h; \quad (30.11)$$

— по полученной φ_0 на карте или бланке провести обсервованную параллель; ее следует рассматривать как обычную высотную линию положения с элементами $n = \varphi_0 - \varphi_c$ и $A_c = 0^\circ$.

Определение широты места по меридиональной высоте светила. Измеряется наибольшая или наименьшая высота светила близ момента верхней или нижней кульминации. Широта места наблюдений вычисляется по формуле

$$\varphi_0 = (90^\circ - H) + \delta \quad \text{или} \quad \varphi_0 = (90^\circ - \delta) + H'. \quad (30.12)$$

Момент измерения замечается с точностью до 0,5 мин. В широту, вычисленную по формуле (30.12), вводится поправка из табл. 18 МТ-63 для учета отличия наибольшей (наименьшей) высоты от меридиональной вследствие движения корабля. На карте (бланке) величине φ_0 соответствует обсервованная параллель, которая рассматривается как высотная линия положения. Долгота места наблюдений для грубой ориентировки в малых и средних широтах может быть получена сравнением местного времени кульминации светила из МАЕ и всемирного времени фактически наблюдаемой кульминации светила.

§ 30.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ В ТРОПИЧЕСКИХ И ПРИПОЛЮСНЫХ РАЙОНАХ

Определение места по высотам Солнца в малых широтах. При плавании в малых широтах от восхода Солнца до полудня и от полудня до захода азимут Солнца меняется мало. Приемлемое изменение азимута, при котором угол пересечения высотных линий положения будет достаточно велик для определения места корабля, происходит за малый промежуток времени около полудня. При высотах Солнца более 73° вычисления по таблицам ВАС-58 выполняются методом перемещенного места (§ 30.4).

При высотах Солнца более 88° :

— на карте (рис. 30.9) по склонению Солнца нанести его точную параллель ($\varphi = \delta_\odot$), на ней пометить места полуса освещения Солнца на каждую целую минуту T_c около предвычисленного заранее момента верхней кульминации на счислимом меридиане ($\Delta \lambda = 1 \text{ мин} = 15'$) и снять на них пеленги от счислимого места корабля на момент кульминации Солнца;

— ориентируясь по этим пеленгам трубу секстана, измерить высоты Солнца, удерживая плоскость лимба секстана в вертикале Солнца глазомерно;

- на момент измерения каждой высоты вычислить гринвичский часовой угол Солнца и его склонение;
- исправить измеренные высоты Солнца и вычислить истинные зенитные расстояния $z = 90^\circ - h$;
- на путевой карте или карте-сетке по δ_\odot нанести параллель и отметить на ней по $\lambda_W = t_{гр}^\odot$ или $\lambda_{Ost} = 360^\circ - t_{гр}^\odot$ положения полюсов освещения Солнца в моменты измерений высот (рис. 30.10);

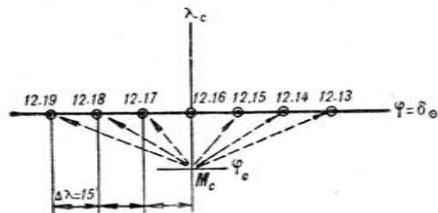


Рис. 30.9

- для приведения изолиний к месту последних наблюдений переместить первый полюс освещения по направлению движения корабля на расстояние, пройденное кораблем за промежуток вре-

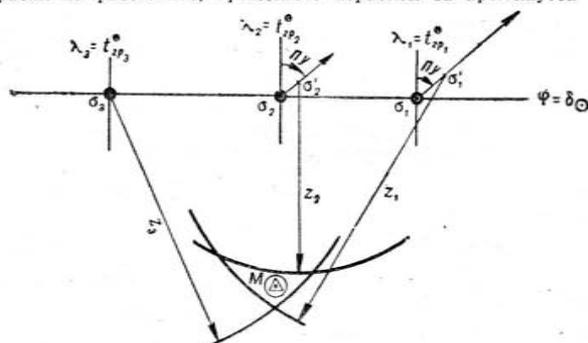


Рис. 30.10

- мени между первым и последним измерениями; аналогично привести остальные полюсы освещения, кроме последнего;
- из приведенных полюсов освещения описать окружности, радиусы которых равны истинным зенитным расстояниям;
- учитывая направление от корабля на Солнце при наблюдениях, выбрать область пересечения кругов равных высот и найти observed место в фигуре погрешностей.

Определение места корабля в высоких широтах в географических координатах. Высоты светил могут измеряться секстанами с искусственным горизонтом, а иногда (над кромкой льда) — навигационным секстаном; высоты и азимуты светил — теодолитами, с помощью которых даже днем можно наблюдать планеты и наиболее яркие звезды.

Элементы высотных линий положения в приполюсных районах ($\varphi > 80^\circ$) рассчитываются обычным порядком по таблицам ТВА-57 (таблицы ВАС-58 для этих случаев непригодны), прокладка линий положения всегда выполняется на плане (рис. 30.1, а), а observed координаты рассчитываются по формулам (11.23), которые для вычислений по таблицам ТВА-57 принимают вид:

$$\varphi_m = \varphi_c + \Delta\lambda; \quad T(\Delta\lambda) = T(\Delta\mu) + S(\varphi_m); \quad (30.13)$$

$$\lambda_o = \lambda_c + \Delta\lambda; \quad T(\varphi_o) = T(\varphi_m) - S(\Delta\lambda). \quad (30.14)$$

Определение места корабля в высоких широтах в квазигеографических координатах:

- по географическим координатам вычислить элементы A_c и $n = h - h_c$ высотных линий положения;
- вычислить угол перехода

$$Q = \lambda_c + \Delta Q. \quad (30.15)$$

где ΔQ — поправка угла перехода, выбираемая из табл. 30.6 (более строго $\text{ctg } Q = \sin \varphi \text{ ctg } \lambda = -\sin \varphi_q \text{ ctg } \lambda_q$);

- рассчитать счислимые квазиазимуты светил:

$$A_{qc} = A_c - Q; \quad (30.16)$$

- от счислимой точки M_c со счислимыми квазигеографическими координатами φ_{qc} и λ_{qc} на карте-сетке в поперечной меркаторской проекции или на плане по A_{qc} и $n = h - h_c$ проложить линии положения, как показано на рис. 30.1;

- найти observed место M и снять для него поправки $\Delta\varphi_q$ и $\Delta\lambda_q$ к счислимым координатам;
- рассчитать observed квазигеографические координаты:

$$\varphi_{qo} = \varphi_{qc} + \Delta\varphi_q; \quad \lambda_{qo} = \lambda_{qc} + \Delta\lambda_q. \quad (30.17)$$

Прокладка линий положения от географического полюса (при плавании в $\varphi > 89^\circ$):

- в качестве расчетной точки принять Северный полюс P_N ;
- вычислить гринвичские часовые углы светил (для расчетной точки P_N они равны азимутам светил, отсчитанным от нулевого географического меридиана) (рис. 30.11);
- вычислить склонения светил (для P_N они равны счислимым высотам светил), найти $n = h - \delta$ и проложить линии положения (лучше всего на маневренном планшете);

Таблица 30.6

Поправка ΔQ к географической долготе для расчета угла перехода в дуговых минутах

λ_{Ost} , град	Широта места φ , град									λ_W , град	
	80	81	82	83	84	85	86	87	88		89
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
10	+9	+7	+6	+4	+3	+2	+1	+1	0	0	170
20	+17	+14	+11	+8	+6	+4	+3	+2	+1	0	160
30	+23	+18	+15	+11	+8	+6	+4	+2	+1	0	150
40	+26	+21	+17	+13	+9	+6	+4	+2	+1	0	140
50	+26	+21	+17	+13	+9	+6	+4	+2	+1	0	130
60	+23	+18	+15	+11	+8	+6	+4	+2	+1	0	120
70	+17	+14	+11	+8	+6	+4	+3	+2	+1	0	110
80	+9	+7	+6	+4	+3	+2	+1	+1	0	0	100
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
100	-9	-7	-6	-4	-3	-2	-1	-1	0	0	80
110	-17	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	-1	0	70
120	-23	-18	-15	-11	-8	-6	-4	-2	-1	0	60
130	-26	-21	-17	-13	-9	-6	-4	-2	-1	0	50
140	-26	-21	-17	-13	-9	-6	-4	-2	-1	0	40
150	-23	-18	-15	-11	-8	-6	-4	-2	-1	0	30
160	-17	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	-1	0	20
170	-9	-7	-6	-4	-3	-2	-1	-1	0	0	10
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

— при больших разностях $h - \delta$ учесть методические ошибки линий положения (§ 30.4);

— снять obserвованные географические φ_0 , λ_0 и obserвованные квазигеографические φ_{q0} , λ_{q0} координаты непосредственно с планшета.

Определение места корабля с использованием разностно-азимутальных наблюдений светил. С помощью теодолита от какого-либо произвольного начального направления измерить направления на два светила. Дополнительно к высотным линиям положения эти измерения позволяют получить разностно-азимутальную линию положения. Если направления измерены не одновременно, то привести их к одному моменту и затем найти разность азимутов $\theta = A_2 - A_1$. На этот же момент вычислить разность азимутов светила в числимой точке $\theta_c = A_{c2} - A_{c1}$. Построить разностно-азимутальную линию положения (рис. 30.12):

— выбрать из табл. 6 МТ-63 натуральные величины $\text{tg } h_{c1}$ и $\text{tg } h_{c2}$, проложить их в удобном масштабе по линиям азимутов соответствующих светил; в этом же масштабе измерить расстояния между концами проложенных отрезков — оно равно модулю градиента разности азимутов ξ_0 ;

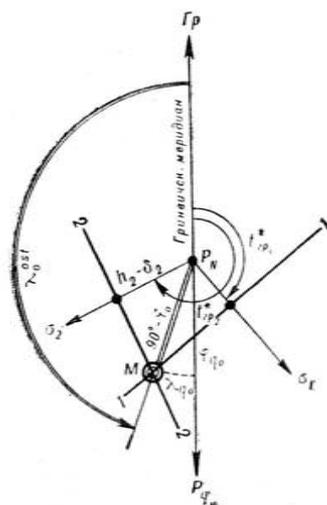


Рис. 30.11

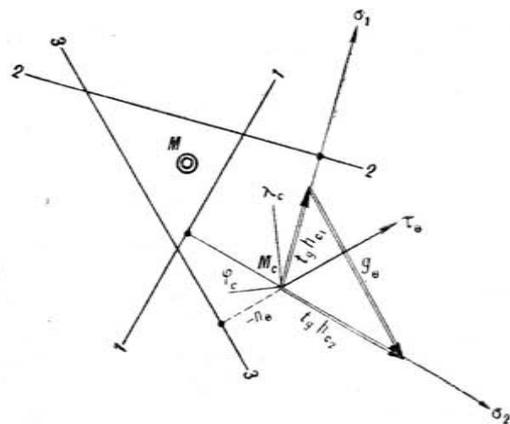


Рис. 30.12

— вычислить перенос:

$$n_{\theta} = \frac{\theta - \theta_c}{q_{\theta}}; \quad (30.18)$$

— перпендикулярно построенному отрезку g_{θ} провести через счислимое место направление τ_{θ} (внутри угла $\tau_1 M_c \tau_2$); по этому направлению отложить n_{θ} (если величина $\theta - \theta_c$ отрицательна, то отрезок n_{θ} должен откладываться в направлении, противоположном направлению τ_{θ});

— перпендикулярно направлению τ_{θ} провести разностно-азимутальную линию положения 3—3;

— проложив также высотные линии положения 1—1 и 2—2, найти вероятнейшее место в треугольнике погрешностей центрографическим способом (§ 11.3) с учетом весов линий положения:

$$p_1 = \frac{1}{m_{\Delta P_1}}; \quad p_2 = \frac{1}{m_{\Delta P_2}}; \quad p_3 = \frac{q_{\theta}^2}{m_{\theta}}. \quad (30.19)$$

Для предварительной оценки величины g_{θ} и углов пересечения высотных и разностно-азимутальной линий положения рекомендуется в процессе подготовки к наблюдениям составить схему, подобную рис. 30.12.

§ 30.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВКИ СИСТЕМЫ КУРСУКАЗАНИЯ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ПЕЛЕНГОВ СВЕТИЛ

Поправка гироазимута, гирокомпыаса или магнитного компаса (§ 6.1) рассчитывается по одной из формул:

$$\Delta GA = A_{кр} - КП_{ГА} = A_{кр} - (KK_{ГА} + КУ); \quad (30.20)$$

$$\Delta GK = A_{кр} - КП_{ГК} = A_{кр} - (KK_{ГК} + КУ); \quad (30.21)$$

$$\Delta MK = A_{кр} - КП_{МК} = A_{кр} - (KK_{МК} + КУ). \quad (30.22)$$

где $A_{кр}$ — счислимый азимут светила в круговом счете на момент пеленгования; $KK_{ГА}$, $KK_{ГК}$, $KK_{МК}$ — компасный курс по гироазимуту, гирокомпыасу или магнитному компасу соответственно, замеченный в момент измерения КУ светила.

Если поправка компаса определяется совместно с определением места корабля, то $A_{кр}$ рассчитывается по наблюдаемым координатам, приведенным к моменту пеленгования светила.

Правила пеленгования светил:

— светило должно наблюдаться возможно ближе к горизонту и быть отчетливо видимо в пеленгатор; визирная плоскость должна быть вертикальна, для чего установить пеленгатор по уровню (рис. 30.13);

— при высотах светил более 8° пользоваться откидным зеркалом;

— при пеленговании с репитера гирокомпыаса допускаются небольшие наклоны пеленгатора в плоскости визирования (чтобы не пользоваться откидным зеркалом); для магнитного компаса такой прием нежелателен;

— пеленговать Солнце без светофильтров нельзя;

— при пеленговании визирная нить должна делить диск Солнца пополам. Если пеленгуется левый или правый край Солнца, то отсчет компасного пеленга надо соответственно увеличить или уменьшить на $0,3^{\circ}$.

Общий случай определения поправки компаса по светилу (схема вычислений подобна указанным в § 30.7):

— измерить серию из трех — пяти КП светила, каждый раз замечая момент по часам с точностью не менее 5 сек (0,1 мин);

— на момент пеленгования заметить T_c , ол и КК (для магнитного компаса), а также φ и λ ;

— рассчитать всемирное время наблюдений, а по нему t_M и δ светила;

— по таблицам ТВА-57 вычислить $A_{кр}$ светила, а затем поправку компаса; при пониженных требованиях к точности азимут светила можно вычислить по ВАС-58 и даже по номограмме № 290.

Определение поправки компаса по наблюдениям Полярной звезды:

— измерить серию из трех — пяти КП Полярной звезды;

— на момент пеленгования вычислить местный часовой угол точки Овна t_M^{Γ} ;

— из таблицы МАЕ «Азимут Полярной» (стр. 401 МАЕ) выбрать A , перевести его в круговой счет и рассчитать поправку компаса (этот прием позволяет определить направление на север с точностью около $0,2^{\circ}$ даже при неточном измерении времени и самом приближенном знании своего места).

Определение поправки компаса в момент видимого восхода или захода Солнца:

— измерить пеленг Солнца в момент захода (восхода) его нижнего края*;

— измерить наклонномером или выбрать из табл. 11-6 МТ-63 наклонение видимого горизонта и определить температуру t° и давление B воздуха;

— на момент наблюдений снять с карты широту места, а из МАЕ выбрать θ_{\odot} ;

* Пеленговать Солнце в момент видимого захода (восхода) его верхнего края не следует из-за низкой точности и неудобства наблюдений.

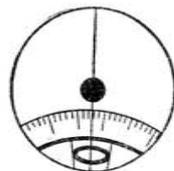


Рис. 30.13

— по $h_{\delta} = \Delta h_d = -d$, t° и B выбрать из табл. 14-а и 14-б МТ-63 поправки Δh_t и Δh_B ;

— вычислить

$$\Delta h_{\odot} = 32' + \Delta h_d + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (30.23)$$

если же Солнце пеленговалось в момент видимого захода (восхода) его верхнего края, то вычислить

$$\Delta h_{\odot} = \Delta h_d + \Delta h_t + \Delta h_B; \quad (30.24)$$

— выбрать A'_{\odot} при φ и δ_{\odot} одноименных из табл. 20-а МТ-63, а при φ и δ_{\odot} разноименных — из табл. 20-б МТ-63;

— по A'_{\odot} и φ из табл. 20-в МТ-63 найти аргумент K ;

— по K и Δh_{\odot} или по K и Δh_{\odot} из табл. 20-г МТ-63 найти поправку ΔA_{\odot} ; ее знак всегда одинаков со знаком Δh_{\odot} ;

— рассчитать

$$A_{\odot} = A'_{\odot} + \Delta A_{\odot}. \quad (30.25)$$

перевести его в круговой счет и по одной из формул (30.20) — (30.22) вычислить поправку компаса.

При плавании в высоких широтах и при больших склонениях Солнца линейное интерполирование по табл. 20 оказывается неточным и азимут получается приближенным. В общем же случае m_A составляет около 0,1—0,2°.

Точность определения поправки курсоуказания, выбор наилучших условий наблюдений. Светило выгодно наблюдать возможно ближе к горизонту (при $h < 20^{\circ}$). При наблюдениях через перископ на килевой качке или при дифференте, кроме того, выгодно наблюдать светило на $KV = 0$ или 180° , на бортовой качке и при крене — на $KV = 90$ или 270° . Если визирная плоскость пе-

Таблица 30.7

Ошибки измерения КП светила в град

Источник ошибок	Высота светила, град			
	10	30	50	70
Наклон плоскости визирования ($i = 15'$)	0,04	0,14	0,30	0,68
Наклон оси откидного зеркала ($k = 3'$)	0,01	0,03	0,06	0,13

ленигатора отклонена от вертикальной плоскости на угол $i = 15'$ (чувствительность уровня пеленгатора ПГК-2) или ось откидного зеркала пеленгатора составляет с горизонтальной плоскостью угол $k = 3'$, то в измерении компасного пеленга светила будут допущены ошибки, показанные в табл. 30.7.

Погрешность в азимуте светила вследствие влияния ошибки, с которой известно место корабля в момент пеленгования,

$$m_A = M_M g_A, \quad (30.26)$$

где M_M — круговая ошибка места корабля;

g_A — градиент азимута светила (§ 11.1).

Величина m_A при $M_M = 1$ миле указана в табл. 30.8.

Таблица 30.8

Ошибка A при круговой ошибке места корабля $M_M = 1$ миле в дуговых минутах

φ , град	A , град	Высота светила h , град		
		10	30	60
10	60	0,18	0,52	1,66
	90	0,24	0,60	1,74
	120	0,30	0,68	1,84
30	60	0,52	0,58	1,54
	90	0,60	0,82	1,84
	120	0,68	1,00	2,10
50	60	1,12	1,04	1,55
	90	1,20	1,32	2,12
	120	1,30	1,58	2,56
70	60	2,66	2,52	2,41
	90	2,76	2,80	3,26
	120	2,86	3,10	3,94

Влияние ошибки места корабля на точность получения A светила будет тем меньше, чем меньше широта места, высота и азимут светила (выгоднее иметь $A = 0^{\circ}$, но не $A = 180^{\circ}$). Величина m_A пренебрежимо мала при $h = \varphi$ и $A = 0$, т. е. при расчете A Полярной звезды. В высоких широтах влияние ошибки места на точность A значительно; там поправку компаса следует определять непосредственно после определения места корабля. При $\varphi < 70^{\circ}$ и $h < 30^{\circ}$ средняя квадратическая ошибка определения поправки компаса обычно не превышает 0,3—0,4°.

§ 30.7. ПОЯСНЕНИЯ К РЕШЕНИЮ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

(Вклейка. Помещена в конце книги.)

Глава 31

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ
И НАБЛЮДЕНИЯ НАД НИМИ

§ 31.1. АТМОСФЕРА И ЕЕ СТРОЕНИЕ

Атмосфера — слой газообразного воздуха, окружающий Землю. Толщина этого слоя примерно равна радиусу земного шара (5–6 тыс. км). Атмосфера имеет пять основных слоев: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу (рис. 31.1).

Тропосфера — слой над поверхностью Земли, высота которого колеблется от 7 (у полюсов) до 17 км (у экватора). Температура воздуха с высотой в тропосфере падает в среднем на $0,65^{\circ}\text{C}$ на 100 м. Абсолютная влажность воздуха падает вдвое при поднятии на 1500–2000 м. Наблюдаются слои инверсии (повышение температуры с высотой) и изотермии (постоянство температуры при увеличении высоты).

За тропосферой следует переходный слой небольшой толщины (1–2 км) — тропопауза. Тропопауза характерна изотермией, а иногда даже инверсией. В отдельных районах тропопауза может отсутствовать либо представлять собой слой незначительной толщины (до 1 км).

Стратосфера — средняя высота верхней границы слоя 40 км. Температура в стратосфере до высоты примерно 25 км изменяется незначительно, а затем в слое 25–40 км повышается в среднем на 1°C на 300 м высоты.

Мезосфера — средняя высота верхней границы слоя 80 км. Температура до высоты 50 км возрастает примерно до 0°C . При дальнейшем увеличении высоты температура воздуха падает в среднем на $0,8^{\circ}\text{C}$ на 300 м высоты.

Термосфера — высота верхней границы 800 км. Температура быстро повышается с высотой (более 1°C на 1 км высоты). Слой отличается сильной ионизацией, что создает высокую электропроводимость.

Экзосфера — последний слой земной атмосферы, начиная с высоты 800 км. Плотность воздуха в этом слое незначительная, температуры высокие.

Строение атмосферы показано на рис. 31.1: 1 — наибольшая высота гор; 2 — наибольшая глубина океана; 3 — облака нижнего яруса; 4 — облака перистые; 5 — облака серебристые; 6 — стратостат Пикара; 7 — стратостат «Осовнахим»; 8 — радиозонды; 9 — метеорологические ракеты; 10 — геофизические ракеты; 11 — искусственные спутники Земли; 12 — отражение звуковых волн; 13 — отражение средних радиоволн; 14 — отражение коротких радиоволн;

15 — полярные сияния; 16 — метеоры; 17 — слои наибольшей концентрации озона; 18 — траектории межпланетных станций.

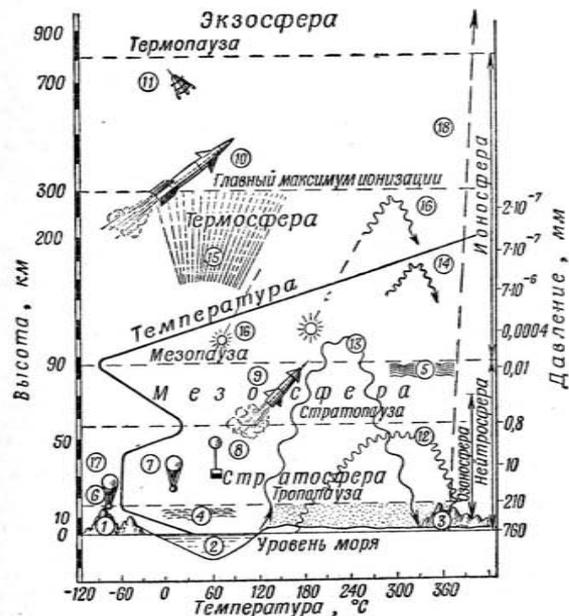


Рис. 31.1

Состав воздуха в нижнем слое атмосферы в процентах
(до высоты 25 км)

Азот	78,09	Гелий	0,0004
Кислород	20,95	Криптон	0,00014
Аргон	0,93	Водород	0,00005
Углекислый газ	0,027	Ксенон, озон и радон	0,00001
Неон	0,0024		

§ 31.2. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Температура воздуха в СССР измеряется в градусах Цельсия. В Англии, США и других странах пользуются температурной шка-

лой Фаренгейта. Температура, выраженная в градусах Цельсия, переводится в градусы Фаренгейта и обратно по формулам:

$$F^{\circ} = 1,80 (C^{\circ} + 32^{\circ}); \quad (31.1)$$

$$C^{\circ} = 0,56 (F^{\circ} - 32^{\circ}). \quad (31.2)$$

Термометр-пращ — ртутный термометр с ценой деления $0,5^{\circ}$. Пределы шкалы стандартного термометра-праща от -35 до $+45^{\circ}C$. Измерение температуры: праш вращать над головой со скоростью примерно 1 оборот в течение 1,5–2 мин. Не касаясь ртутного резервуара и заслоня термометр своей тенью от Солнца, снять отсчет с точностью $0,1^{\circ}$ (отсчитывать сначала десятые доли, а затем градусы); полученный отсчет исправить поправкой из аттестата термометра. Температуру измерить два раза и рассчитать среднее из двух отсчетов. Если наблюдаемые отсчеты отличаются более чем на $0,5^{\circ}$, наблюдения повторяют.

Термограф служит для непрерывной записи температуры и предназначен главным образом для регистрации температуры в специальных корабельных помещениях и отсеках. Термограф регистрирует температуру от -30 до $+40^{\circ}C$ с погрешностью регистрации $\pm 2^{\circ}$. Термографы выпускают с суточным и недельным оборотом барабана; для каждого из них применяют соответствующие ленты.

Суточный ход температуры воздуха: минимум наблюдается перед восходом Солнца, максимум — около 14 ч. Суточные амплитуды при одних и тех же условиях имеют меньшие величины над морем (океаном), чем над сушей. Летом суточные амплитуды больше (10 – 15° над сушей в умеренных широтах), зимой — меньше (3 – 5°).

Годовой ход температуры воздуха зависит от широты места, его континентальности, высоты над уровнем моря и рельефа местности. В тропиках в течение года наблюдаются два максимума и два минимума (после равноденствий и солнцестояний соответственно).

Годовая амплитуда в одних и тех же широтах возрастает по мере удаления места наблюдения от моря, уменьшается с высотой места от уровня океана и увеличивается с увеличением широты места. Наибольшая амплитуда наблюдается в Средней Азии — $65^{\circ}C$, наименьшая в Экваторе — $0,4^{\circ}C$.

Изотермы — линии равных значений температуры, проведенные на карте.

Стандартный вертикальный градиент температуры равен $0,6^{\circ}C$ на 100 м. Он близок к среднему многолетнему вертикальному градиенту температуры для всей тропосферы.

Слои инверсии — слои, в которых температура с высотой повышается. Над сушей в нижних слоях инверсии встречаются чаще, чем над океаном.

Конвекционные токи — вертикальные перемещения воздушных масс, обусловленные тепловыми причинами.

Турбулентный поток — беспорядочное вихреобразное перемешивание слоев воздуха.

§ 31.3. АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ПЛОТНОСТЬ ВОЗДУХА

Атмосферное давление — гидростатическое давление, оказываемое атмосферой на все находящиеся в ней предметы.

Единицы измерения давления: миллибар (мб) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.):

$$1 \text{ мб} = 0,75008 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 1,3332 \text{ мб};$$

$$1 \text{ мб} (10^{-3} \text{ бара}) = 1000 \text{ дин/см}^2.$$

Для перевода мб в мм рт. ст. и обратно служат таблицы, например табл. 48-а и 48-б МТ-63.

Плотность воздуха — вес 1 м^3 воздуха (кг/м^3).

При наблюдении за давлением воздуха определяют величину атмосферного давления и барометрическую тенденцию.

Барометрическая тенденция δ — изменение давления за последние 3 ч, предшествующие сроку наблюдения. Рассчитывается по формуле

$$\delta = p_n - p_{n-3}, \quad (31.3)$$

где p_n — атмосферное давление в срок наблюдения;

p_{n-3} — давление за 3 ч перед сроком наблюдения.

Измерение атмосферного давления. Барометр-анероидом измеряют давление от 600 до 800 мм рт. ст. (800 – 1060 мб); цена деления его шкалы $0,5$ мм рт. ст. ($0,5$ мб). Произвести отсчет по термометру анероида с точностью до 1° , слегка постучать пальцем по стеклу и отсчитать по шкале положение стрелки анероида с точностью $0,1$ мм рт. ст. ($0,1$ мб). В отсчет давления ввести инструментальные поправки, выбираемые с помощью поверочного свидетельства барометра-анероида: поправку шкалы (выбирается на отсчет анероида), поправку на температуру (рассчитывается умножением отсчета термометра при анероиде на температурный коэффициент, выбираемый из свидетельства) и добавочную поправку (берется одинаковой во всех случаях из свидетельства).

Поправку в миллиметрах для приведения измеренного давления к уровню моря рассчитывают умножением высоты установки анероида, взятой в метрах, на $0,1$. При положительной высоте поправка положительна. Для Каспийского моря эта поправка будет отрицательна и равна примерно $-2,4$ мм.

Общую поправку определяют алгебраическим сложением трех инструментальных поправок и поправки на приведение к уровню моря.

Барометр-анероид раз в год сдается на проверку. Разборка его или какая-либо регулировка в процессе эксплуатации на корабле запрещается.

Барограф служит для постоянной регистрации изменения атмосферного давления. Для определения барометрической тенденции отсчитать по ленте, не снимая ее с барабана, значение давления в срок наблюдений (с точностью до $0,2$ мб), найти точку на кривой за 3 ч до срока наблюдений и отсчитать давление в этой точке. Барометрическую тенденцию рассчитать по формуле (31.3).

Суточный ход давления воздуха наиболее характерен в тропической зоне. Здесь наблюдаются два максимума (10 и 22 ч) и два минимума (4 и 16 ч). Амплитуда в тропиках 3 – 4 мб, в умеренных широтах — до $0,6$ мб.

Барометрическая формула (для расчета распределения давления в слое до 2000 м):

$$H = 8000 \frac{2(p_0 - p)}{p_0 + p} (1 + 0,004H), \quad (31.4)$$

где H — высота места над уровнем моря, м;
 p_0, p — давление воздуха на уровне моря и высоте H соответственно, мб;

t — среднее значение температуры в данном слое, °С.

Барометрическая ступень h — расстояние по вертикали, на которое надо подняться или опуститься, чтобы давление изменилось на 1 мб:

$$h = \frac{8000}{p} (1 + 0,004t). \quad (31.5)$$

Годовой ход давления воздуха — над океаном два максимума (зимой и летом) и два минимума (осенью и весной). Над материками максимум давления — зимой, минимум — летом. Амплитуда годовых колебаний над материками 25—30 мб, над океаном — 15—20 мб.

Изобарическая поверхность — мысленно проведенная в атмосфере поверхность через точки с одинаковым в данный момент давлением воздуха. Изобарические поверхности над областями повышенного давления поднимаются, а над областями пониженного давления — опускаются ближе к земле.

Изобара — линия пересечения изобарической поверхности с горизонтальной. На карте — линия, соединяющая пункты (точки), в которых наблюдается одинаковое давление. Изобары рисуют картину распределения атмосферного давления (барический рельеф).

Горизонтальный барический градиент — горизонтальная составляющая вектора, характеризующего степень изменения атмосферного давления в пространстве. Направлен по нормали к изобаре в горизонтальной плоскости в сторону уменьшения давления. Горизонтальный барический градиент практически определяется падением давления в миллибарах на расстоянии 60 миль.

§ 31.4. ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Влажность воздуха — содержание водяного пара в воздухе, выраженное в абсолютных или относительных единицах.

Упругость водяного пара e — парциальное давление водяного пара в миллибарах или миллиметрах ртутного столба.

Абсолютная влажность d — количество водяного пара в граммах в 1 м³ воздуха. Абсолютная влажность численно равна упругости водяного пара в миллиметрах ртутного столба.

Относительная влажность r — отношение фактической упругости водяного пара e к максимальной насыщающей упругости E при данной температуре:

$$r = \frac{e}{E} \cdot 100\%. \quad (31.6)$$

Удельная влажность q — количество водяного пара в граммах на 1 кг воздуха.

Точка росы τ — температура, при которой воздух достигает насыщения при данных влагосодержании и давлении.

Влажность воздуха измеряется психрометрами и гигрографами. Аспирационный психрометр состоит из двух ртутных термометров: «смоченного» и «сухого». Резервуар пер-

вого термометра плотно обернут батистом, который перед изменением влажности смачивается дистиллированной водой при помощи пипетки. Второй показывает температуру воздуха. «Смоченный» термометр при измерении влажности показывает более низкую температуру, чем «сухой».

Для измерения влажности используют батист «смоченного» термометра дистиллированной водой, завести пружину аспирационного механизма и снять отсчеты «сухого» и «смоченного» термометров: при температуре воздуха выше 0°С — через 4 мин. после завода аспиратора, при температуре ниже 0° — через 8 мин. т. е. после вторичной заводки пружины аспиратора. При снятии отсчетов записать вначале десятые доли градусов обоих термометров, а затем целые градусы. Во время наблюдений запрещается держать психрометр над палубой в потоках теплого воздуха из корабельных помещений, вентиляционных раструбов и т. п.

Из поверочного свидетельства психрометра выбрать поправки к отсчетам и рассчитать исправленные отсчеты. По исправленному отсчету «сухого» термометра войти в табл. 1 Психрометрических таблиц и по исправленному отсчету «смоченного» термометра выбрать поправочное число p . Из табл. 1а по атмосферному давлению, округленному до 10 мб в ближайшую сторону, и числу p выбрать поправку к показанию «смоченного» термометра. Из табл. 1 по исправленному отсчету «сухого» термометра и новому исправленному (приведенному) отсчету «смоченного» термометра выбрать искомые значения абсолютной влажности d , относительной влажности r и недостатка насыщения.

Если при температуре 0°С и ниже на батисте «смоченного» термометра появился лед, то из вспомогательной таблицы Психрометрических таблиц выбрать поправку для приведения состояния «смоченного» термометра «Лед» к состоянию «Вода».

Для вычисления значений влажности воздуха пользуются также психрометрической линейкой. Инструкция по использованию и описание линейки к ней прилагаются.

Гигрограф служит для непрерывной записи влажности воздуха. На корабле применяется для регистрации влажности в специальных помещениях и отсеках.

Суточный ход абсолютной влажности воздуха над океанами и зимой над материками аналогичен суточным изменениям температуры воздуха; летом над материками минимумы перед восходом Солнца и в 15—16 ч, максимумы — около 9 и 21 ч. Суточный ход относительной влажности противоположен суточному ходу абсолютной влажности.

Годовой ход влажности. Максимум абсолютной влажности наблюдается в самый теплый месяц, минимум — в самый холодный; максимум и минимум относительной влажности — наоборот. В местах с муссонами летом относительная влажность больше, чем зимой. Максимальная абсолютная влажность наблюдалась в Красном море — 31,9 мб, минимальная — в Антарктиде — 0,1 мб. Максимальное среднегодовое значение относительной влажности отмечено в океане у устья р. Амазонки — 90%, минимальное — в Египте в долине р. Нила — 28%.

Конденсация — переход водяных паров в жидкое состояние.

Сублимация — переход водяных паров в твердое состояние и ледяные кристаллы, минуя жидкую форму.

Адиабатический процесс — изменение состояния массы газа (воздуха), протекающее без теплообмена с окружающей средой, т. е. изменение температуры с изменением давления. При

быстром поднятии воздуха температура его адиабатически понижается, при опускании — наоборот, повышается; температура воздуха при этом изменяется примерно на 1°C на каждые 100 м высоты.

Глава 32

АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ И ИХ НАБЛЮДЕНИЕ

§ 32.1. ВЕТЕР

Ветер — горизонтальная составляющая движения воздуха относительно земной поверхности. Возникает вследствие появления горизонтального барического градиента. Ветер характеризуется скоростью (силой) и направлением. Скорость измеряется в *м/сек*, *км/ч*, *уз*, сила — в условных единицах — баллах. Направление измеряется в градусах круговой системы деления горизонта или румбах. Направлению ветра дают наименование (отсчет) по точке горизонта, откуда ветер дует.

Ветер возникает под действием силы барического градиента, силы трения, отклоняющей силы вращения Земли и центробежной силы. Сила трения проявляется практически только до высоты 500 м от поверхности Земли.

Если выразить скорость ветра U в *м/сек* и барический градиент G в *мб* на 60 *миль*, то

$$U = 4,8G \operatorname{cosec} \varphi, \quad (32.1)$$

где φ — широта места.

Барический закон ветра. Если стать спиной к ветру, то в северном полушарии низкое давление находится слева, а высокое — справа от направления ветра. В южном полушарии наоборот.

Скорость ветра на корабле определяется ручным анемометром. При выключенном счетчике анемометра произвести отсчет и записать показания стрелок по трем циферблатам (тысячи, сотни, десятки и единицы); стать с наветренной стороны мостика, где ограждение рубки и надстройки не искажают ветра, поднять анемометр над головой в вертикальное положение правой рукой, а в левую взять приготовленный к действию секундомер; когда полушария раскрутятся, включить счетчик анемометра и одновременно пустить секундомер. По истечении 100 *сек* остановить счетчик анемометра, отсчитать новое показание стрелок по всем трем циферблатам анемометра. Из конечного отсчета вычесть первоначальный и полученную разность разделить на 100 (рассчитать число делений в 1 *сек*); затем в поверочном свидетельстве найти соответствующую этому числу делений скорость ветра.

Направление ветра определяется на якорь или в дрейфе по направлению вымпела, флага или дыма из трубы с точностью до 5° . Ветер определяется направлением, откуда он дует, поэтому к направлению вымпела (дыма) необходимо прибавить 180° .

Если скорость и направление ветра определяются на ходу корабля, то получают элементы кажущегося или наблюдаемого ветра, который является суммарным вектором истинного ветра и «ветра», создаваемого движением корабля, — курсового

ветра. Истинный ветер вычисляется при помощи ветрочета (круга СМО) или графически на маневренном планшете или миллиметровой бумаге. Порядок определения элементов истинного ветра с помощью ветрочета приводится на обратной стороне круга СМО.

На маневренном планшете (рис. 32.1, а) из центра планшета в выбранном масштабе проложить обратный вектор скорости корабля $-\bar{V}$ в *м/сек* и вектор скорости кажущегося ветра \bar{W} в *м/сек*. Соединить конец вектора $-\bar{V}$ с концом вектора \bar{W} — получим вектор истинного ветра \bar{U} . Величину вектора \bar{U} измерить

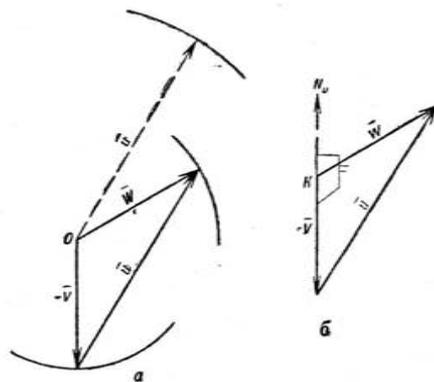


Рис. 32.1

циркулем в выбранном масштабе, направление определить по внешней шкале планшета, параллельно перенести вектор \bar{U} в центр планшета.

На миллиметровой бумаге нанести линию истинного меридиана (рис. 32.1, б) и от произвольной точки на этой линии в выбранном масштабе отложить обратный вектор скорости корабля $-\bar{V}$ в *м/сек* и вектор кажущегося ветра \bar{W} в том же масштабе. Вектор \bar{U} будет вектором истинного ветра; направление его будет от конца вектора курсового ветра к концу вектора кажущегося ветра. При таких построениях получаем направление, куда дует ветер, поэтому к полученному направлению надо прибавить 180° .

Анеморумбометр измеряет средние значения скорости и направления истинного ветра.

Суточный ход ветра. Скорость ветра с утра возрастает, к вечеру — ослабевает. В средних широтах это изменение порядка 3–5 *м/сек*. Летом суточный ход скорости ветра больше, чем зимой, в ясные дни больше, чем в пасмурные. Над океаном суточный ход ветра почти незаметен.

Ввиду неоднородности нагревания различных зон земного шара существует система атмосферных течений крупного планетарного масштаба (общая циркуляция атмосферы).

П а с с а т ы — ветры, дующие весь год в одном направлении в зоне от экватора до 35° с. ш. и до 30° ю. ш. Устойчивы по направлению: в северном полушарии — северо-восточные, в южном — юго-восточные. Скорость до 6 м/сек. Вертикальная мощность в среднем до 4 км от уровня моря.

М у с с о н ы — ветры умеренных широт, летом дующие с океана на материк, зимой — с материка на океан. Достигают скорости 20 м/сек. Муссоны приносят на побережье зимой сухую ясную и холодную погоду, летом — пасмурную, с дождями и туманами.

Б р и з ы возникают вследствие неравномерного нагрева воды и суши в течение суток. В $9-10$ ч возникает ветер с моря на сушу (морской бриз). Ночью с охлажденного побережья (высокое давление) — на море (береговой бриз). Скорость ветра при морских бризах до 10 м/сек, при береговых — до 5 м/сек. Бризы наблюдаются на берегах Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского и других морей. По мере удаления в море сила (скорость) бриза заметно ослабевает, но при благоприятных условиях он может наблюдаться до 100 миль от берега.

Местные ветры возникают в отдельных районах вследствие особенностей рельефа и резко отличаются от общего воздушного потока; возникают в результате неравномерного прогресса (охлаждения) подстилающей поверхности. Подробные сведения о местных ветрах даются в лодиях и гидрометеорологических описаниях.

Б о р а — сильный и порывистый ветер, направленный вниз по горному склону. Принимает значительное похолодание. Наблюдается в местностях, где невысокий горный хребет граничит с морем, в периоды, когда над сушей увеличивается атмосферное давление и понижается температура по сравнению с давлением и температурой над морем. В районе Новороссийской бухты бора (новороссийский норд-ост) действует в ноябре — марте — в среднем около 50 дней в году — со средними скоростями ветра около 20 м/сек (отдельные порывы могут быть $50-60$ м/сек). Продолжительность действия от одних до трех суток. Признаком появления боры в этом районе является облако, спускающееся с Мархотского перевала. Аналогичные ветры отмечаются на Новой Земле («горная» или «восток»), на средиземноморском побережье Франции («ми-страль») и у северных берегов Адриатического моря.

С и р о к о — горячий и влажный ветер центральной части Средиземного моря; сопровождается облачностью и осадками.

Б а к и н с к и й н о р д — сильный холодный и сухой северный ветер, достигающий скорости до 20 , а иногда 40 м/сек. Наблюдается в районе Баку и летом, и зимой.

Н о р д е р — северный или северо-западный ветер, дующий в Мексиканском заливе.

Б а й а м о с — сильный шквальный ветер с дождем и грозой у южного побережья Кубы.

С м е р ч и — вихри над морем диаметром до нескольких десятков метров, состоящие из водяных бриз. Существуют до четверти суток и движутся со скоростью до 30 уз. Скорость ветра внутри смерча может доходить до 100 м/сек. Возникают чаще всего в низких широтах; в умеренных широтах могут возникать летом.

Б а л л и с т и ч е с к и й (приведенный) ветер — вычисленный ветер, который предполагается постоянным по скорости и направлению в пределах заданной толщи атмосферы и по своему

действием эквивалентен суммарному действию на снаряд (ракету) всех действительных ветров в этой толще.

Вычисление баллистического ветра:

— по шароплотным наблюдениям определить действительный ветер на разных высотах:

$$U = \frac{3,33t \cdot \text{ctg } \beta}{\Delta t}, \quad (32.2)$$

где U — скорость действительного ветра, м/сек;

t_i — время наблюдения от момента пуска шаропилота, мин;

β — вертикальный угол на шаропилот, град;

Δt — промежуток времени, в течение которого шаропилот находился в полете в данном слое, мин;

— заданную толщину атмосферы разделить на ряд слоев одинаковой толщины;

— вектор \vec{U} действительного ветра в каждом слое умножить на отношение $g_i = \frac{t_i}{T}$ (вес слоя), где t_i — время пребывания снаряда (ракеты) в i -м слое; T — время пребывания снаряда во всей заданной толще атмосферы;

— полученные произведения геометрически сложить и получить баллистический ветер:

$$\vec{W}_0 = g_1 \vec{U}_1 + g_2 \vec{U}_2 + \dots + g_n \vec{U}_n = \sum g_i \vec{U}_i, \quad (32.3)$$

где \vec{W}_0 — вектор баллистического ветра;

\vec{U}_i — вектор действительного ветра в i -м слое;

g_i — вес i -го слоя.

Скорость и направление ветра в различных слоях вычисляются при помощи аэрометеорологического планшета (АМП) или как его называют, круга Молчанова. Порядок работы на этом планшете всегда к нему прилагается.

§ 32.2. ТУМАНЫ, ОБЛАКА И ОСАДКИ

Туманы — скопление мельчайших капель воды или кристаллов льда в приземном слое воздуха (до нескольких сотен метров).

Р а д и а ц и о н н ы й т у м а н возникает при сильном охлаждении подстилающей поверхности и нижних слоев воздуха в результате излучения. Наиболее благоприятными условиями образования этих туманов являются: большая абсолютная и относительная влажность, слабые ветры, ясное небо и ясная продолжительная ночь. Приземные радиационные туманы нестойки и при прогреве нижнего слоя атмосферы рассеиваются. Высокие радиационные туманы более стойки и охватывают значительную толщину воздуха.

А д в е к т и в н ы е т у м а н ы связаны с переносом масс теплого воздуха над холодной подстилающей поверхностью или перемещением холодного воздуха вдоль более теплой водной поверхности. Эти туманы наиболее часты над морем (океаном) и совпадают с районами встречи теплых и холодных течений: Гольфстрима и Лабрадорского — около Ньюфаундленда (максимум летом); теплых вод Игольного течения с более холодными водами

Классификация облаков

Название облаков на русском языке	Международное название	Средняя высота нижнего основания, м	Средняя вертикальная протяженность, км	Описание
Облака верхнего яруса (высота свыше 6000 м)				
Перистые	Cirrus (Ci)	8000	—	Имеют вид нитей, крючков, хлопьев, рюйи, тонкой белой пелены; не дают тени; состоят из ледяных кристаллов
Перисто-кучевые	Cirrocumulus (Cc)	6000	—	
Перисто-слоистые	Cirrostratus (Cs)	7000	—	
Облака среднего яруса (от 2000 до 6000 м)				
Высококучевые	Alto cumulus (Ac)	3500	0,5	Имеют вид слоя крупных брызжков, слоистой пелены. Солнце просвечивает, как сквозь матовое стекло; состоят из капелек
Высокослоистые	Altostratus (As)	4000	0,6	

Продолжение

Название облаков на русском языке	Международное название	Средняя высота нижнего основания, м	Средняя вертикальная протяженность, км	Описание
Облака нижнего яруса (ниже 2000 м)				
Слоисто-кучевые	Stratocumulus (Sc)	1000	0,6	Имеют вид слоя без определенных очертаний, складного с туманом; могут быть разорваны ветром на клочья. Цвет чаще серый
Слоистые	Stratus (St)	500	0,7	
Слоисто-дождевые	Nimbostratus (Ns)	1200	2,1	
Облака вертикального развития (выше 500 м)				
Кучевые	Cumulus (Cu)	1200	1,0	Имеют вид отдельных плотных облаков с куполообразными вершинами или мощных масс, поднимающихся в виде гор. Состоят вверху из кристаллов, внизу — из капелек
Кучево-дождевые	Cumulonimbus (Cb)	1000	2,5	

Поперечного течения — юго-восточное побережье Африки; Куро-Сию и Камчатского течения — у берегов Японии. В этих районах туманы бывают в течение всего года.

В Северном Ледовитом океане максимум туманов в августе. В Норвежском, Баренцевом, Северном, Балтийском морях летом часто возникают туманы при ветрах с материка, а в Японском — при ветрах (муссонах) с моря.

Мгла — помутнение атмосферы, вызванное присутствием в воздухе твердых частиц пыли или дыма.

Облака — скопление мельчайших капель воды или кристаллов льда в высоких слоях атмосферы. Наблюдения за облаками включают определение формы, количества и высоты нижней границы.

Форма облаков определяется сравнением их с рисунками и фотографиями. Количество оценивается баллами (0 баллов — отсутствие облаков, 10 баллов — весь видимый небосвод покрыт облаками) общей облачности и облачности нижнего яруса. Высота нижнего основания облаков определяется на глаз или по высоте исчезновения шаропилота. В основе международной классификации типов облаков лежит видимая форма облаков и высота их нижнего основания.

Суточный ход облачности обычно характеризуется двумя максимумами: летом — рано утром и после полудня, зимой — в утренние и ночные часы.

В зависимости от широты места облачность меняется следующим образом: от 0 до 10° — повторяемость облачности большая, далее с увеличением широты повторяемость облачности падает, достигая минимума в широте 35–40°, затем снова повышается и в широте 60–80° достигает второго максимума, незначительно уменьшаясь к полюсу.

Осадки — выпадающая из облаков вода в виде капель или ледяных образований. В зависимости от характера осадки разделяются на следующие типы:

обложные — выпадают из высокослоистых и слоисто-дождевых облаков, продолжительны по времени, захватывают большие площади, по интенсивности умеренны; состоят из дождевых капель или снежинок;

ливневые — выпадают из кучево-дождевых облаков, непродолжительны по времени, большой интенсивности, захватывают меньшие площади, чем обложные; состоят из крупных капель дождя, хлопьев снега, снежной крупы, а иногда и града;

морось — выпадают из слоистых и слоисто-кучевых облаков, малой интенсивности, по времени и площади покрытия различны; состоят из мелких капель дождя или снежинок, падение которых заметно нечетко.

Осадки, образующиеся на поверхности предметов: иней — белые кристаллики льда, образующиеся вследствие сублимации, когда точка росы ниже 0°С; роса — капли воды, образующиеся при конденсации водяных паров на предметах, охлажденных ночным излучением; изморозь — белое игольчатое образование, наблюдаемое во время тумана при сильном морозе; гололед — ледяная корка на поверхности предметов, возникающая при падении переохлажденных капель дождя.

При наблюдениях на корабле отмечают вид, характер и интенсивность осадков, а также время начала и конца их выпадения.

Таблица 32.2

Среднегодовое количество осадков для различных широтных зон

Широтная зона, град	0–10°	10–20°	20–30°	30–50°	50–60°	60–80°
Годовая сумма осадков, мм	1677	763	613	530	510	270

Максимальное среднегодовое количество осадков на Земле наблюдается в Индии (Черрапунджа) — 12 700 мм, минимальное в Чили (Антофагаста) — 1 мм.

Таблица 32.3

Шкала видимости

Видимость, баллы	Характеристика видимости	Видимость	Преимущественные условия наблюдения
0	Очень плохая видимость	До 0,3 каб	Очень сильный туман
1	То же	До 1 каб	Сильный туман, очень густой снег
2	»	2–3 каб	Умеренный туман, сильный снег
3	Плохая видимость	3–5 каб	Слабый туман, умеренный снег, сильная мгла
4	То же	0,5–1 миля	Умеренный снег, очень сильный дождь, умеренная мгла
5	Средняя видимость	1–2 мили	Слабый снег, сильный дождь, слабая мгла
6	То же	2–5 миль	Слабый снег, дымка, умеренный дождь
7	Хорошая видимость	5–11 миль	Слабый снег
8	Очень хорошая видимость	11–27 миль	Без осадков
9	Исключительная видимость	Свыше 27 миль	Совершенно чистый воздух

ОСНОВЫ СИНОПТИЧЕСКОЙ МЕТЕОРОЛОГИИ

§ 83.1 ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ И АТМОСФЕРНЫЕ ФРОНТЫ

Воздушные массы — достаточно большое количество воздуха (высотой от 1 до 10 км и горизонтальной протяженностью до нескольких тысяч километров), сравнительно однородного по своим физическим свойствам и резко отличного от воздуха соседних районов. Имеют названия в зависимости от географического расположения очагов их формирования и подстилающей поверхности, над которой формировалась масса.

Таблица 33.1

Характеристика воздушных масс

Название	Пути движения	Погода	
		летом	зимой
Арктический воздух морской (МАВ)	Приходит в северную часть Атлантики и Европу	Развитие кучево-дождевых облаков, дожди, грозы, похолодание. Прозрачность хорошая, ветер порывистый	Кучево-дождевые облака и ливневые дожди над океаном и в прибрежной Европе. Прозрачность хорошая
Арктический воздух континентальный (КАВ)	Приходит в Азию и Северную Америку, реже в Европу и на восточное побережье Атлантики	В очаге формирования и в северных районах континента туманы, никаие облака. Вызывает похолодание, ветер несильный	Ясная погода, хорошая прозрачность. Над открытыми от льда водами часто образуются туманы, испарения

Продолжение

Название	Пути движения	Погода	
		летом	зимой
Воздух умеренных широт морской (МУВ)	Приходит на континенты Европы и Северной Америки	Развитие кучевых и кучево-дождевых облаков, ливни, грозы, похолодание. Прозрачность хорошая. У берегов порывистый. На Тихоокеанском побережье туманы, низкая облачность, похолодание	Слоистая облачность, моросящие дожди, нередко туманы. Прозрачность пониженная
Воздух умеренных широт континентальный (КУВ)	Над континентами всего полушария	Возможны кучевые облака, грозы. Ночью возможны туманы, дымка	Ясная погода, слабая прозрачность, низкие температуры
Тропический воздух морской (МТВ)	Чаще вторгается в северные части Атлантического и Тихоокеанского океанов, реже — в Европу и Азию	В северных широтах океанов слоистые облака, туманы, потепление, прозрачность пониженная	Развиваются туманы, слоистые облака, моросящие осадки. Ветер розный, прозрачность плохая
Тропический воздух континентальный (КТВ)	Поступает на побережье океанов, в Европу и Азию	Над океанами и морями ясная погода; над материками — ясная погода, пониженная прозрачность, устойчивые ветры	Над океанами — характер погоды летний; над материками — возможны туманы и слоистая облачность
Экваториальный воздух (ЭВ)	Перемещается вдоль экватора и до 15° северных и южных широт	Бурное развитие кучево-дождевых облаков, гроз и ливней	То же, что и летом

Атмосферный фронт (рис. 33.1) — сравнительно узкая (несколько километров) переходная зона между двумя смежными воздушными массами, характеризующаяся резкими изменениями метеорологических элементов. Название фронтам по их роли в общей циркуляции атмосферы дается по наименованию более холодной воздушной массы: фронт между АВ и УВ — арктический; между УВ и ТВ — полярный (умеренный); между ТВ и ЭВ — тропический.

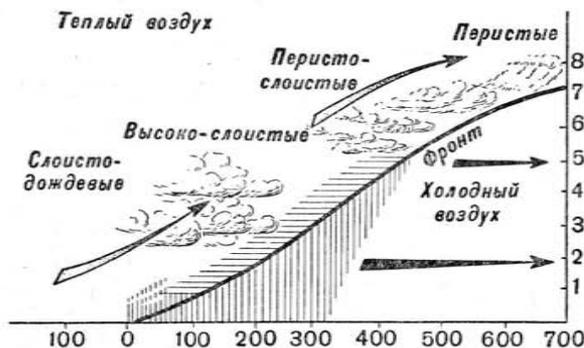


Рис. 33.1

Теплый фронт (рис. 33.1) движется в сторону холодного воздуха и теплый воздух замещает холодный.

Холодный фронт движется в сторону теплого воздуха; холодный воздух занимает районы распространения теплого воздуха. При холодном фронте первого рода скорость продвижения холодного воздуха невелика и теплый воздух спокойно натекает на холодный; второго рода — скорость движения холодного воздуха велика, теплый бурно вытесняется вверх.

Фронт окклюзии — холодный фронт догоняет идущий впереди него теплый фронт; холодный воздух, расположенный за холодным фронтом, смыкается с холодным воздухом, расположенным перед теплым фронтом.

Если пришедший воздух имеет более высокие температуры, то по отношению к «старому» воздуху он будет вести себя как теплый воздух. В этом случае происходит окклюзия по типу теплового фронта, при обратном соотношении — окклюзия по типу холодного фронта.

Таблица 33.2

Характеристика погоды при прохождении фронтов

Фронт	Облачность	Осадки	Ветер	Давление	Температура
Теплый (скорость движения 20—30 м/з)	Сначала перистые, затем перисто-слоистые, слоисто-дождевые	Обложные	Усиливается и заходит по часовой стрелке	Медленно и постепенно падает	Летом немного понижается, зимой повышается
Холодный первого рода (скорость движения 20—30 м/з)	Сначала кучево-дождевые, затем слоисто-дождевые, перисто-слоистые и далее прояснение	Ливневые, затем обложные	Усиливается и поворачивает против часовой стрелки, затем порыв и резко поворачивает вправо	Падает, после фронта быстро растет	За фронтом резко падает
Холодный второго рода (скорость движения 25—40 м/з)	Сначала кучево-дождевые, затем прояснение	Ливневые, грозы	Шквалы, штормы, поворот вправо	То же	То же

Окклюзии
Погода зависит от типа фронта окклюзии, но с менее выраженными характерными особенностями и более длительным действием

§ 33.2. ЦИКЛОНЫ И АНТИЦИКЛОНЫ

Циклон — вихреобразное возмущение в атмосфере с понижающимся давлением к центру; ограничен замкнутыми concentрическими изобарами. Характеризуется системой ветров, дующих против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой — в южном. Размеры в диаметре от 100 км до нескольких тысяч.

Возникший циклон может заполниться на месте, не изменяя интенсивности, продвигаться вдоль фронтальной поверхности или, продвигаясь вдоль этой поверхности, одновременно углубляться и переходить в последующие стадии развития.

Циклоны умеренных широт чаще возникают и распространяются сериями. Двигутся обычно с запада на восток, но направление их перемещения может значительно отклоняться к югу или северу. Скорость перемещения циклонов примерно 15–20 уз, а иногда и больше (до 50–60 уз).

Стадия молодого циклона продолжается около суток; значительно понижается давление в центре циклона, ясно выражены теплый фронт (передняя часть), теплый сектор и холодный фронт (тыловая часть). Погода при прохождении отдельных частей молодого циклона: передней части — ветры умеренные, обычно юго-восточной четверти (в северном полушарии), облачность сплошная с переходом от перистой к слоисто-дождевой, обложные осадки; в теплом секторе — ветры умеренные, облачность значительная, слоистая, морозящие осадки, туманы, температура повышенная; в тыловой части — ветры штормовые и порывистые, облачность незначительная кучевых форм, иногда ливни, видимость хорошая, температура пониженная. Погода в районе изменяется в зависимости от того, какой частью проходит циклон через данный район.

Стадия окклюдированного циклона продолжается от 2 до 7 суток, холодный фронт догоняет теплый и вытесняет теплый воздух вверх (процесс окклюдирования), давление в центре циклона достигает минимума и падение его прекращается. При окклюдировании облачные системы теплого и холодного фронтов объединяются и во всех частях циклона преобладает пасмурная погода с осадками и сильными ветрами.

В третьей стадии развития весь циклон до больших высот заполняется холодным воздухом, давление в центре растет и сравнивается с давлением на периферии, потоки воздуха ослабевают, фронты исчезают, облачность рассеивается.

Признаки нахождения на пути циклона: наблюдатель находится в передней части циклона — движение облаков не совпадает с направлением движения ветра; в тыловой части — отдельные небольшие кучевые облака движутся в направлении действия ветра; в правой половине циклона — ветер усиливается и направление его меняется по Солнцу; в левой половине циклона — ветер усиливается и направление его меняется против Солнца; на пути центра циклона — направление ветра не меняется, скорость его возрастает.

Тропические циклоны зарождаются в океанических районах между тропиками, имеют большой барический градиент (20–30 мб), большие скорости ветра (40–60, а иногда и до 100 м/сек), сравнительно малые поперечные размеры (100–300 миль), исключительно низкие давления в центре (960 мб и менее).

Тропические циклоны носят название вест-индских ураганов — в Атлантическом океане (Вест-Индия), тайфунов — в Тихом океане

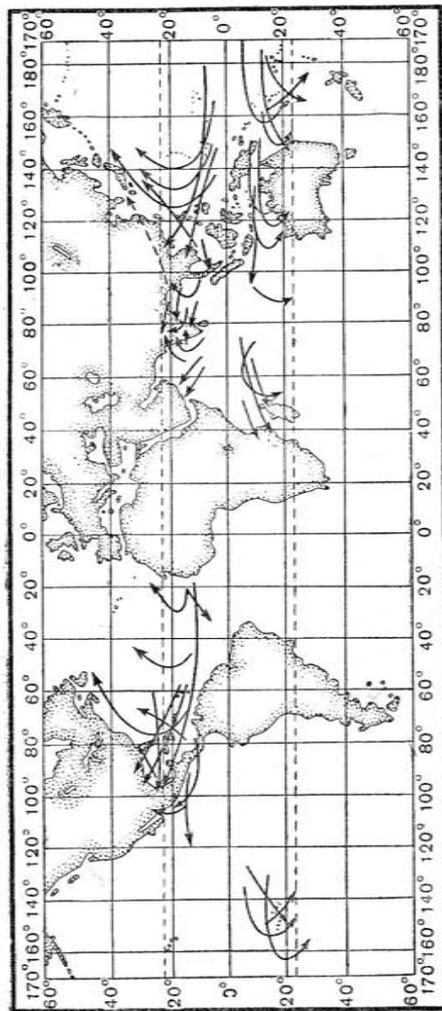


Рис. 33.2

орканов — в южной части Индийского океана. Очаги зарождения — Карибское море, Мексиканский залив, Тихий океан (восточнее Филиппинских островов), Южно-Китайское море, Аравийское море, Бенгальский залив, южная часть Индийского океана (в районе о. Маврикия).

Пути тропических циклонов, за редким исключением, постоянны (рис. 33.2) и скорость перемещения невелика — 10–12 уз. Некото-

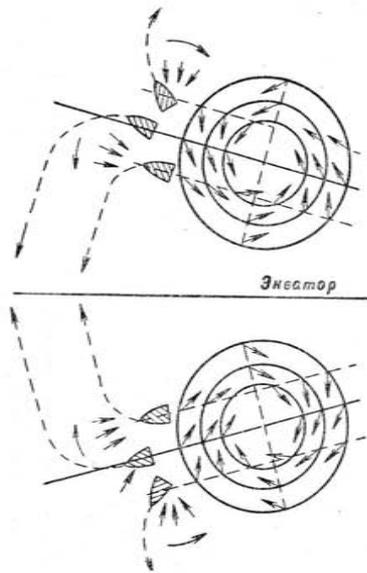


Рис. 33.3

рые тропические циклоны имеют петлеобразные траектории, что затрудняет расхождение с ними.

Погода в тропических циклонах: ветер ураганной силы, густые черные кучево-дождевые облака, сильные ливни, грозы; перистые облака в верхних слоях циклона выносятся на несколько сотен миль от центра циклона; в центре циклона (диаметр не более 10 миль) область штиля, облака разрежаются и иногда видно голубое небо («глаз бури»).

Признаки приближения тропического циклона: появление зыби от направления, не совпадающего с направлением ветра, быстрое падение давления, появление перистых, а затем на горизонте ливневых облаков, душливая погода, затишье, частые

и сильные электрические разряды в атмосфере, увеличение скорости ветра.

Правила расхождения с тропическим циклоном (рис. 33.3):

— определить, в какой его половине находится корабль (если направление ветра меняется по часовой стрелке, то корабль находится справа от пути циклона, если против часовой стрелки — слева);

— в северном полушарии, если корабль находится в правой половине циклона, лечь на курс бейдевинд правого галса, приводя постепенно корабль к ветру, и идти этим курсом до тех пор, пока давление не начнет повышаться; если корабль находится в левой половине или на пути циклона, лечь бакштаг правого галса, сохраняя этот курс до тех пор, пока давление не начнет повышаться; находясь на самом пути центра циклона, лечь фордевинд и идти этим курсом до начала роста давления;

— в южном полушарии в левой половине циклона идти бейдевинд левого галса до начала роста давления; в правой половине или на пути циклона лечь бакштаг левого галса и идти этим курсом до начала роста давления.

Антициклон — область повышенного атмосферного давления. Состоит из одной массы воздуха — теплой или холодной. Размеры приблизительно такие же, как и циклонов. Антициклоны бывают стационарные и подвижные.

Зимой антициклон, движущийся с севера, приносит ясную погоду, хорошую видимость и пониженную температуру; с юга — приносит длительную пасмурную погоду. Летом антициклон с севера приносит кучевые облака, ливни и грозы; с юга — дождевые облака с грозами, по ночам росу и туманы.

Ветер в центральных частях антициклона слабый (до штиля), усиливается к периферии, а там, где антициклон соприкасается с циклоном, может достигать силы шторма.

§ 33.3. СИНОПТИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Синоптические карты — бланковые карты, на которые наносятся состояние погоды за определенное время; на основные синоптические карты — в 3, 9, 15 и 21 ч, на карты районов непосредственного обеспечения (кольцовки) — в 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч по московскому времени.

Наблюдения основных элементов каждой метеостанцией передаются в виде цифровой кодограммы, состоящей при использовании основного кода (КН-01) из 11 групп. Метеорологические данные, полученные в виде цифровой метеосводки, расшифровываются и наносятся на синоптические карты по строгой схеме (на свои определенные места) относительно центра, за который принимается географическое место пункта наблюдения.

Обработка карты: проводят изобары и выделяют области повышенного и пониженного давления; выделяют районы, занятые устойчивыми (теплыми) и неустойчивыми (холодными) воздушными массами; выделяют зоны осадков; определяют положение и типы атмосферных фронтов; проводят изолинии барических тенденций. При обработке карты основные метеорологические элементы и явления показывают условными знаками и различным цветом (холодный фронт обозначают синей линией, теп-

лый — красной, зоны осадков — зеленым цветом, центры циклонов и антициклонов — буквами Н и В соответственно и т. п.).

Анализ синоптических карт производится сопоставлением нескольких синоптических карт за предшествующие периоды. При анализе уясняют, в каких направлениях и с какой скоростью вторгаются воздушные массы, как изменяются их характеристики, в каких районах развивается циклоническая деятельность, с какой скоростью смещается каждый циклон и с какой скоростью смещаются отдельные участки того или иного фронта.

В результате анализа делают выводы для района:

- какая барическая область и какой частью будет проходить через район;
- какой фронт и в какое время будет проходить над районом;
- какая воздушная масса будет над районом и какие изменения в ней могут произойти.

Прогноз ветра: ветер усилится при прохождении через данный район фронтов (особенно холодного второго рода) или при сближении областей высокого и низкого давления; сохранение слабых ветров (штиля) возможно, если данный участок моря будет оставаться в центральной части обширного антициклона; при прохождении фронтов направление ветра меняется по часовой стрелке.

Прогноз облачности дается в соответствии со схемами процессов, которые приведены для различных масс воздуха, атмосферных фронтов и барических образований.

Прогноз осадков и видимости вытекает из прогноза облачности. Ливневые осадки следует ожидать при прохождении холодных фронтов второго рода, обложные осадки — теплых фронтов (первые — продолжительностью несколько часов, вторые — более длительное время). Видимость в холодных массах хорошая, в теплых при их прохождении над холодными морскими водами — плохая.

Синоптические консультации необходимо принимать по радио во время похода. Расписание передач синоптических консультаций объявляется в Извещениях мореплавателям и специальных пособиях.

Данные синоптических консультаций (положение барических центров, изобар, фронтов, скорость и направление их смещения) следует наносить на бланковую карту, на эту же карту наносят место корабля и прокладывают его путь для выявления направления движения корабля по отношению к смещению барических образований.

При наличии на корабле фототелеграфного аппарата необходимо принимать фототелеграфные и факсимильные передачи, которые включают:

- передачу синоптических карт;
- карты будущей синоптической обстановки;
- схемы развития процессов на три дня;
- карты волнения, ледовой обстановки и др.;
- данные фактических метеонаблюдений на «судах погоды» и некоторых метеостанциях.

По синоптическим консультациям уточняются прогнозы погоды для данного района.

Штормовые предупреждения, как правило, передаются в эфир открытым текстом на английском языке.

§ 33.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ И ЯВЛЕНИЙ

Таблица 33.3

Изображение метеоявлений на экране радиолокатора

Метеорологические явления	Вероятное изображение на экране РЛС	Способы опознавания
Осадки холодного фронта	Холодный фронт — светлая полоса, облака и осадки — расплывчатые светлые пятна хорошей яркости	Изображение пульсирует
Облачность и осадки теплого фронта	Расплывчатое светлое пятно малой яркости	По времени мало изменяется
Облака и осадки фронта оклюзии	В зависимости от типа фронта напоминает изображение систем соответствующих фронтов	То же
Облака и осадки тропического циклона	Пятно большой и резко меняющейся яркости, от центра по спиральям вылетают брызги	Края непрерывно и быстро деформируются, отмечается темное пятно — изображение центра циклона («глаз бури»)
Дождевые и снежные шквалы	Пятна с мягко очерченными границами (ближний край может быть резко очерчен)	Перемещение, изменение формы
Сильные грозовые ливни	Небольшие отдельные эхо-сигналы или небольшое пятно эхо-сигнала	То же

Изображение на экране РЛС облаков и осадков тропического циклона (а) и грозовых ливней (б) показано на рис. 33.4.

Направление и скорость перемещения метеорологических целей определяются сравнением изображений на экране, принятых через определенные промежутки времени.

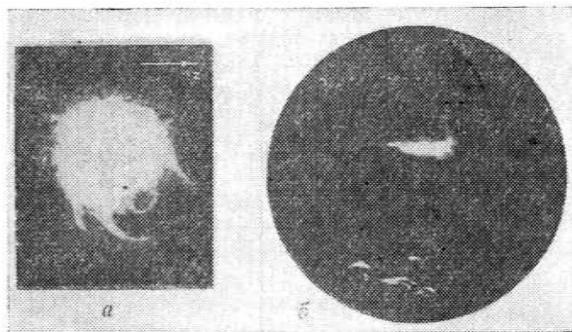


Рис. 33.4

§ 33.5. ПРОГНОЗ ПОГОДЫ ПО МЕСТНЫМ ПРИЗНАКАМ

Ухудшение погоды (приближение циклона своим теплым фронтом, т. е. приближение ненастной погоды, влажной, с осадками, свежим ветром через 6—12 ч):

1. Атмосферное давление постепенно понижается при отсутствии суточного хода.
2. Нарушается суточный ход температуры воздуха, влажности и ветра.
3. Появляются быстро движущиеся от горизонта к зениту перистые коттевидные облака, которые постепенно сменяются перисто-слоистыми, переходящими в более плотный слой высоко-слоистых облаков.
4. Перистые и перисто-слоистые облака движутся вправо от направления наземного ветра.
5. Повышенная видимость, увеличение рефракции — появление предметов из-за горизонта.
6. Усиление волнения, зыбь и волна начинают идти не по ветру.
7. Ненормально повышенная слышимость звуков в воздухе.
8. Дым из трубы стелется низко.
9. Появление «галов» и венцов малых размеров в соответствующих слоях облачности.
10. Сильное мерцание звезд ночью.
11. Утренняя заря ярко-красной окраски.
12. Ночью и утром летом нет росы.
13. Увеличение абсолютной влажности за 4 ч на 2 мм.
14. Движение облаков нижнего и верхнего ярусов в разных направлениях.
15. Появляются ложные солнца, миражи и т. п.
16. Вечером Солнце заходит в сгущающийся облака.

Ухудшение погоды (приближение холодного фронта, грозы и шторма за 1—2 ч до его начала):

1. Резкое падение атмосферного давления,

2. Появление перисто-кучевых облаков.
 3. Появление плотных разорванных перистых облаков.
 4. Появление высококучевых башенкообразных и чечевицеобразных облаков.
 5. Неустойчивость ветра.
 6. Появление сильных помех в радиоприеме.
 7. Радиолокатор обнаруживает облака крупнокапельных скоплений.
 8. Появление в море характерного шума со стороны приближения грозы или шквала.
 9. Резкое развитие кучево-дождевой облачности.
 10. Хаотический вид неба.
- Улучшение погоды (после прохождения теплого фронта или фронта окклюзии можно ожидать прекращения осадков и ослабления ветра в ближайшие 4 ч):
1. Падение давления прекращается, и барометрическая тенденция становится положительной.
 2. Появление просветов в облаках. Высота облаков увеличивается. Слоисто-дождевые облака переходят в слоисто-кучевые и слоистые.
 3. Ветер поворачивает вправо и ослабевает.
 4. Зимой температура воздуха повышенная.
 5. Абсолютная и относительная влажности имеют тенденцию к понижению.
 6. Волнение моря начинает успокаиваться.
 7. Местами над морем (при температуре воды ниже температуры воздуха) туман.
- Улучшение погоды (после прохождения холодного фронта второго рода можно ожидать прекращения осадков, изменения направления ветра и прояснения через 2—4 ч):
1. Резкий рост атмосферного давления.
 2. Резкий поворот ветра вправо.
 3. Резкое изменение в характере облачности, увеличение просветов.
 4. Резкое увеличение видимости.
 5. Понижение температуры.
 6. Ослабление помех в радиоприеме.
- Сохранение характера погоды на ближайшее время. Общие признаки:
1. Повторение в сроки наблюдений метеозаписей прошедшего дня.
 2. Вид облачности, видимость, характер осадков, цвет неба, окраска зари, слышимость радиоприема, состояние моря, тип и характер волнения, оптические явления в атмосфере похожи на таковые прошедшего дня.
- Сохранение характера погоды на ближайшее время (хорошая антициклоническая погода с тихим ветром или штилем, ясным небом или небольшой облачностью и хорошей видимостью удержится в течение ближайших 12 ч):
1. Высокое атмосферное давление имеет суточный ход.
 2. Температура воздуха с утра низкая, к 15 ч повышается, а к ночи понижается.
 3. Абсолютная и относительная влажности имеют суточный ход.
 4. Ветер к ночи и рассвету затихает, к 14 ч усиливается, до полдня поворачивает по Солнцу, после полдня — против Солнца.
 5. В прибрежной полосе наблюдаются правильно сменяющиеся бризы.

6. Появление по утрам отдельных перистых облаков, которые к полдню исчезают.

7. Утром и вечером дым из трубы поднимается вертикально вверх.

8. Ночью и к утру роса на палубе и других предметах.

9. Деформация диска Солнца при восходе и заходе.

10. Золотистые и розовые оттенки зари, серебристое сияние на небе.

11. Сухая мгла у горизонта.

12. Образование поземного тумана в ложбинах и над болотами по ночам и утрам и исчезновение его после восхода Солнца.

13. Солнце опускается за чистый горизонт.

14. Зеленоватый цвет при мерцании звезд.

Сохранение характера погоды на ближайшее время (плохая погода — пасмурная, с осадками, сильным ветром, плохой видимостью — удержится ближайше 6 или более часов).

1. Низкое или понижающееся атмосферное давление не имеет суточного хода.

2. Абсолютная и относительная влажности повышены и мало меняются в течение суток.

3. Характер облачности (слоисто-дождевые, кучево-дождевые облака) не меняется.

4. Температура воздуха летом пониженная, зимой повышенная, не имеет суточного хода.

5. Ветер свежий, не меняет своей силы, характера и мало меняет направление.

Глава 34

СТАТИКА МОРЯ

§ 34.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИРОВОМ ОКЕАНЕ, ГЛУБИНЫ, РЕЛЬЕФ И ГРУНТЫ ДНА ОКЕАНОВ И МОРЕЙ

Мировой океан — водное пространство, занятое всеми океанами и морями и представляющее собой непрерывную водную оболочку земного шара.

Общая поверхность Земли составляет 510 млн. км², в том числе поверхность воды (Мирового океана) — 361 млн. км² (70,7%), суши — 149 млн. км² (29,3%).

Рельеф дна Мирового океана в зависимости от глубин подразделяется на материковую отмель, материковый склон, ложе океана и глубоководные впадины.

Гипсографическая кривая (рис. 34.1) — кривая соотношения площадей, занятых на поверхности Земли различными абсолютными высотами и глубинами.



Рис. 34.1

Таблица 34.1

Классификация грунтов по их механическому составу

Типы грунтов	Сокращенное обозначение на картах	Свойства
Скальные грунты Плита Глыба Камень Скалы Валуны	Пл Гб К Ск В	Плохо держат якоря, трудна постановка различного рода заграждений, возможна покладка на грунт подводных лодок. Коэффициент отражения звуковой энергии от 0,5 до 0,9
Рыхлые грунты Галька Щебень Гравий Песок	Гк Щ Гр П	Плохо держат якоря, затруднена постановка различного рода заграждений, требуют осторожности при

Продолжение

Типы грунтов	Сокращенное обозначение на картах	Свойства
Илистый песок Ракушка	ИП Р	покладке подводных лодок на грунт, оседание в грунт тяжелых предметов может достигать 5 м. Коэффициент отражения звуковой энергии от 0,4 до 0,8
Связные грунты Песчанистый ил Ил Глинистый ил Глина	ПИ И ГЛ ГЛ	Хорошо держат якоря, невозможна покладка подводной лодки на грунт (кроме твердой глины), оседание в грунт тяжелых предметов от 5 до 10 м (кроме тв. ГЛ). Коэффициент отражения звуковой энергии от 0,1 до 0,4 (тв. ГЛ — до 0,5)

§ 34.2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОРСКОЙ ВОДЫ

Соленость S — общее количество всех солей в граммах, растворенных в 1 кг (1000 г) морской воды. Выражается в тысячных долях — промилях (‰). В поверхностных слоях вод океанов колеблется от 32 до 38‰. Средняя соленость вод Мирового океана 35‰.

Удельный вес морской воды — отношение веса какого-либо объема морской воды при данной температуре к весу такого же объема дистиллированной воды при той же температуре. Определяется отношением весов морской и дистиллированной воды при температуре $17,5^{\circ}\text{C}$ ($s_{17,5}$).

Условный удельный вес $\rho_{17,5}$ определяется по формуле

$$\rho_{17,5} = \left(s \frac{17,5}{17,5} - 1 \right) 1000. \quad (34.1)$$

Плотность морской воды $\rho \frac{t}{4}$ численно равна отношению веса единицы объема морской воды при температуре, которую она имела в океане (море), к весу такой же единицы

объема дистиллированной воды при температуре 4°C . В зависимости от солености S приближенно рассчитывается по формуле

$$\rho = \rho_0 (1 + 0,0008S), \quad (34.2)$$

где ρ_0 — плотность пресной воды.

Условная плотность σ_t рассчитывается по формуле

$$\sigma_t = \left(\rho \frac{t}{4} - 1 \right) 1000. \quad (34.3)$$

Удельный объем $\alpha \frac{t}{4}$ — величина, обратная плотности.

Условный удельный объем v_t рассчитывается по формуле

$$v_t = \left(\alpha \frac{t}{4} - 0,9 \right) 1000. \quad (34.4)$$

Температура воды на поверхности измеряется термометром, имеющим шкалу от -5 до $+30^{\circ}\text{C}$; на якорь и в дрейф — опусканием термометра в воду на лине; на ходу (до 15 уз) воду зачерпывают ведром, в котором и измеряют ее температуру.

Определение удельного веса морской воды: воду наливают в чистый стакан, измеряют ее температуру и ареометром — удельный вес при данной температуре. После этого рассчитывают удельный вес (условный) при температуре $17,5^{\circ}$:

$$\rho_{17,5} = \alpha_t + K. \quad (34.5)$$

Величину K выбирают из табл. 6 Океанологических таблиц (Гидрометиздат, 1957).

Соленость морской воды определяют по табл. 7 Океанологических таблиц с входным аргументом «условный удельный вес при температуре $17,5^{\circ}$ ».

На поверхности океана соленость воды меняется незначительно. Экваториальная зона имеет минимум солености (Атлантический океан — 35‰, Тихий океан — 34‰), максимум солености — в пассатных зонах (Атлантический океан — 37,9‰, Тихий океан — 36‰). В морях соленость меняется значительно (в Средиземном море отмечена соленость 40‰, в Красном — 46,5‰, в Мертвом море и заливе Кара-Богаз-Гол — 400‰). Сезонные и суточные колебания солености невелики. На глубинах, начиная примерно с 1500 м, соленость океана постоянна и равна около 35‰.

Средняя температура на поверхности всего Мирового океана $17,4^{\circ}\text{C}$ (на 3° больше средней температуры воздуха). Суточные колебания температур невелики ($0,5-1,0^{\circ}$). В тропическом и умеренных поясах температура с глубиной понижается до самого дна (особенно быстро до глубины 150–200 м). У дна температура везде около $1-2^{\circ}\text{C}$.

Плотность воды на поверхности Мирового океана изменяется от 1,0275 до 1,0220. С глубиной плотность несколько повышается за счет сжатия воды.

Жидкий грунт образуется на глубине при резком скачкообразном увеличении плотности воды по вертикали. Интенсивность его достаточна для удержания подводной лодки на опре-

деленной глубине без хода. Расчет жидкого грунта производится по формуле

$$q_{\max} = (\sigma_H - \sigma_0) - (t_0 - t_H) \beta_t \cdot 10^3 - kH \cdot 10^3, \quad (34.6)$$

где q_{\max} — наибольшая поддерживающая способность жидкого грунта на 1 г водоизмещения, кг;
 $\sigma_H - \sigma_0$ — разность плотностей воды на поверхности и на глубине H (в условных единицах);
 $t_0 - t_H$ — разность температур воды на поверхности и на глубине, °С;
 β_t — термический коэффициент расширения судовой стали;
 k — коэффициент объемного обжатия корпуса подводной лодки.

Значение q находят для различных глубин от поверхности. Где q примет нулевые значения — будут верхняя и нижняя границы слоя жидкого грунта. Максимальное значение q будет соответствовать глубине залегания наибольшей поддерживающей силы жидкого грунта. Необходимые данные для расчета жидкого грунта можно найти в Атласе плотности воды.

Прозрачность морской воды (относительная) определяется опусканием с теневого борта корабля белого диска. Среднее из двух отсчетов — глубины исчезновения и глубины появления диска — принимают за относительную прозрачность моря в данном месте.

Цвет морской воды определяют одновременно с ее прозрачностью, опуская белый диск на глубину, равную половине прозрачности. Затем сравнивают цвет диска с цветом растворов в пробирках специальной шкалы. При наблюдениях необходимо подложить под пробирки лист белой бумаги.

§ 34.3. ЗВУК В МОРСКОЙ ВОДЕ

Скорость распространения звука в воде c в м/сек определяется теоретической формулой

$$c = \sqrt{\frac{\gamma}{k_H \rho}} = \sqrt{\frac{1}{k_a \rho}}, \quad (34.7)$$

где γ — коэффициент удельной теплоемкости, равный отношению теплоемкости c_p при постоянном давлении к теплоемкости c_v при постоянном объеме;

k_H — изотермический коэффициент сжимаемости;

k_a — адиабатический коэффициент сжимаемости;

ρ — плотность морской воды.

Δс Приближенные формулы для определения изменения скорости звука в воде в м/сек:

а) при изменении температуры

$$\Delta c_t = c_0 \cdot 0,0023t, \quad (34.8)$$

где c_0 — скорость звука при $t = 0^\circ \text{C}$, м/сек;
 t — температура слоя воды, °С;

б) при изменении солёности

$$\Delta c_S = c_0 \cdot 0,0068S, \quad (34.9)$$

где c_0 — скорость звука в пресной воде, м/сек;
 S — солёность, ‰;

в) при изменении (увеличении) гидростатического давления

$$\Delta c_p = c_0 \cdot 0,00012p, \quad (34.10)$$

где c_0 — скорость звука при атмосферном давлении, т. е. на поверхности воды, м/сек;
 p — гидростатическое давление, ат;

г) при увеличении глубины

$$\Delta c_H = 0,0175H, \quad (34.11)$$

где H — глубина, для которой рассчитывается скорость звука, м.
 С учетом зависимости скорости звука от температуры и солёности составлена табл. 33 Океанологических таблиц. Для учета давления служит табл. 34. Скорость звука рассчитывается по табл. 33 и 34 со средней квадратической ошибкой, примерно равной ± 4 м/сек.

В МТ-63 для определения скорости звука в зависимости от температуры и солёности служит табл. 34-а. По ней скорость звука определяется со средней квадратической ошибкой, примерно равной ± 5 м/сек; при температурах, больших 17°C , эта ошибка может резко возрастать.

Наиболее точной для расчета скорости звука c в м/сек в морской воде считают формулу Дель-Гроссо

$$c = 1448,6 + 4,618t - 0,0523t^2 + 0,00023t^3 + 1,25(S - 35) - 0,011(S - 35)t + 0,0175H, \quad (34.12)$$

где t — температура, °С;

S — солёность, ‰;

H — глубина слоя воды, м.

Релракция звуковых лучей — искривление звуковых лучей в морской воде вследствие изменения скорости их распространения в различных слоях. В неглубоких морях, а также в слое толщиной до 200 м в теплое время года скорость звука с глубиной уменьшается. Дальность распространения звука будет невелика. В холодное время года с глубиной скорость звука увеличивается. В морях с небольшими глубинами дальность распространения звука зимой примерно в 2—3 раза больше, чем летом. В глубоких морях (океанах) скорость звука с глубиной вначале падает, а затем увеличивается — образуется слой воды (подводный звуковой канал), скорость звука в котором минимальна. Выше и ниже этого слоя скорость будет увеличиваться (рис. 34.2). Звуковые лучи, распространяясь, концентрируются в слое воды с наименьшей скоростью звука. Этот слой называется подводным звуковым каналом. В нем звук распространяется на очень большие расстояния. На уровне, соответствующем минимальной скорости звука, находится ось звукового канала.

Звук от взрыва заряда весом 0,2 кг распространяется по оси звукового канала на 750 миль, 1,8 кг — на 2295 миль, 2,7 кг — на 3105 миль и 3,0 кг — на 6000 миль. Глубина залегания оси звукового канала в разных морях различная и колеблется от нескольких метров до нескольких сотен и даже тысяч метров.

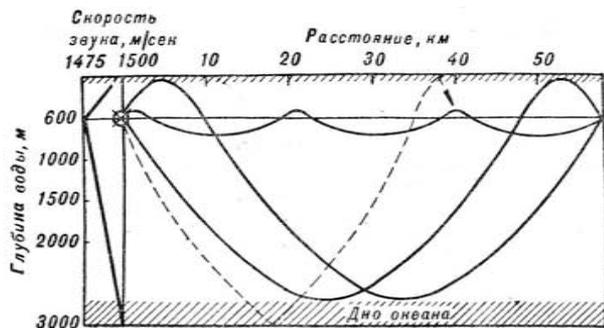


Рис. 34.2

§ 34.4. МОРСКИЕ ЛЬДЫ

Температура замерзания морской воды зависит от солёности и выражается примерной зависимостью

$$t = -0,05S, \quad (34.13)$$

где S — солёность, ‰.

Солёность льда меньше солёности воды, из которой он образовался. Со временем количество солей во льду уменьшается, и старые морские льды дают почти пресную воду. Переход в лед только части солей из раствора увеличивает солёность соседних слоев воды, понижает температуру их замерзания, что и является основной причиной замедления льдообразования на морях. Вторая причина замедления льдообразования — волнение, которое перемешивает воду, не давая поверхностным слоям сильно охлаждаться, и чисто механически препятствует образованию ледяного покрова.

Классификация льдов по возрасту. Льды начальных стадий образования:

- ледяные иглы — мелкие мало заметные кристаллы льда;
- ледяное сало — скопление ледяных игл, плавающих на поверхности моря;
- снегура — вязкая кашеобразная масса, образующаяся при обильном снегопаде на охлажденную воду;
- шуга — бесформенные куски белесоватого цвета, образующиеся чаще всего из сала, сбитого волнением (толщина шуги доходит до 5 см).

- **Молодые (ниласовые) льды:**
- блинчатый лед, образующийся из сала при сравнительно небольшом волнении; размер отдельных «блинов» может доходить до 3—4 м в диаметре при толщине 5—6 см;
- нилас — тонкая ледяная корка, образующаяся на спокойной поверхности воды, толщиной до 10 см; разламывается ветром;
- молодой — молодой лед толщиной от 10 до 30 см светло-серого цвета;
- белый лед — лед толщиной от 30 до 70 см.
- **Вторичные стадии образования льда:**
- ледяные поля (обширные — в поперечнике свыше 10 км, большие — от 2 до 10 км, малые — от 0,5 до 2 км, обломки — 100—500 м) — образуются нарастанием больших площадей льда, либо смерзанием различных видов плавучего льда, либо от разрушения берегового припая и выноса больших его частей в море;
- крупнобитый лед — льдины размером 200—100 м в поперечнике;
- мелкобитый лед — льдины размером от 2 до 20 м в поперечнике;
- ледяная каша — смесь измельченного льда с шугой и снегурой;
- несяк — отдельное высокое глубокоосидающее образование льда (торосистое) незначительных горизонтальных размеров.

Неподвижные формы льда:

- ледяной заберег — тонкий неподвижный лед, распространяющийся от берега на расстояние нескольких десятков метров;
- припай — сплошной ледяной покров, связанный с берегом; может иметь ширину до нескольких сотен километров;
- стамуха — торосистое ледяное образование, сидящее на мели.

Кроме льда, образующегося из морской воды, в море встречаются: речной лед — совершенно пресный, обычно коричневого цвета, встречающийся чаще всего вблизи устьев рек (выносятся течением в море), и материковый лед — образуется путем уплотнения и смерзания многолетних отложений снега на материках и островах, откуда он сползает в море в виде ледников. Разновидности материкового льда: айсберги (ледяные горы) — крупные обломки льда, встречающиеся в море и обычно возвышающиеся над водой более чем на 5 м; в южном полушарии наблюдались айсберги высотой более 500 м; под водой у айсберга находится часть, превышающая надводную в 3—7 раз; ледяные острова — крупные ледовые образования размером до 700 км² и высотой над уровнем моря до 12 м, формируются они в основном в районе Канадского арктического архипелага.

Сплоченность льда — соотношение площади льдин и промежутков воды между ними в данном районе. Сплоченность оценивается баллами по шкале, приведенной в табл. 34.2.

Проложимость льда — возможность самостоятельного плавания во льдах кораблей различных типов; определяется сплоченностью, толщиной и характером льда, состоянием его поверхности, временем суток, гидрометеорологическими условиями, а также опытом личного состава в плаваньи во льдах. Главным препятствием плаванью во льдах являются торосы — нагромождения льдин, образовавшиеся в результате сжатий.

Неподвижный лед лучше проходит, чем такой же толщины плавучий. Не следует пробивать фарватер легче всего в часы образования приливо-отливных разводий. Ветер может облегчать или затруднять условия ледового плаванья. Под действием ветра

Таблица 34.2

Шкала сплоченности льда

Баллы	Площадь льдин	Покрытие поверхности воды льдом, %
	Площадь воды между ними	
0	Льда нет	0
1	$\frac{1}{9}$	10
2	$\frac{2}{8}$	20
3	$\frac{3}{7}$	30
4	$\frac{4}{6}$	40
5	$\frac{5}{5}$	50
6	$\frac{6}{4}$	60
7	$\frac{7}{3}$	70
8	$\frac{8}{2}$	80
9	$\frac{9}{1}$	90
10	Промежутков воды нет	100

наряду с торосами нередко образуются польны и разводья (при ветре с берега разводья образуются за счет отжимания льда в море).

Подъем воды (приливы, нагоны) способствует разрежению льдов и сохранению ледовых фарватеров; спад воды, наоборот, вызывает сильные подвиги, увеличивает сплоченность льда и быстро зажимает фарватеры.

Ледовый час — средний промежуток времени между моментом верхней кульминации Луны и ближайшим последующим сжатием льда в данной точке моря.

Признаки начала сжатия льда: канал за кормой корабля быстро суживается, корабль теряет инерцию, появляется характерный треск, скрип и шум льда.

Таблица 34.3

Шкала проходимости льда

Баллы	Условия ледового плавания
0	Корабль идет по чистой воде
1	Корабль идет во льду, мало изменяя курс и легко обходя большие льдины
2	Корабль идет, лавируя между льдинами, изредка меняя скорость хода
3	Корабль идет, сильно лавируя, меняя хода (с переднего на задний), бьет перемычки
4	Корабль идет по льду, почти не придерживаясь курса, меняя хода, бьет лед с разбегу и продвигается весьма медленно
5	Корабль продвигается во льду ударами
6	Попытки продвинуться безуспешны

Наблюдение над льдами включает определение форм льда, состояния поверхности ледового покрова (торосистость), сплоченности, толщины, положения кромки льда и условий ледового плавания. Для определения этих данных используются специальными атласами льдов и таблицами, аналогичными табл. 34.2, 34.3, 34.4.

Толщина льда на ходу корабля определяется по льдинам, которые становятся на ребро у борта, на стоянке — непосредственным измерением ледомерной рейкой в специально пробиваемой ледовой лунке. Прирост толщины льда зависит от среднесуточной температуры воздуха и начальной толщины льда.

Представление о наличии льдов на значительном удалении от корабля можно получить с помощью радиолокационных станций. Отдельные льдины при приближении к кромке льдов хорошо фиксируются также гидроакустикой. Не рекомендуется приближение к айсбергам, встреча с которыми возможна в умеренных и даже субтропических широтах.

Таблица 34.4

Допускаемая нагрузка неторосистого морского льда

Наименьшая расчетная толщина льда, см	Общий вес груза, т	Наименьшая расчетная толщина льда, см	Общий вес, т
5	0,1	25	До 10,0
10	0,5	30	До 15,0
12	0,8	35	До 18,0
15	До 3,5	40	До 22,0
20	До 6,0	50	До 25,0

Результаты наблюдений фиксируют на схемах или картах крупного масштаба, указывая дату, час и координаты наблюдений.

Ледовая разведка и прогноз производятся в основном авиационной флотом и передаются на корабли с прогнозами погоды.

Глава 35

ДИНАМИКА МОРЯ

§ 35.1. ВОЛНЕНИЕ МОРЯ

Различают три основных типа волн на море:

— ветровые (преобладают на поверхности океанов и морей);
— анемобарические (стоячие или сейши), возникающие при стогах или нагонах воды и при резких изменениях атмосферного давления;

— сейсмические, происходящие в результате динамических процессов в земной коре (землетрясений и моретрясений); одним из видов таких волн являются «цунами».

Элементы волн:

λ — длина волны — расстояние по горизонтали между двумя вершинами или подошвами волны;

h — высота волны — расстояние по вертикали от вершины до подошвы волны;

τ — период волны — промежуток времени, за который волна проходит расстояние, равное ее длине (промежутку времени между прохождением двух последовательных гребней или подошв через одну и ту же точку пространства);

c — скорость волны — расстояние по горизонтали, пробегаемое волной за единицу времени (сек);

K — крутизна волны — угол, составленный касательной к профилю волны с горизонтальной линией;

N^0 — направление распространения волн — истинный румб, откуда двигаются волны.

Определение высоты волны на якоре и на ходу.

При слабом волнении — заметить по борту корабля последовательные положения подошвы и гребня волны; для наблюдений выбрать три — пять наиболее заметных, кажущихся наибольшими, волн. При сильном волнении наблюдатель должен находиться на такой высоте (мостик, рубка и т. п.), чтобы видеть в створе гребень ближайшей волны и горизонт в момент нахождения корабля на подошве волны. Высота глаза наблюдателя определит высоту волны.

Определение периода волн. Первый способ: выбрать линию визирования на корабле (перпендикулярную направлению распространения волн) и измерить промежуток времени прохождения 11 гребней последовательных волн через эту линию;

период волны $\tau = \frac{t_{11} - t_1}{10}$.

Второй способ: выбросить за борт плавающий предмет и определить промежуток времени между находками этого поплавка на двух соседних гребнях волны.

На ходу корабля период волны рекомендуется вычислять по формуле

$$\tau = \frac{\lambda}{c}. \quad (35.1)$$

Определение скорости распространения волн. На якоре заметить время t прохождения одного и того же гребня между двумя точками борта корабля, находящимися на известном расстоянии l :

$$c = \frac{l}{t}. \quad (35.2)$$

На ходу при курсе, параллельном направлению распространения волн, скорость волнения рассчитывается по формуле

$$c = \frac{l}{t} \pm V, \quad (35.3)$$

где V — скорость движения корабля; знак плюс — при попутной волне, минус — при встречной.

При курсе, не параллельном направлению распространения волн,

$$c = \left(\frac{l}{t} \pm V \right) \cos \alpha, \quad (35.4)$$

где α — угол между курсом корабля и направлением распространения волнения.

Определение длины волны сводится к определению расстояния вдоль корпуса корабля, на котором находятся два соседних гребня волн. При длине волны более корпуса с кормы выпускают лить, разбитый на метры, с легким буйком на конце и травят до тех пор, пока буйок и корма не будут находиться на гребнях соседних волн. Длина литья, вытянутого втуго, даст длину волны.

На ходу корабля длина волны рассчитывается по формуле

$$\lambda = \frac{lt_1}{t}, \quad (35.5)$$

где t_1 — относительный период, т. е. разность моментов прохождения гребней двух соседних волн через одну и ту же точку (визир).

Определение направления волнения: совместить нить пеленгатора с направлением фронта движущихся волн (вдоль гребней волн), повернуть пеленгатор на 90° навстречу движению волн и отсчитать по карте направление движения волн.

Степень волнения моря в баллах определяется по табл. 50 МТ-63.

Прогноз волнения передается гидрометеорологической службой на срок, не превышающий, как правило, 24 ч. В прогнозе указываются направление и степень ожидаемого волнения, а также высота, длина и период волн. Прогноз волнения может быть составлен на корабле с использованием зависимостей между

скоростью ветра, его продолжительностью, разгоном и элементами волн:

$$h = 0,045U^{0,56}D^{0,54}, \text{ или } h = 0,073U \sqrt{D \frac{h}{\lambda}}; \quad (35.6)$$

$$\lambda = 0,31U^{0,66}D^{0,64}; \quad (35.7)$$

$$t = 0,533U - 0,38D^{0,68}, \quad (35.8)$$

где h — высота волны, м;

λ — длина волны, м;

U — скорость ветра, м/сек;

D — разгон ветра, км;

t — время, необходимое для развития волн, ч.

Силу ветра, его продолжительность и разгон снимают с карты прогноза (синоптической).

Таблица 35.1

Зависимость высоты волн от глубины

Глубина в частях λ	0	$1/9$	$2/9$	$3/9$	$4/9$	$5/9$	$6/9$	$7/9$	$8/9$
Высота волны в частях h	1	$1/2$	$1/4$	$1/8$	$1/16$	$1/32$	$1/64$	$1/128$	$1/256$

Волнение распространяется до глубин, равных длине волн.

Прибой — увеличение высоты и уменьшение длины волн при вступлении их на мелководье. Верхняя часть волны наклоняется вперед, а гребень опрокидывается, рассыпаясь в пену.

Бурун — явление, когда волны опрокидываются и разбиваются над мельями, банками, рифами и другими резкими повышениями дна.

Толчая — встреча волн с разных направлений, в результате чего они утрачивают определенное направление движения и представляют собой беспорядочные стоячие волны.

Зыбь — волнение, продолжающееся после ветра, уже затихшего, ослабшего или изменившего свое направление, или волнение, вызванное ветром, дуящим вдаль от места наблюдения. **Мертвая зыбь** — зыбь, распространяющаяся при полном безветрии.

§ 35.2. ПРИЛИВЫ

Терминология и определения. Приливы и отливы — периодические колебания уровня моря, происходящие под влиянием сил притяжения Луны и Солнца. Такие приливо-отливные колебания уровня для краткости принято называть приливами.

Элементы прилива (рис. 35.1).

Полная вода (ПВ) — наиболее высокое положение уровня в процессе прилива.

Малая вода (МВ) — наиболее низкое положение уровня в процессе прилива.

Период прилива — промежуток времени между одинаковыми положениями уровня (двумя соседними полными или малыми водами).

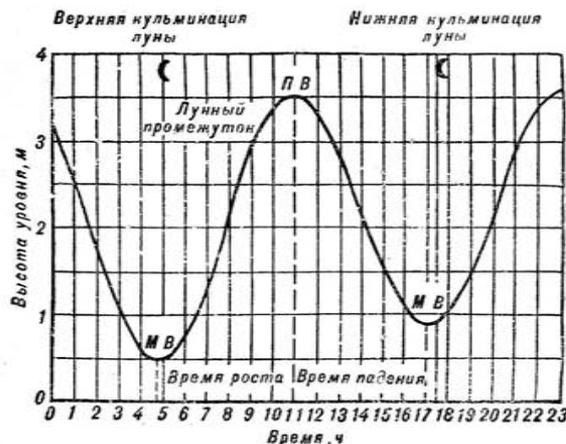


Рис. 35.1

$t_{ПВ}$ — время полной воды; $h_{ПВ}$ — высота полной воды.

$t_{МВ}$ — время малой воды; $h_{МВ}$ — высота малой воды.

V — величина прилива — разность между высотами полной и следующей за ней малой воды.

A — амплитуда прилива — разность между высотами полной или малой воды и средним уровнем моря.

T_r — время роста — промежуток времени от момента малой до момента полной воды.

T_p — время падения — промежуток времени от момента полной до момента малой воды.

T_d — лунный промежуток — промежуток времени между моментом кульминации Луны на меридиане места и моментом наступления ближайшей полной воды.

Полусуточные приливы — регулярно наблюдаются две полные и две малые воды в течение лунных суток (24 ч 50 мин — промежуток времени между двумя одноименными последователь-

ными кульминациями Луны). Высоты двух последующих полных и двух последующих малых вод при полусуточных приливах различаются незначительно, а промежутки времени между этими водами примерно равны.

Суточные приливы — в большую часть лунного месяца (29,5 суток — время между двумя последовательными приходами Луны в одну и ту же фазу) наблюдается одна полная и одна малая вода в течение лунных суток. Эти приливы бывают редко и только при максимальном склонении Луны; в остальное время приливы большей частью имеют смешанный характер.

Смешанные приливы бывают неправильные полусуточные, когда наблюдаются две полные и две малые воды, но высоты приливов и промежутки времени между двумя последующими полными и малыми водами значительно отличаются друг от друга, и неправильные суточные, когда склонение Луны равно нулю, наблюдаются две полные и две малые воды в лунные сутки, а с увеличением склонения Луны приливы приобретают характер суточных.

Суточные неравенства: по высоте прилива — разница в высотах двух малых и двух полных вод в один и тот же день, вызываемая изменением приливообразующих сил в связи с переменами в склонениях Луны и Солнца; по времени — разница промежутков времени между полными и малыми водами, наблюдаемая в течение одних суток. Наибольшее значение суточного неравенства бывает после максимального склонения Луны, наименьшее — при прохождении Луны через экватор. Приливы с наибольшим суточным неравенством называют тропическими, с наименьшим — экваториальными, или равноденственными.

Полумесячные неравенства — неравенства в величине прилива, когда в течение месяца наблюдаются два прилива с большой величиной и два с малой. Во время полнолуния и новолуния величина прилива бывает максимальной — сизигийный прилив; в первой и третьей четвертях Луны прилив имеет минимальную величину — квадратурный прилив.

Месячное (параллактическое) неравенство возникает от изменения расстояния между Землей и Луной. Наибольший параллактический прилив наблюдается, когда Луна находится в перигее, наименьший — в апогее.

Возраст полусуточного прилива — промежуток времени от момента сизигии до момента наступления приливов с наибольшей величиной (сизигийного). Возраст суточного прилива — промежуток времени от наибольшего склонения Луны до момента наступления приливов с наибольшей величиной (тропического прилива). Возраст параллактического прилива — промежуток времени от момента перигея до момента наступления параллактических приливов наибольшей величины.

Предвычисление приливов. Существует несколько методов: расчет по таблицам приливов (методом сравнения и с помощью гармонических постоянных), метод предвычисления приливов с помощью прикладного часа порта, с помощью карт котидальных линий.

Постоянные Таблицы приливов состоят из трех книг: «Воды европейской части СССР и прилегающих зарубежных районов», «Воды азиатской части СССР и прилегающих зарубежных районов» и «Зарубежные воды». Каждая книга содержит две части: часть I — предвычисление моментов и высот полных и малых вод в основных портах, часть II — поправки для вычисле-

ний приливов в дополнительных пунктах, гармонические постоянные приливов и ряд вспомогательных таблиц. В постоянных Таблицах входным аргументом в часть I являются астрономические параметры приливов, вычисляемые по времени кульминации Луны N и учитывающие изменения параллакса Луны S . Эти параметры выбираются в приложении к части I на заданную дату.

Ежегодные Таблицы приливов состоят из четырех книг: «Зарубежные воды» представлены двумя книгами: «Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый океаны» и «Тихий океан». Каждая книга ежегодных Таблиц состоит также из двух частей.

Построение части I ежегодных и постоянных Таблиц различается. Построение части II и методы решения задач для дополнительных пунктов как по поправкам времени и высот, так и по гармоническим постоянным для тех и других Таблиц одинаковы.

Вычисление высот и моментов полных и малых вод в основных портах на заданные сутки:

— по date из приложения к части I «Астрономические данные» выбрать величины N и S ;

— в оглавлении части I Таблиц найти страницу, на которой помещена табл. I для данного основного порта;

— из табл. I по аргументу S выписать значения моментов и высот для целой части N и интерполяционные поправки за дробную часть N (эти поправки вписаны в таблице между смежными в вертикальном направлении моментами полных и малых вод и указывают число минут изменения времени приливов на $0,1 N$); если для данного целого значения N какой-либо момент отсутствует (прочерки в таблице), то его следует восстановить; для этого взять момент выше строчкой и увеличить его на $10 \Delta t$, а высоту найти как среднее из значений, расположенных выше и ниже прочерка (Δt — временное изменение момента в минутах, соответствующее изменению N на $0,1$);

— сложить табличные значения с интерполяционными поправками и получить время полных и малых вод; интерполяционные поправки к высотам находят линейным интерполированием между смежными табличными величинами.

При решении аналогичной задачи по ежегодным Таблицам все действия сводятся к простому выбору готовых данных на нужную дату.

Вычисление высоты уровня моря в основном порту на заданный (промежуточный) момент между полной и малой водами:

— рассчитать высоты уровня для двух моментов полной и малой вод, между которыми находится заданный момент;

— рассчитать время роста T_p или падения T_n прилива в зависимости от того, где находится промежуточный уровень — на подъеме или на спаде уровня: $T_p = t_{ПВ} - t_{МВ}$; $T_n = t_{МВ} - t_{ПВ}$;

— рассчитать промежуток времени ΔT от заданного момента до ближайшего момента полной или малой воды: $\Delta T = t_N - t_{ПВ(МВ)}$;

— рассчитать величину прилива: $B = h_{ПВ} - h_{МВ}$;

— из интерполяционной таблицы в части I по аргументам $T_p(n)$, ΔT и B выбрать поправку высоты уровня Δh в метрах.

Если в заданный момент атмосферное давление отличается от нормального (760 мм или 1010 мб), то из табл. 8 (постоянные) или табл. 6 (ежегодные) «Поправки высот уровня моря на атмосферное давление» выбрать поправку к высоте уровня за давление Δh_p .

Фактическая глубина моря (z_k) рассчитывается по глубине, показанной на карте (z_k), и высоте уровня моря (h): $z_k = z_k + h$.

Определение времени, когда прилив достигает заданной величины, производится с помощью интерполяционной таблицы:

— рассчитать величину поправки Δh , которая при сложении с высотой малой или вычитании из высоты полной воды давала бы заданную величину прилива: $\Delta h = h - h_{MB} = h_{PB} - h$;

— войти в нижнюю часть интерполяционной таблицы и в строке, соответствующей величине прилива, найти поправку Δh ;

— от поправки Δh подняться вверх до строки, соответствующей продолжительности роста (падения), где прочесть поправку к моменту полной или малой воды;

— сложив ее с моментом полной (малой) воды, получить время наступления прилива заданной высоты.

Предвычисление приливов в дополнительных пунктах методом сравнения осуществляется с помощью части II постоянных или ежегодных Таблиц:

— найти в алфавитном указателе Таблиц порядковый номер дополнительного пункта и с ним как с аргументом войти в табл. I части II, выбрать название основного порта, к которому относится данный пункт, поправки к моментам полных и малых вод и коэффициент прилива;

— для основного порта рассчитать моменты и высоты полных и малых вод; затем придав им соответствующие поправки времени, получить моменты полных и малых вод в дополнительном пункте;

— высоты полных и малых вод основного порта умножить на коэффициент прилива и найти соответствующие высоты в дополнительном пункте.

Расчеты, связанные с нахождением моментов и высот промежуточных уровней, аналогичны расчетам для основного порта.

Для дополнительных пунктов, имеющих поправки к средним сизигийным и квадратурным приливам, средние высоты сизигийных и квадратурных приливов определяются сложением этих поправок с соответствующими высотами основного порта. В промежуточные дни между сизигией и квадратурой можно пользоваться средними поправками.

Для нахождения дат сизигийных и квадратурных приливов в Таблицах приливов имеются сведения о фазах и склонениях Луны (табл. III). Прибавляя к моментам наступления различных фаз Луны возраст прилива, можно определить дату сизигийного или квадратурного прилива. Практически сизигийные или квадратурные приливы считаются в пределах ± 2 суток от соответствующей рассчитанной даты прилива.

Все расчеты, производимые методом сравнения, рекомендуется вести по следующей схеме:

Основной порт (№)							Пояс №	
Дополнительный пункт (№)							$t_N =$	$P =$
Дата	ПВ	МВ	ПВ	МВ	T_p (н)			
$K_{пр} = \dots, C = \dots$	t	h	t	h	t	h	ΔT	
$N = \dots, O = \dots$	При пользовании постоянными Таблицами приливов						B	
$N = O_1 \dots$	При пользовании постоянными Таблицами приливов						Δh	Из интерпол. табл.
							Δh_p	Из табл. 8 или 6 Таблиц приливов
Δt для дополнительного пункта	-	-	-	-	-	-	h_{PB} (МВ)	
В дополнительном пункте							h	

Метод гармонического анализа основан на разложении периодической кривой уровня на ряд гармонических колебаний — косинусоид. Высота уровня получается как сумма ординат всех составляющих колебаний. Обычно ограничиваются четырьмя составляющими волнами: главной лунной полусуточной M_2 , главной солнечной полусуточной S_2 , главной лунной суточной O_1 и лунно-солнечной суточной K_1 . Такой метод решения приливных задач называется штурманским методом (адмиралтейским).

Гидрографической службой для расчетов времен полных и малых вод, их высот и ежечасных высот уровня издаются специальные вычислительные формы. Штурманский метод вычисления приливов применяется для пунктов, где наблюдаются смешанные приливы. Пояснение по заполнению форм и вычислений уровней дается в предисловии к Таблицам приливов.

Использование круга СМО (ветрочета) для предвычисления высот прилива:

— из Таблиц приливов (гармонические постоянные и поправки) и МАЕ (время кульминации Луны и ее горизонтальный па-

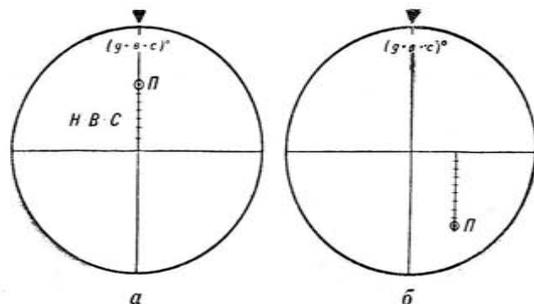


Рис. 35.2

раллакс) выбрать для четырех волн M_2 , S_2 , K_1 и O_1 данные по форме:

Дата ...	Время кульминации Луны ...				НР ...
	M_2	S_2	K_1	O_1	
H B C					
$H \cdot B \cdot C$					
g b c					
$g + b + c$					

(произведение $H \cdot B \cdot C$ и сумма $g + b + c$ рассчитываются);

— поставить под индекс значение $(g + b + c)$ и отложить вверх по вертикальному диаметру от центра величину $H \cdot B \cdot C$ — нанести точку $П$ (рис. 35.2, а);
— установить отсчет, соответствующий углу положения волн на заданный момент, и при этом положении круга снять по вер-

тикальной линии расстояние от горизонтального диаметра до точки $П$ — высоту волны (рис. 35.2, б);

— выполнить эти действия с составляющими всех волн и, сложив полученные высоты со значением среднего уровня, найти высоту прилива на заданный момент.

Угол положения волны находят по формулам:

$$\text{для } M_2 \quad \theta^\circ = 29t;$$

$$\text{для } S_2 \quad \theta^\circ = 30t;$$

$$\text{для } K_1 \quad \theta^\circ = 15t;$$

$$\text{для } O_1 \quad \theta^\circ = 14t,$$

где θ° — угол положения волны, t — час суток.

Если в этих формулах θ получается больше 360° , то из полученного результата следует вычесть 360.

Предвычисление приливов с помощью прикладного часа порта делается для пунктов с правильным полусуточным приливом. Прикладной час порта ($ПЧП$) — величина среднего из лунных промежутков в сизигию при условии нахождения Луны и Солнца на экваторе и в среднем удалении от Земли.

На морских картах с полусуточным приливом приведены данные о $ПЧП$, сизигийной и квадратурной величине прилива. По этим данным предвычислить прилив:

— по МАЕ рассчитать местное время T_M кульминации Луны на меридиане наблюдателя;

— по величине T_M выбрать поправки к $ПЧП$ и множитель K_B для вычисления высот приливов из табл. 35.2;

Таблица 35.2

Величины поправок $ПЧП$ и K_B

Местное среднее время кульминации Луны, ч	Поправка $ПЧП$ ($\Delta ПЧП$), мин	Множитель для вычисления высот K_B
00 или 12	00	0,1
01	-16	0,1
02	-32	0,1
03	-47	0,2
04	-58	0,4
05	-64	0,6
06	-57	0,8
07	-27	1,0
08	+03	0,9
09	+23	0,7
10	+22	0,4
11	+15	0,2
12	00	0,1

— рассчитать лунный промежуток на день вычислений $T_n = ПЧП \pm \Delta ПЧП$ и моменты среднего местного времени наступления полной воды $t_{ПВ} = T_n + T_M$;

— рассчитать разность величин сизигийного и квадратурного приливов $\Delta B(h) = cзB(h) - квB(h)$ и умножить ее на коэффициент (множитель) K_B для вычисления высот, т. е. определить поправку к сизигийной величине прилива: $\Delta cзB(h) = K_B \Delta B(h)$;

— вычислить величину прилива (высоту полной воды) на заданные сутки: $B(h) = cзB(h) - \Delta cзB(h)$;

— время малой воды будет на 6 ч 12 мин раньше или позже наступления полной воды.

Все расчеты рекомендуется записывать по схеме:

Δ	Из МАЕ по дате	ПЧП	С карты	$cзB(h)$	Из таблицы на карте
T_K	То же	$\Delta ПЧП$	Из табл. 35.2	$квB(h)$	То же
$(\Delta T) \lambda$	Из приложения 3 в МАЕ по λ_M и Δ	T_λ		$\Delta B(h)$	
T_M		T_M		$cзB(h)$	
		$t_{ПВ}$		$\Delta cзB(h)$	
$\lambda_M - \lambda_N$	λ_N — долгота осевого меридиана часового пояса	ΔT	Из Таблиц приливов по $\lambda_M - \lambda_N$	$B(h)$	
K_B	Из табл. 35.2	$t_{ПВ}$	Поясное время		

С помощью карт котидальных линий, изданных в СССР для Белого и Баренцева морей, также возможно предвычислить прилив. Котидальная линия — кривая, проходящая через точки, в которых полная вода наступает в один и тот же момент. Обычно котидальные карты являются составной частью Атласа приливов и течений и помещены в первой его части. В указаниях для пользования Атласом приводятся примеры нахождения высоты приливного уровня в данной точке на любой час и дату, а также на определение элементов приливо-отливного течения.

График прилива строится на миллиметровой бумаге (рис. 35.3) в прямоугольных координатах: вертикальная ось — высота, горизонтальная — время. Порядок построения:

— нанести точки, соответствующие полным и малым водам, и соединить их прямыми линиями;

— каждый отрезок (между полной и малой водой) разделить на четыре части (середина отрезка будет точкой перегиба);

— через точки деления, равные $1/4$ и $3/4$ отрезка, провести вертикальные прямые, равные по длине $0,1$ величины прилива: от точек, ближайших к малой воде, — вниз, от точек, ближайших к полной воде, — вверх;

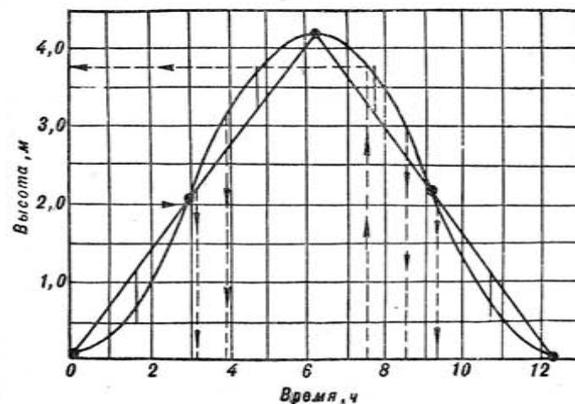


Рис. 35.3

— через полученные точки провести плавную кривую, с которой можно снимать все величины прилива.

Распределение приливов на земном шаре дано в Морском атласе (т. II) и других пособиях.

§ 35.3. ТЕЧЕНИЯ

Вектор скорости суммарного течения v_T равен

$$v_T = v_{П} + v_{пер} + v_B, \quad (35.9)$$

где $v_{П}$, $v_{пер}$, v_B — векторы скорости постоянного, периодического и временного течений соответственно.

Практически в море учитываются из временных течений — ветровые, а из периодических — приливо-отливные. В морях, где нет приливо-отливных течений или они незначительны, учитывают две составляющие суммарного течения — постоянную и ветровую ($v_T = v_{П} + v_B$), а в штилевую погоду или маловетреную — только постоянную составляющую ($v_T = v_{П}$).

Данные о суммарных течениях или их составляющих приводятся в специальных навигационных пособиях по течениям: атласах течений океанов (морей) или отдельных районов; сведениях, помещаемых на путевых навигационных картах; лоциях; руководствах для плавания и путевых диаграммах течений для рекомендованных морских путей.

Атласы течений издаются для открытых районов океанов и морей, для морей без приливов и для районов с развитыми приливо-отливными течениями.

Атласы для открытых районов представляют собой ежемесячные карты, где приводятся результирующие (средние за месяц) элементы течений для каждого одноградусного квадрата океана. Направления течений показаны стрелками, скорости течений (в сотых долях узла) — цифрами в левом нижнем углу квадрата. Иногда на этих картах для пятиградусных квадратов приводят розы течений, которые дают представление о повторяемости направлений и средней скорости течения данного направления по восьми основным румбам. Эти атласы содержат данные о постоянных и периодических течениях (суммарных), поэтому сведения об элементах течений могут расходиться с действительностью.

Атласы течений для морей без приливов составляются для морей и заливов, где отсутствуют заметные приливо-отливные течения. В этих районах суммарное течение — это в основном сумма плотностного и ветрового (дрейфового и сгонно-нагонного) течений. Имея синоптическую карту, надо подобрать в атласе карту течений для наиболее близкого типа поля ветра и снять с нее данные о течениях в интересующем районе. Используя прогнозную синоптическую карту, можно получить прогноз течений на один—два суток вперед.

Подобранная карта имеет тип поля, приближенно соответствующий фактическому, и сами данные о течениях на картах содержат ошибки. Эти пособия упрощают расчет элементов течения со средней квадратической ошибкой около 0,3 уз по скорости и $\pm 30^\circ$ по направлению.

Атласы течений для морей с приливами обычно содержат 12 основных карт приливо-отливных течений (или в сумме с постоянными) для каждого часа лунного времени, т. е. для часов, отсчитываемых до и после момента полной воды в принятом для карт основном пункте. К этим картам добавляются карты для типовых полей ветра, как и в атласах для морей без приливов. Для районов, где хорошо изучено распространение течений на глубину, карты могут быть составлены для различных горизонтов от уровня моря и также сведены в соответствующие атласы.

Определение элементов приливо-отливного течения по данным, приводимым на навигационной карте. 1. По таблице «Сведения о течениях» на навигационной карте для района плавания установить название основного порта.

2. Для основного порта вычислить момент полной воды, ближайший к заданному, и высоты полных и малых вод на заданные сутки. Из таблицы «Средние характерные уровни» (ежегодные Таблицы приливов) или «Средние приливные уровни» (постоянные Таблицы приливов) выбрать средние значения сизигийных и квадратурных высот полных и малых вод в основном порту.

3. Рассчитать среднюю величину прилива на заданные сутки:

$$CpB = \frac{1}{2} [(h'_{ПВ} + h''_{ПВ}) - (h'_{МВ} + h''_{МВ})]$$

и средние сизигийную и квадратурную величины приливов: $CpсзB = Cpсзh'_{ПВ} - Cpсзh'_{МВ}$; $CpквB = Cpкvh'_{ПВ} - Cpкvh'_{МВ}$.

4. Рассчитать «водный час» (ВЧ) прилива на заданный момент: $BЧ = T_N - t'_{ПВ}$, беря эту разность с точностью до ближайшего целого часа. Знак ВЧ минус соответствует понятию «до полной воды», а плюс — «после полной воды».

5. Из таблицы «Сведения о течениях» на карте для района плавания на рассчитанный ВЧ выбрать направление течения K_T и скорости течения в сизигию $v_{сз}$ и квадратуру $v_{кв}$.

6. Рассчитать скорость течения на заданный момент:

$$v'_T = \frac{CpB}{CpсзB} v_{сз}; \quad (35.10)$$

$$v''_T = \frac{CpB}{CpквB} v_{кв}; \quad (35.11)$$

$$v_T = \frac{1}{2} (v'_T + v''_T). \quad (35.12)$$

Значения v'_T и v''_T обычно отличаются одна от другой не более чем на 0,1—0,2 уз, поэтому за искомую скорость можно принять одну из двух первых без осреднения.

Расчеты рекомендуется записывать по схеме:

$h'_{ПВ}$	Из Таблиц приливов	$Cpсз h'_{ПВ}$	Из Таблиц приливов	C	При пользовании постоянными Таблицами приливов
$h''_{ПВ}$	То же	$Cpсз h''_{ПВ}$	То же	N	
$\Sigma 1$		$Cpсз B$		T_N	Поясное время
$h'_{МВ}$	Из Таблиц приливов	$Cpкв h'_{ПВ}$	Из Таблиц приливов	$t'_{ПВ}$	
$h''_{МВ}$	То же	$Cpкв h''_{МВ}$	То же	BЧ	«+» после ПВ, «-» до ПВ

Продолжение

Σ_2	Ср кв В	$v_{сз}$ $v_{кв}$	Из таблицы на карте
$\Sigma_1 - \Sigma_2$	Ср В:Ср сз В	v_T	
Ср В	Ср В:Ср кв В	K_T	Из таблицы на карте

Путевые диаграммы течений дают сведения о течениях на участках рекомендованного пути. По ним можно определить направление и скорость приливо-отливного течения сразу для целого участка пути, а также установить время для наиболее благоприятного выхода из пунктов, указанных на диаграмме.

Для решения таких задач на горизонтальной оси (X) графика (рис. 35.4) построена шкала времени. За нуль шкалы принят момент смены течений у «порта сравнения» диаграммы. Течение, направленное на север (запад), считается приливым, а на юг (восток) — отливным. На вертикальной оси (Y) графика построена шкала расстояний в милях и отмечен ряд промежуточных пунктов на пути от начальной до конечной точки диаграммы. На графике проведены системы параллельных линий: вертикальной оси — через отметки целых часов и горизонтальной — через отметки целых значений миль (на рис. 35.4 — через 20 миль). Эти две системы прямых линий образуют сетку, на которую для промежуточных пунктов по времени нанесены скорости течения. Через точки с нулевыми скоростями от верхней границы графика до его нижней границы проведены кривые, которые отделяют области отливных и приливых течений (на графике заштрихованы). Рядом с диаграммой течений построены линии скорости хода отдельно для кораблей, идущих в направлении приливного течения (на север или запад), и кораблей, следующих в направлении отливного течения (на юг или восток). Углы наклона линий скоростей хода строятся с таким расчетом, чтобы любая из них, перенесенная параллельно самой себе на диаграмму, пересекла нижнюю и верхнюю шкалы времени в точках, разность абсцисс которых была бы равна

$$\Delta x = \Delta t = \frac{S}{V}, \quad (35.13)$$

где S — расстояние между начальной и конечной точками диаграммы, мили;

V — скорость хода корабля, уз.

Пользование диаграммой:

- рассчитать (найти по таблицам) момент поворота течения у «порта сравнения» диаграммы, наиболее близкий к моменту подхода корабля к участку пути, охваченному диаграммой;
- рассчитать разность этих моментов $\pm \Delta t$;

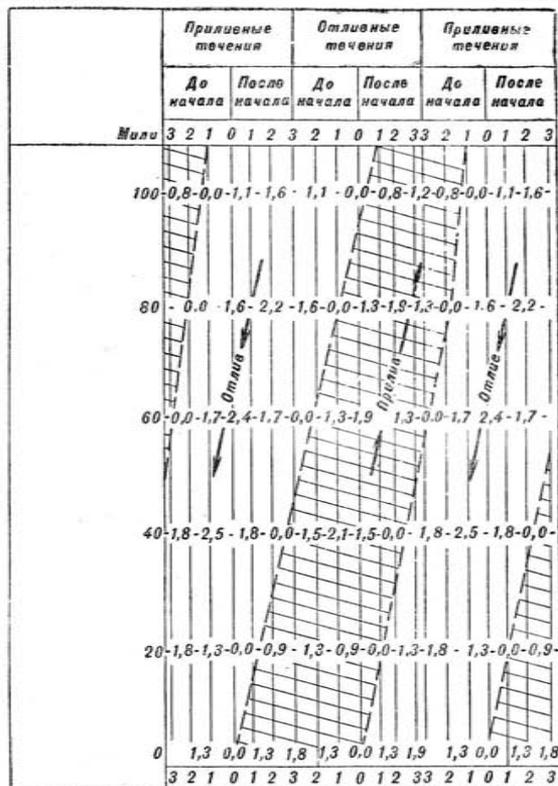


Рис. 35.4

— с помощью параллельной линейки на диаграмму перенести направление соответствующей скорости хода; срез линейки установить против найденной цифры времени до $(-\Delta t)$ или после $(+\Delta t)$ поворота течения в порту сравнения;

— цифры на диаграмме вдоль среза линейки укажут скорости течения на любом отрезке пути.

Определение наиболее благоприятного момента времени выхода:

— с помощью параллельной линейки на диаграмму перенести направление скорости своего хода и установить срез линейки на соответствующем благоприятном участке (заштрихованном или незаштрихованном);

— по горизонтальной шкале у среза линейки прочесть разность моментов $\pm \Delta t$;

— рассчитать момент t_0 поворота течения у порта сравнения, а затем наиболее благоприятный момент времени выхода: $t = t_0 \mp \Delta t$.

Приближенное вычисление элементов ветрового течения в открытом море. 1. Рассчитать скорость поверхностного ветрового течения v_B в уз по формуле

$$v_B = \frac{0,0254U}{\gamma \sin \varphi}, \quad (35.14)$$

где U — скорость ветра, вызвавшего это течение, м/сек;
 φ — широта места, град.

2. Рассчитать скорость ветрового течения на глубине v_H в уз по формуле

$$v_H = v_B \left(1 - \frac{H}{H_{ГЛ}}\right), \quad (35.15)$$

где v_B — скорость поверхностного течения, уз;

H — глубина, для которой определяется течение, м;

$H_{ГЛ}$ — глубина моря в данном районе, м.

3. Определить по табл. 35.3 направление ветрового течения в поверхностном слое (0–10 м).

Таблица 35.3

Угол α между направлениями поверхностного течения и ветра

$H_{ГЛ} : H_{ТР}$	0,1	0,25	0,5	0,7	1,0
α , град	0	22	45	45	45

В таблице α — угол между направлением поверхностного ветрового течения и направлением ветра (в северном полушарии откладывается вправо, а в южном — влево от направления вектора ветра);

$H_{ГЛ}$ — глубина моря, м;

$H_{ТР}$ — глубина трения в м, рассчитываемая по формуле

$$H_{ТР} = \frac{1,6U}{\gamma \sin \varphi}. \quad (35.16)$$

4. Рассчитать направление течения на глубине H с помощью формулы

$$\gamma = 0,6 \frac{H}{v_B}, \quad (35.17)$$

где γ — угол отклонения глубинного ветрового течения относительно его направления в поверхностном слое (в северном полушарии прибавляется к направлению течения, в южном — вычитается), град.

РАЗДЕЛ V
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА
КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ

Глава 36

НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

§ 36.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К техническим средствам кораблевождения (ТСК) относятся приборы и системы, предназначенные для решения различных задач кораблевождения, но главным образом трех основных задач:

— «обычной» навигации, обеспечивающей выход корабля из базы, переход с требуемой точностью в заданный район, вход в базу;

— обеспечения применения оружия;
— обеспечения специальных работ (промер, траление, океанографические работы и т. д.).

Наиболее жесткие требования к точности выработки навигационных параметров предъявляют задачи обеспечения использования современного оружия. В связи с этим корабли оснащены многочисленными и сложными ТСК, подразделяющимися на две группы:

— автономные навигационные приборы и системы, часто сводимые в комплексы;
— радиотехнические средства кораблевождения (РТСК).

К навигационным приборам и системам относятся: магнитные и гиромагнитные (гироиндукционные) компасы; гироскопические компасы; гиросазимуты; гировертикали; лаги; автопрокладчики; эхолоты; астронавигационные системы (оптические и радиосекстан); автоматические рулевые; навигационные автоматы.

К радиотехническим средствам кораблевождения относятся приборы и системы, работающие с приемом излучения от искусственных источников энергии (радиопеленгаторы, радиомаяки, РЛС и т. д.; см. гл. 37).

Современные ТСК обеспечивают плавание во всех широтах и применение оружия в любых условиях.

§ 36.2. МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ. ДЕВИАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Характеристики магнитных компасов. В настоящее время применяются простые (с непосредственным отсчетом) и дистанционные стрелочные магнитные компасы.

Простые магнитные компасы делятся на корабельные, катерные и шлюпочные. Простые компасы в зависимости от диаметра их катушки подразделяются на 127-мм и 75-мм. 127-мм компасы выпускаются в трех вариантах:

- на высоком металлическом нактоузе (высота установки котелка 1268 мм);
- на низком металлическом нактоузе (высота установки котелка 1102 мм);
- на настольной плите.

Таблица 36.1

Комплекты ударостойких 127-мм морских магнитных компасов

№ по пор.	Название прибора	УКП-М1		УКП-М3		УКП-М10	
		Количество	Вес, кг	Количество	Вес, кг	Количество	Вес, кг
1	Котелок	1	8,6	1	8,6	1	8,6
2	Нактоуз высокий	1	48,5	—	—	—	—
3	Нактоуз низкий	—	—	1	46	—	—
4	Плита настольная	—	—	—	—	1	10,7
5	Пеленгатор	1	0,6	1	0,6	1	0,6
6	Колпак защитный	1	3,0	1	3,0	—	—
7	Колпак глухой	—	—	—	—	1	1,7
8	Преобразователь ПО-12Ф или ПО-12АФ	1	4,5	1	4,5	1	4,5
9	Трансформатор	1	5,0	1	5,0	1	5,0

75-мм компасы выпускаются в трех комплектациях: с металлическим нактоузом на колонке; с металлическим нактоузом на кронштейне (для катеров) и в защитном футляре (для шлюпок).

Дистанционные магнитные компасы:

— компасы с оптической передачей показаний типа ГОН и КМО;

— компасы с фотоэлектрической следящей системой типа КМД (компас магнитный дистанционный);

— компасы с электрической следящей системой типа КДЭ (компас дистанционный электролитический);

— компасы гиромагнитные с потенциометрической следящей системой типа ДКГМК-3 (дистанционный катерный гиромагнитный компас).

Таблица 36.2

Основные технические характеристики магнитных и дистанционных магнитных компасов

№ по пор.	Характеристика	Простые компасы					Дистанционные компасы																
		127-ММ		75-ММ		ГОИ-23М	КМО		КМД		КЛЭ	ДКГМК-3											
		6	Топка- шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	2	Топка- шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	4	Топка- шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза- ного спирта	6		Топка- шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	6	Топка- шпилька	Специаль- ный состав жидкости	На шарни- рном под- шипнике					
1	Количество магнитов в магнитной системе ЧЗ	6	Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	2	Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	4	Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта	6	Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта	6	Топка-шпилька	Специальный состав жидкости	2	На шарнирном подшипнике	Азот	
2	Механический подвес ЧЗ		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Специальный состав жидкости		7° на стоянке, 1° на ходу	Потенциометрическая	Магнитно-электрический
3	Среда, заполняющая котелок или магнитный датчик		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Специальный состав жидкости				
4	Допустимый застой ЧЗ, град		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Специальный состав жидкости				
5	Тип следящей системы		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Специальный состав жидкости				
6	Тип усилителя		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Лигронн	0,2	Топка-шпилька	64%-ный водный раствор гидролиза-ного спирта		Топка-шпилька	43%-ный водный раствор этилового спирта		Топка-шпилька	Специальный состав жидкости				

Продолжение

№ по пор.	Характеристика	Простые компасы					Дистанционные компасы					
		127-ММ		75-ММ		ГОИ-23М	КМО		КМД		КЛЭ	ДКГМК-3
		Нет	Всех видов девиации	Нет	Всех видов девиации	Оптическая	Всех видов девиации	Оптическая	Синхронная на постоянном токе	Синхронная на переменном токе	Потенциометрическая	
7	Тип дистанционной передачи	Нет	Всех видов девиации	Нет	Всех видов девиации	Оптическая	Всех видов девиации	Оптическая	Синхронная на постоянном токе	Синхронная на переменном токе	Потенциометрическая	
8	Количество репитеров	*	Всех видов девиации	*	Всех видов девиации	1	Всех видов девиации	1	4	4-6	2	
9	Цена деления шкалы репитера, град	1	Всех видов девиации	—	Всех видов девиации	1	Всех видов девиации	1	1	1	2	
10	Устройство для компенсации девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Всех видов девиации	Полукруговой девиации до 15°	
11	Устройство для компенсации электромагнитной девиации	Имеет в зависимости от типа РУ	Нет	Нет	Имеет высокое вольтное	Нет	Имеет высокое вольтное	Имеет в зависимости от типа РУ	Имеет в зависимости от типа РУ	Имеет в зависимости от типа РУ	Нет	
12	Допустимые рабочие пределы температуры компаса, °С	От -36 до +50	От -20 до +40	От -20 до +40	От -40 до +60	От -25 до +50	От -40 до +60	От -26 до +50	От -30 до +50	От -30 до +50	От -30 до +60	

Продолжение

№ по пор.	Характеристика	Простые компасы			Дистанционные компасы			
		127-мм	75-мм	ГОИ-23М	КМО	КМД	КДЭ	
13	Род тока и напряжение питания	Переменный ток от УДФормера 6, 12, 24 в	Переменный ток от УДФормера 6, 12, 24 в	Переменный ток 12 в	127 или 220 в (звонный 24 в)	Постоянный ток 220 в	110/220 в, 500 гц	Постоянный ток 27 в, переменный ток 36 в, 400 гц, 100
14	Потребляемая мощность, вт	12	5	55	60 (65 вв) и 80 вт каждая группа КУС	300—400	200	42 без соединительных кабелей
15	Вес комплекта, кг	67—70	Котелок 1,5, шлюпочный 4,2	250	140—115	300	75—200	
16	Средняя квадратическая погрешность компасного курса (в град): — при штиле — при качке (волнение 3—5 баллов) Готовность к использованию	$\pm 0,3$ $\pm 1,5$	$\pm 0,6$ $\pm 1,9$	$\pm 0,3$ $\pm 1,5$	$\pm 0,3$ $\pm 1,6$	$\pm 0,5$ $\pm 1,7$	$\pm 0,5$ $\pm 1,7$	$\pm 0,8$ $\pm 0,9$
17		Постоян.	Постоян.	Постоян.	Постоян.	2 мин	5 мин	1—3 мин в зависимости от температуры

Таблица 36.3

Погрешности магнитных компасов

№ по пор.	Погрешность	Причины появления и изменения погрешности	Характер погрешности. ее влияние на отчет курса и пеленга. Возможная величина погрешности	Меры по предупреждению появления и уменьшению влияния погрешности
1	Погрешность от застоя картушки	1. Трение в подвесе между топкой и шпилькой. 2. Изменение зазора вызывается изменением трениях поверхности топки и шпильки, несправностями толки и шпильки, изменением магнитного момента картушки и напряженности магнитного поля в месте установки компаса	Случайная; входит в отчет курса и пеленга. Для 127-мм компаса: а) для северных морей $\pm 0,2^\circ$; б) для южных морей $\pm 0,1^\circ$. Допустимый угол застоя у других компасов приведен в табл. 36.2	1. Экспериментальная проверка угла застоя при береговых наблюдениях (табл. 36.4) 2. Применение специальных вибрирующих устройств у ДКГМК-3
2	Погрешность от увлечения ЧЭ компаса жидкостью или трением в подвесе	1. Вязкость компасной жидкости. 2. Повороты корабля, рысканье. 3. Изменяется с переменной магнитной широты, температурой жидкости, магнитного момента и угловой скорости изменения курса	Систематическая; входит в отчеты курса и пеленга. Может достигать от 1—2 до нескольких десятков градусов в зависимости от типа компаса	1. Не снимать отсчеты курса и пеленга при изменении кораблем курса. 2. После изменения курса выждать 30—60 сек. 3. Нажимать кнопку согласования репитеров у ДКГМК-3

Продолжение

№ по пор.	Погрешность	Причины появления и изменения погрешности	Характер погрешности, ее влияние на отсчет курса и пеленга. Возможная величина погрешности	Меры по предупреждению появления и уменьшению влияния погрешности
3	Погрешность от негоризонтального положения азимутального круга котелка	Неуравновешен котелок компаса. Требования: 1. Горизонтальность азимутального круга должна сохраняться с точностью 0,5° при любом положении пеленгатора. 2. При установке дефлектора горизонтальность должна сохраняться с точностью $\pm 1^\circ$.	Систематическая; вызывает погрешности в отсчетах курса и пеленга. Может быть значительной	В случае невозможности устранения дефекта котелок сдается в ремонт
4	Погрешность от эксцентриситета пеленгатора	Расстройство пеленгатора	Ошибка полукругового характера в пеленгах и курсовых углах на визуальный объект. Допустимая разность отсчетов по азимутальному кругу котелка по главному и вспомогательному индексам $180 \pm 0,2^\circ$	1. Экспериментальная проверка (табл. 36.4). 2. Неисправный пеленгатор сдается в ремонт

Продолжение

№ по пор.	Погрешность	Причины появления и изменения погрешности	Характер погрешности, ее влияние на отсчет курса и пеленга. Возможная величина погрешности	Меры по предупреждению появления и уменьшению влияния погрешности
5	Погрешность от неправильной установки призмы пеленгатора	Наклон или смещение призмы глазной мишени пеленгатора	Систематическая; входит в отсчет пеленга. Может быть значительной	1. У обкомованного пеленгатора проверяется и исправляется положение призм в корабельных условиях.
6	Погрешность от неправильной установки откидного зеркала	Неперпендикулярность плоскости откидного зеркала видимой плоскости пеленгатора	Систематическая; входит в отсчет пеленга. С увеличением высоты светла погрешность увеличивается пропорционально \sqrt{h} . Может быть значительной	2. Оптический пеленгатор сдается в ремонт
7	Погрешность от неточной установки котелка в диаметральной плоскости котелка рабля	1. Неточная установка котелка в шейке нактоуза. 2. Поворот верхнего основания (шейки) котелка относительно нактоуза. 3. Неточное положение нактоуза в диаметральной плоскости корабля	Систематическая; входит в отсчет курса и не учитывается таблицей девиации. Может быть значительной	Проверка и исправление положения зеркала с помощью отвеса на берегу (табл. 36.4) Погрешность определяется сравнением численных курсовых углов на специальные корабельные марки с измеренными.

Продолжение

№ по пор.	Погрешность	Причины появления и изменения погрешности	Характер погрешности, ее влияние на отсчет курса и пеленга. Возможная величина погрешности	Меры по предупреждению появления и уменьшению влияния погрешности
8	Карданная погрешность ДКГМК-3	При крене корабля происходит дополнительное смещение шесток по поверхности гироагрегата	Систематическая; появляется в локальных репитеров. Может достигать значительной величины в зависимости от угла крена: при крене 10° — до $\pm 0,5^\circ$, при крене 20° — до $\pm 2,8^\circ$	Погрешность выбирается вместе с пружинным подвесом в сторону, обратную погрешности. Можно снизить уменьшением крена
9	Погрешность по тенциометрической передаче ДКГМК-3	1. Несоответствие электрических параметров потенциометров датчика и приемника расчетным значениям. 2. Нарушение взаимосвязанности изменений напряжений в трех фазах ста-	Систематическая; входит в отсчеты курса и пеленга. Погрешность не должна превышать: а) статическая $\pm 1^\circ$; б) динамическая $\pm 5-6^\circ$; в) средняя $\pm 2^\circ$.	1. Поддержание нормальных условий работы комплекса (напряжение, частота тока, температура). 2. Периодические проверки дистанционной передачи

Продолжение

№ по пор.	Погрешность	Причины появления и изменения погрешности	Характер погрешности, ее влияние на отсчет курса и пеленга. Возможная величина погрешности	Меры по предупреждению появления и уменьшению влияния погрешности
10	Погрешность самосинхронизирующейся сельсинной передачи на переменном токе	торных обмоток репитеров. Изменяется с изменением температуры, напряжения и частоты питающего тока и от чувствительности усилителя Трение на оси ротора, эксцентриситет и несбалансированность ротора, технологические допуски на изготовленные и сборку репитеров. Зависит от изменения напряжения и частоты питающего тока, а также от температуры окружающего воздуха	Изменение погрешности при изменении напряжения источника на $10\% \pm 1^\circ$ Случайная; входит в отсчеты курса и пеленга. Погрешность не должна превышать: а) статическая $\pm 1,5^\circ$; б) динамическая $\pm 4^\circ$; в) средняя $\pm 2^\circ$. Изменение погрешности от изменения напряжения источника на $10\% \pm 1^\circ$	1. Поддержание номинальных значений напряжения, частоты питающего тока, температуры. 2. Периодические проверки точности дистанционной передачи и устранение неисправностей

Таблица 36.4
Проверки магнитных компасов, выполняемые на берегу и корабле

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
1	Проверка картушки на застой (выполняется во время береговых наблюдений)	Застой картушки 127-мм компаса не должен превышать $\pm 0,2^\circ$ при $H = 0,05$ и $+15^\circ$ для северных морей и $\pm 0,1^\circ$ для южных морей	1. Установить котелок в вилку треноги, поставить пеленгатор на отсчет 0 по азимутальному кругу котелка и, вращая вилку треноги, подвести отсчет 180° картушки под призму пеленгатора. 2. Поднося магнит-ускоритель к котелку, отклонить картушку на $1-2^\circ$ вправо (затем влево) и заметить два отсчета по картушке. 3. Разность отсчетов даст угол застоя. 4. Если угол застоя превышает для северных морей $\pm 0,2^\circ$, а для южных морей $\pm 0,1^\circ$, то шпильку заменяют новой и повторяют проверку. Если застой вновь превышает допустимую величину, котелок сдают в ремонт.
2	Проверка положения призмы пеленгатора (выполняется во время береговых наблюдений, перед каждым выходом корабля в море и систематически во время плавания)	При установке пеленгатора на отсчет 180° по азимутальному кругу котелка изображение носовой курсовой черты в призме должно совпадать с продолжением нити предметной мишени	1. Установить пеленгатор на отсчет 180° по азимутальному кругу котелка и закрепить его зажимным винтом. 2. Смотря в призму, проверить, совпадает ли изображение носовой курсовой черты с продолжением нити предметной мишени.

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
3	Проверка визирной плоскости и зеркала пеленгатора (выполняется на берегу и корабле)	1. Линия отвеса, помещенного в 3-5 м от котелка компаса, должна находиться в одной плоскости с прорезью глазной мишени и нитью предметной мишени. 2. При вращении зеркала вокруг своей оси отраженное от него изображение отвеса должно совпадать с видимой линией отвеса	3. Если нити смещены параллельно, отдалить два винта, крепящие глазную мишень к основанию пеленгатора. И, поворачивая ее, добиться совпадения нитей. 4. Если наблюдается излом нитей, то отдалить три винта из четырех, крепящих призмную коробку, поворачивая призмную коробку, добиваясь совпадения изображения нитей Первая проверка: 1. Навести пеленгатор на линию отвеса и убедиться, что линия отвеса находится в одной плоскости с прорезью глазной мишени и нитью предметной мишени. 2. При несоответствии указанного в п. 1 требования отдалить винты, крепящие мишень к пеленгатору, и подложить кусочек фольги. Вторая проверка: 1. Вращая зеркало вокруг своей оси, пеленговать отвес и наблюдать за совпадением прямовидного и отраженного изображений отвеса.

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
4	Проверка общей ошибки котелка и пеленгатора (выполняется на берегу)	Пеленги на отдаленный предмет, взятые по катушке компаса, не должны отличаться друг от друга более чем на $0,3^\circ$ при любых положениях пеленгатора на азимутальном круге котелка	<p>2. При несоблюдении указанного в п. 2 требования отжать винты, крепящие зеркало к мишени, и добиться его выполнения</p> <p>1. Установить котелок с пеленгатором в видку треноги.</p> <p>2. Установить пеленгатор на отсчет 0 по азимутальному кругу и, поворачивая видку треноги, навести пеленгатор на удаленный предмет.</p> <p>3. Выждать, когда катушка успокоится, и взять отсчет по катушке компаса.</p> <p>4. Установившая пеленгатор на отсчеты 45, 90, 135, 180, 225, 270 и 315° по азимутальному кругу котелка и пеленгуя тот же удаленный предмет, взять еще 7 пеленгов.</p> <p>5. Рассчитать средний компасный пеленг и сравнить с ним взятые пеленги.</p> <p>6. Если некоторые из взятых пеленгов отличаются от среднего больше чем на $\pm 0,15^\circ$, то котелок сдают в ремонт. Разрешается таковой котелок использовать у путевых компасов</p>

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
5	Подгонка пеленгатора к полученному дефлектору (выполняется на берегу)	Магнитная ось измерителя магнита дефлектора должна совпадать с визирной плоскостью пеленгатора	<p>Первая проверка:</p> <p>1. Установить котелок компаса в видку треноги, а пеленгатор — на отсчет 0 по азимутальному кругу и, поворачивая видку, подвести под призму отсчет 180° катушки.</p> <p>2. Измерить горизонтальную силу H.</p> <p>3. Не снимая дефлектор, установить движок с измерительным магнитом на отсчет $\frac{2}{3}H$ по шкале дефлектора и устроить вспомогательный магнит.</p> <p>4. Через призму взять отсчет, который должен быть в пределах $180 \pm 1^\circ$.</p> <p>5. Если отсчет, взятый по катушке компаса, отличается от 180° больше чем на $\pm 1^\circ$, то отдают винты чашки пеленгатора и поворачивают чашку вместе с дефлектором в сторону отклонения катушки, добываясь отсчета $180 \pm 1^\circ$.</p> <p>Вторая проверка (приближенная):</p> <p>1. Опустить измерительный магнит дефлектора в нижнее положение; установить дефлектор на чашку пеленгатора так, чтобы северный полюс измерительного магнита был обращен в сторону предметной мишени.</p>

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
6	Регулировка высоты чашки пеленгатора (выполняется на берегу)	Сила H , измеренная дефлектором на котелке главного компаса, должна быть равна силе H , измеренной этим же дефлектором на нормальном котелке, находящемся в гидрографической службе, а сила H , измеренная на котелке путевого компаса, должна быть равна силе H , измеренной на котелке главного компаса, но в дефлекторных единицах	<p>2. Смотря на нижнюю поверхность магнита, проверить совпадение отраженного изображения нити предметной мишени с продольной осью симметрии магнита.</p> <p>3. В случае несопадения изображения нити с продольной осью симметрии магнита отдают три винта у основания чашки пеленгатора и действуют, как указано выше</p> <p>1. Измерить горизонтальную составляющую земного магнетизма и сравнить ее с нормальным значением H.</p> <p>2. Если отсчет силы H отличается от нормального на величину более 5 д. е., то специальным ключом изменить высоту чашки пеленгатора</p>

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
7	Регулировка кручения нити наклонной катушки (выполняется на берегу)	Разность отсчетов вертикальных сил Z_1 и Z_2 измеренные дефлектором до и после перематывания стрелок, должна быть не более 5 д. е.	<p>1. Измерить вертикальную силу Z_1.</p> <p>2. Положить наклонную катушку в футляр и перематывать стрелки катушки магнитами для перематывания.</p> <p>3. Установить наклонную катушку в котелок и измерить силу Z_2.</p> <p>4. Найти разность $Z_1 - Z_2$.</p> <p>5. Если $Z_1 - Z_2 > 5$ д. е., то:</p> <p>а) рассчитать средний отсчет $Z_3 = \frac{Z_1 + Z_2}{2}$;</p> <p>б) на этом отсчете установить движок с измерительным магнитом;</p> <p>в) заметить, в какую сторону наклонились стрелки;</p> <p>г) вынуть катушку и, вращая на одинаковые углы головки барашков, подкрутить нити в нужную сторону;</p> <p>д) поместить катушку в котелок и проверить горизонтальность стрелок. Работу проводить последовательным приближением;</p>

Продолжение

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
8	Проверка чувствительности наклонной катушки (выполняется на берегу)	При изменении положения измерительного магнита на ± 25 д. е. относительно отсчета измеренной им вертикальной силы стрелки наклонной катушки должны коснуться нижнего опорного кольца катушки	е) когда на отсчете Z_3 стрелки будут горизонтальны, снять наклонную катушку и снова переманитить стрелки; измерить силу Z_4 . Разность $Z_3 - Z_4$ должна быть < 5 д. е.; в противном случае работу продолжить 1. Измерить вертикальную силу Z_3 . 2. Передвинуть движок с измерительным магнитом вверх на 25 д. е., при этом северные концы стрелок должны коснуться нижнего опорного кольца. 3. Передвинуть движок с измерительным магнитом на 50 д. е. вниз относительно последнего отсчета, при этом южные концы стрелок должны коснуться нижнего опорного кольца катушки. 4. Если указанное условие не выполняется, то наклонную катушку сдать в ремонт 1. Измерить силы Z и H (если последняя не была измерена ранее). 2. Вычислить отношение $tg \theta = \frac{Z}{H}$. 3. Сравнить полученную величину с величиной $tg \theta$, выбранной из
9	Регулировка высоты чашки кренового котелка (выполняется на берегу)	Величина измеренной вертикальной силы в д. е. должна быть такой, чтобы отношение $\frac{Z}{H} = tg \theta$, где θ — угол наклонения в данном месте	

Продолжение

№ по пор.	Вид проверки	Требования и условия	Проверки и устранение дефектов
10	Проверка установки нактоуза главного компаса, магнитов и мягкого железа	Визирная плоскость переленгатора, установленного на отсчет 0 по азимутальному кругу, должна проходить через гюйб-шток, форштаг или ось симметрии другого предмета, находящегося в диаметральной плоскости корабля	каталога магнитных элементов, рассчитанной по углу θ , снятому с магнитной карты, или известной в гидрографической службе. 4. Рассчитать $Z_p = H tg \theta$. 5. Изменить высоту чашки так, чтобы измеренная сила Z равнялась Z_p с точностью ± 5 д. е. 1. Проверить положение шейки нактоуза по риске, нанесенной на ней (риска шейки должна совпасть с риской, нанесенной на плите верхнего основания). 2. Если шейка сдвинута, то вынуть котелок, ослабить три винта, крепящие шейку к нактоузу, и повернуть ее до совмещения рисок. 3. Проверить установку нактоуза. 4. Если шейка на месте, то ослабить болты, крепящие лапки нактоуза к подушке, и правильно установить нактоуз. 5. Проверить соответствие положения мягкого железа и магнитов-уничтожителей в нактоузе записям в компасном журнале или в записной книжке дежуратора. 6. Установить необходимое мягкое железо и магниты-уничтожители согласно записи

Компенсация девиации магнитных компасов. В зависимости от происхождения девиацию подразделяют на два вида:

- ферромагнитную — происходит от магнитных полей намагниченных корабельных ферроматериалов;
- электромагнитную — происходит от действия магнитного поля корабельных источников, питаемых постоянным током (размагничивающие устройства, аккумуляторные батареи и др.).

Результирующую девиацию, происходящую от магнитных полей корабельных ферроматериалов и источников постоянного тока, обычно называют просто девиацией.

В зависимости от характера девиацию подразделяют на постоянную, полукруговую, четвертную и креновую. Различные по происхождению и характеру составляющие результирующей девиации компенсируют раздельно в следующем порядке:

- приближенно компенсируются: полукруговая и креновая девиации;
- компенсируется четвертная девиация;
- компенсируется электромагнитная девиация;
- окончательно компенсируются креновая и полукруговая девиации;
- определяется остаточная девиация и вычисляется таблица девиации.

Компенсация креновой девиации, если позволяют магнитные условия, выполняется на стоянке (у пирса, на бочках) или на ходу. На ходу корабль должен удерживаться на курсе с точностью до $2-3^\circ$.

Компенсация креновой девиации при создании дифферента (применяется на подводных лодках):

1. Привести корабль на $KK = 90^\circ$ (или 270°) и взять пеленг отдаленного предмета ($KП = 86^\circ$).
2. Создать дифферент на нос (порядка 10°) и снова взять пеленг того же предмета. Если пеленг изменился ($KП = 80^\circ$), то, перемещая креновой магнит, довести его до прежнего значения ($KП = 86^\circ$).
3. Создать такой же дифферент на корму и взять пеленг того же отдаленного предмета. Если пеленг изменился ($KП = 87^\circ$), то, перемещая креновой магнит, довести пеленг до среднего значения ($KП = 86,5^\circ$).
4. Вывернуть корабль и для контроля взять пеленг на отдаленный предмет. Пеленг должен равняться среднему значению ($KП = 86,5^\circ$).
5. Закрепить креновой магнит и записать его положение.

Компенсация креновой девиации при создании крена (порядка 10°) выполняется аналогично, но на $KK = 0$ (или 180°) (применяется на подводных лодках, малых кораблях, катерах).

Компенсация креновой девиации в прямом положении корабля (применяется на больших и средних надводных кораблях):

1. Привести корабль на $MK = 90^\circ$ (или 270°).
2. Заменить корабельный котелок креновым. Поместить в креновой котелок наклонную картушку и установить на крышку котелка дефлектор, вооруженный для измерения вертикальных сил.
3. Рассчитать λZ (Z берется из береговых наблюдений) и установить на этот отсчет измерительный магнит дефлектора.
4. Перемещая креновой магнит, привести стрелки наклонной картушки в горизонтальное положение.
5. Снять дефлектор. Записать отсчет положения кренового магнита.

Компенсация полукруговой девиации точными способами (величина остаточной полукруговой девиации у опытного штурмана обычно не превышает $0,5-1^\circ$):

- способ четырех главных магнитных курсов (способ средней девиации, способ Эри);
- способ четырех сил (способ четырех главных компасных курсов, способ Колонга);
- способ магнитных курсов 90 и 270° ;
- способ двух обратных магнитных курсов.

Компенсация полукруговой девиации приближенными способами (остаточная девиация $2-3^\circ$):

- способ среднего курса (способ четырех попарно противоположных магнитных курсов, близких к главным магнитным);
- способ одного магнитного курса;
- способ двух взаимно перпендикулярных главных магнитных курсов (способ пол-Эри);
- способ двух сил (способ пол-Колонга);
- способ четырех компасных пеленгов и др.

Способ четырех главных магнитных курсов (средней девиации):

1. Привести корабль на $MK = 0$ (или 180°) и поперечными магнитами-уничтожителями довести девиацию до нуля.
2. Привести корабль на $MK = 180^\circ$ (или 0), определить девиацию и, действуя теми же поперечными магнитами-уничтожителями, довести девиацию до половины ее значения.
3. Привести корабль на $MK = 90^\circ$ (или 270°) и продольными магнитами довести девиацию до нуля.
4. Привести корабль на $MK = 270^\circ$ (или 90°), определить девиацию и продольными магнитами довести девиацию до половины ее значения.

Способы приведения корабля на заданный магнитный курс:

- по данным системы курсоуказания, гирокомпасу или гироазимуту;
- по рассчитанному курсовому углу предмета;
- способ последовательного приближения (с компенсацией или без компенсации девиации).

Способ среднего курса:

1. Привести корабль на $KKMK_1 = 0$ (или 180°) по магнитному компасу и заметить курс по гирокомпасу $KKГК_1$.
2. Привести корабль на обратный курс по гирокомпасу $KKГК_2 = KKГК_1 + 180^\circ$ и заметить курс по магнитному компасу $KKMK_2$. Если компасный курс по магнитному компасу отличается от 180° (или 0), то поперечными магнитами довести курс до среднего значения $\frac{180 + KKMK_2}{2}$ (или $\frac{0 + KKMK_2}{2}$).

3. Привести корабль на $KKMK_3 = 90^\circ$ (или 270°) и заметить курс по гирокомпасу $KKГК_3$.
4. Привести корабль на обратный курс по гирокомпасу $KKГК_4 = KKГК_3 + 180^\circ$ и заметить курс по магнитному компасу $KKMK_4$. Если курс по магнитному компасу отличается от 270° (или 90°), то продольными магнитами довести его до среднего значения $\frac{270 + KKMK_4}{2}$ (или $\frac{90 + KKMK_4}{2}$).

5. При компенсации значительной по величине девиации рекомендуется компенсацию повторить на первых двух курсах (второе приближение).

Способы приведения корабля на противоположный курс:

- по данным системы курсоуказания, гирокомпасу, гиросимуту;
- по створу;
- по рассчитанному курсовому углу предмета;
- по сабей кильватерной струе.

Компенсация электромагнитной девиации. Электромагнитная девиация компенсируется при стоянке корабля у стенки на швартовах (когда нет вблизи кораблей, железных масс и источников электромагнитных полей) и на ходу корабля. Предпочтительнее компенсировать электромагнитную девиацию при стоянке корабля на швартовах способом двух искусственных главных компасных курсов.

Перед выполнением девиационных работ заблаговременно включается источник электромагнитной девиации, чтобы кабельные обмотки и элементы схемы КУС приняли нормальный тепловой режим. При компенсации девиации сила тока каждого источника должна быть наибольшей.

Главные компасные курсы можно создавать искусственно с помощью:

— дефлектора, измеряя проекции горизонтальной магнитной силы;

— вспомогательного магнита, имеющего небольшой магнитный момент (магнита-успокоителя), помещаемого на подставке на стекле корабельного котелка или на шейке нактоуза;

— магнитов-уничтожителей девиационного прибора.

Первый из указанных способов предпочтительнее остальных.

Перед началом девиационных работ рекомендуется сделать рисунок, найтив направления проекций x' и y' горизонтальной силы H' (рис. 36.1) и определить отсчеты картушки (90 или 270°), которые должны подойти под призму после включения источника электромагнитной девиации при доведении продольной проекции $x' + x_e$ до величины x' и поперечной проекции $y' + y_e$ до величины y' .

Компенсация электромагнитной девиации при наличии трех источников с различными режимами токов в них:

1. Выключить источники электромагнитной девиации (если они были включены). На место корабельного котелка установить креновой котелок с наклонной картушкой, а на чашку пеленгатора — дефлектор, вооруженный для измерения вертикальных сил, и, передвигая измерительный магнит, привести стрелки наклонной картушки в горизонтальное положение.

2. Включить первый источник и наблюдать за наклонной картушкой. При отклонении стрелок наклонной картушки от горизонтального положения регулировать ток потенциометром Z источника и привести стрелки наклонной картушки в горизонтальное положение.

3. Не выключая ток в первом источнике, включить второй источник и установить максимальную силу тока в нем. Если стрелки картушки наклонились, то, регулируя ток потенциометром Z этого источника, привести их в горизонтальное положение.

4. Включить второй источник и включить третий (с максимальной силой тока в нем). При отклонении стрелок картушки от горизонтального положения регулировать ток потенциометром Z этого источника и привести их в горизонтальное положение.

5. Выключить все источники электромагнитной девиации.

6. Заменить креновой котелок корабельным. С помощью дефлектора, измеряя поперечную проекцию (или другим способом), искусственно создать компасный курс 0 (или 180°).

7. Включить первый источник с максимальной силой тока в нем и наблюдать за поведением картушки компаса. Если отсчет курса изменился, то, регулируя ток потенциометром Y первого источника, вернуть картушку на отсчет 0 (или 180°).

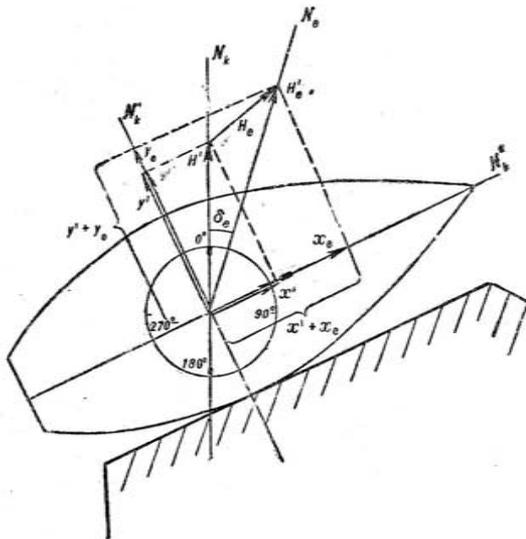


Рис. 36.1

8. Дополнительно включить второй источник с максимальной силой тока в нем. Если отсчет курса изменился, то, регулируя ток потенциометром Y второго источника, вернуть картушку на прежний отсчет 0 (или 180°).

9. Выключить второй источник и включить третий с максимальной силой тока в нем. Если отсчет курса по картушке изменился, то, регулируя ток потенциометром Y третьего источника, привести картушку на прежний отсчет.

10. Выключить все источники электромагнитной девиации.

11. С помощью дефлектора, измеряя продольную проекцию (или другим способом), искусственно создать компасный курс 90° (или 270°).

12. Включить первый источник с максимальной силой тока в нем. Если отсчет курса изменился, то, регулируя ток потенциометром X первого источника, привести картушку на прежний отсчет 90° (или 270°).

13. Дополнительно включить второй источник с максимальной силой тока в нем. Если отсчет курса изменится, то, регулируя ток потенциометром X второго источника, привести картушку на прежний отсчет 90° (или 270°).

14. Выключить второй источник и включить третий с максимальной силой тока в нем. Если отсчет курса изменится, то, регулируя ток потенциометром X третьего источника, привести картушку на прежний отсчет.

Электромагнитная девиация компенсирована.

Рекомендации по определению остаточной девиации и вычислению таблицы девиации. При подготовке к выполнению работ по компенсации девиации и определению остаточной девиации необходимо:

— выбрать район проведения девиационных работ и составить проект маневрирования с таким расчетом, чтобы корабль лежал на каждом курсе до момента пеленгования 2–3 мин;

— закрепить по-походному все подвижное корабельное железо (краны, стрелы, катера, орудия и т. д.);

— выполнить одну — две циркуляции на переменных скоростях (после длительной стоянки);

— проверить положение мягкого железа снабжения, магнитов-уничтожителей, индукционных пластин и совпадение рисок верхнего основания (шейки) и нактоуза;

— проверить положение призмы пеленгатора по носовой курсовой черте котелка компаса.

После компенсации определить девиацию на восьми равноотстоящих курсах ($0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315^\circ$) или, как исключение, на пяти равноотстоящих курсах ($0, 72, 144, 216, 288^\circ$).

Девиацию определяют:

— на ходу, приводя последовательно корабль на курсы в соответствии с проектом маневрирования (рекомендуется в первую очередь);

— без хода, разворачивая корабль на курсы с помощью буксира или концов;

— на медленной циркуляции, выполняемой вокруг бочки с помощью буксира.

Остаточную девиацию определяют с включенным и выключенным размагничивающим устройством. Таблица остаточной девиации вычисляется в записной книжке девиатора и во второй части компасного журнала (на кораблях, где он сохранился). Для контроля правильности вычисления таблицы девиации необходимо:

— рассчитать абсолютные величины разностей наблюдаемых и вычисленных девиаций ($\delta_N - \delta_B$) для главных и четвертных курсов;

— построить на миллиметровой бумаге график остаточной девиации.

Разности ($\delta_N - \delta_B$) не должны превышать установленных норм. Если хотя бы одна из разностей превышает норму, девиацию следует определить повторно.

Основные правила обращения с магнитными компасами:

— при всяком удобном случае определить поправку компаса, рассчитать девиацию и сличить ее с табличной;

— уничтожить магнитную или электромагнитную девиацию, если она превышает установленную норму;

— при снятии отсчетов курсов или пеленгов с картушек магнитных компасов не иметь при себе железных предметов;

— перед пеленгованием проверить по носовой курсовой черте котелка положение призмы пеленгатора;

— во время пеленгования следить за горизонтальным положением азимутального круга котелка;

— магниты укладывать разноименными полюсами в одну сторону, не класть их рядом с дефлектором или картушками;

— если при работе дефлекторный магнит упал, то работу необходимо начать сначала;

— картушку с наклонными стрелками брать только за алюминиевые радиусы (за точку брать запрещается);

— перед установкой картушки с наклонными стрелками в креновый котелок картушку вынимать из футляра в непосредственной близости от котелка компаса;

— не трогать острие компасной шпильки пальцами;

— металлические части компаса внутри и снаружи нактоуза, а также магниты должны быть смазаны тонким слоем вазелина;

— не держать приборов магнитных компасов в помещениях с температурой более $+50^\circ\text{C}$.

§ 36.3. ГИРОКОМПАСЫ

На кораблях применяются гирокомпасы типа «Курс», «Гиря» и «Амур», а на судах морского флота, кроме того, гирокомпасы МГК.

Таблица 36.5

Состав комплекта гирокомпаса «Курс-4»

№ по пор.	Наименование прибора	Марка прибора	Количество
1	Основной прибор	1М	1
2	Выключатель затухания	17	1
3	Дающий своего поворота	5	1
4	Прибор управления кор- ректором	29	1
5	Переключатель питания	2	1
6	Коробка с предохраните- лями	ШБ-1	1
7	Пусковой прибор	4Д	1
8	Агрегат питания	18	1

Продолжение

№ по пор.	Наименование прибора	Марка прибора	Количество
9	Ревун с сигнальной лампой	10, 10М	2
10	Сигнальная лампа	14	1
11	Курсограф	23А	1
12	Ящики с запасными частями и инструментами	25Б, III-2Ш, III-III	1
13	Магнитный усилитель	8К ₁ , 8К ₂	Количество и тип определяются проектом корабля
14	Трансляционный прибор	3К ₂ , 3К ₃ , 3К ₅	То же
15	Трансляционно-усилительный прибор	9Б	"
16	Коробка с амперметрами	6	"
17	Штурманский пульт	34, 34Н	"
18	Пеленгаторный репитер	19А	"
19	Путевой репитер	33	"
20	Настенный репитер	38, 38А	"
21	Пелорус	20А	"
22	Двурогий подвес	21А, 35А	"
23	Переключатель репитеров	32	"
24	Переходный прибор	27	"
25	Коробка с защитными устройствами	3У	"
26	Разветвительная коробка	15, 15А, ПБ-1, III-1	"
27	Помпа охлаждения	12	"
28	Пеленгатор	22А	"
29	Пеленгатор оптический	ПКК-2	"

Таблица 36.6
Состав комплектов гироскопов «Гири-М» «Гири-МК» и «Амур»

№ по пор.	Наименование прибора	Гироскоп «Гири-М»		Гироскоп «Гири-МК»		Гироскоп «Амур»	
		Марка прибора	Количество	Марка прибора	Количество	Марка прибора	Количество
1	Основной прибор	1ГМ	1	1ГМ	1	1А (включает в себя все системы и приборы управления и контроля)	1
2	Трансляционный прибор	4М	1	3М	1	1	1
3				4М	1		
4	Пусковое устройство	6М	1	4М	1	1	1
5				8М	1		
6	Контрольно-сигнальный прибор	8М	1	8М	1	1	1
7				12М	1		
8	Усилитель	17М	1	17М	1	1	1
9				15М, II-1	1		
	Помпа охлаждения	15М, II-1	1	В зависимости от проекта корабля			
				19М, 19М	1	19К	1
	Выключатель загущания	19М, 19М	1	То же			
				19К	1	19Р	1
	Разветвительная коробка	33К	1	То же			
				38К	1		1
	Репитеры: малогабаритные пеленгаторные	38Г	1	То же			
					1		1
	облегченные с подвесом	38Г	1	То же			
					1		1
	настенные	38Г	1	То же			
					1		1

№ по пор.	Наименование прибора	Гироскопас «Гиря-М»		Гироскопас «Гиря-МК»		Гироскопас «Амур»	
		Марка прибора	Количество	Марка прибора	Количество	Марка прибора	Количество
10	Пелорус	20К	1	В зависимости от проекта корабля	1	20К	В зависимости от проекта корабля
11	Двурукие подвесы: простой с карданом	21М, 21К 35М, 35К	1	То же	1	21Р 21К	То же
12	Пеленгаторы: визуальный оптический	22М, 22А ПК-2	1	"	1	21А ПК-2	"
13	Курсограф	23М, 23А 27М	1	23М, 23А 27Г	1	23М	1
14	Переходный прибор	АМГ-10	1	В зависимости от проекта корабля	1	АМГ-10	1
15	Агрегат питания	РОМ-10	1	То же	1	РОМ-10	1
16	Магнитный регулятор оборотов	АМГ-202	1	То же	1	25Р	1
17	Агрегат питания	25М	1	"	1	"	1
18	Шкаф с запасными частями и инструментами	—	1	"	1	—	1
19	Планшет для таблиц углов	—	1	"	1	—	1

Включение и выключение гироскопасов. Существует ускоренный и обычный пуск гироскопасов.

Ускоренный пуск:

1. Осмотреть снаружи гироскопас, убедиться в целостности предохранителей, чистоте коллектора, контактных колец и в свободном движении колец карданного подвеса.

2. Проверить уровень поддерживающей жидкости в резервуаре основного прибора и охлаждающей жидкости в баке насоса охлаждения.

3. Если температура поддерживающей жидкости менее 37° С, отключить электродвигатель насоса охлаждения (вынув соответствующие предохранители или повернув выключатель).

4. Установить выключатель затухания в положение «С затуханием».

5. Установить корректор гироскопаса на скорость 0 уз.

6. Привести чувствительный элемент в меридиан при неработающих гиросферах, для чего вынуть предохранители в цепи питания гиросферы. Номера предохранителей определить по электрической схеме или по схеме на крышке прибора III (у гироскопаса типа «Курс») или 6 (у гироскопаса типа «Гиря»).

7. Убедиться, что следящая система выключена.

8. Если курс, по которому ориентирован гироскопас, неизвестен, определить его приближенно с помощью магнитного компаса или по курсовому углу отдаленного предмета, истинный пеленг которого известен (снят с карты или рассчитан).

9. Включить агрегат питания и убедиться (по сигнальным лампочкам), что питание в схему гироскопаса подается от отдельного агрегата, то включить этот агрегат; если от внешнего источника, то подключить схему гироскопаса к этому источнику.

10. Включить освещение основного прибора.

11. Установить гиросферу с точностью до $\pm 3^\circ$ на отсчет курса, по которому ориентирован гироскопас. Для этого определить курс по гиросфере, сравнить его с курсом, по которому ориентирован гироскопас, и установить переключатель в положение «Увеличение» или «Уменьшение». При правильной установке переключателя отсчет курса по гиросфере будет приближаться к отсчету курса, по которому ориентирован гироскопас. Во избежание чрезмерного разгона гиросферы питание в пояс следует подавать на непродолжительные промежутки времени.

12. Подать питание на чувствительный элемент. Для этого включить вынутые ранее предохранители в приборе III или 6. По амперметрам убедиться, что на гиросферу поданы все фазы трехфазного тока.

13. Пользуясь переключателем ускоренного приведения, привести гиросферу в меридиан с точностью до $\pm 1^\circ$. Если гиросфера будет уходить из меридиана, удерживать ее в меридиане при помощи механизма ускоренного приведения. При этом следить, чтобы наклоны гиросферы не превышали $\pm 5^\circ$. Через 4–5 мин после подачи питания на гиросферы включить следящую систему и согласовать один из репитеров с основным прибором. После включения следящей системы гиросферу можно приводить в меридиан, ориентируясь по показаниям шкал основного прибора или репитера. Включать следящую систему ранее чем через 4–5 мин после включения гиросфер не следует, так как гиросферы имеют еще сравнительно небольшие обороты. Быстрый поворот следящего элемента создает возмущающий момент, приложенный

Характеристика

Тип гироком- паса	Вид гирокомпаса	Скорость вращения гиромо- тора, об/мин	Вес рото- ра, кг	Вес чувствительного элемента, кг	Вид подвеса ЧЭ
„Курс-4“	Двухгиро- скопный	19 800	2,3	8,686	Жидкостный с центрированием средством одной электромагнитной катушки
„Гиря-МК“	Двухгиро- скопный	29 900	0,72	3,7	Жидкостный с центрированием средством двух электромагнитных катушек
„Гиря-М“	Двухгиро- скопный	29 900	0,72	3,7	Жидкостный с центрированием средством двух электромагнитных катушек
„Амур“	Двухгиро- скопный	29 800	0,72	3,7	Жидкостный с центрированием средством двух электромагнитных катушек

Таблица 36.7

гирокомпасов

Состав поддержи- вающей жидкости	Рабочая температура поддерживаемой жидкости, °С	Охлаждение подде- рживающей жидко- сти	Тип следающей си- стемы	Чувствительность следающей системы, град	Тип синхронной передачи	Расчетная широта, град	Время прихода в меридиан, ч	Время ускоренного приведения в меридиан, мин
Вода 13 л, глицерин 2,5 л, бура 23 г, формалин 40% 0,1 л; уд. вес 0,040±0,001 г/см ³	37—41	Искус- ствен- ное водя- ное	Мости- ковая с маг- нитным усили- телем	±0,2	ССП	60	4—6	35—50
Вода 5 л, глицерин (уд. вес 1,25 г/см ³) 0,91 л, бура 5,5 г, форма- лин 40% 0,035 л	37—41	То же	То же	±0,3	ССП	60	4—6	35—50
Вода 5 л, глицерин (уд. вес 1,25 г/см ³) 0,91 л, бура 5,5 г, форма- лин 40% 0,035 л	37—41	„	„	±0,2	ССП	60	4—6	35—50
Вода 3 л, глицерин 1 л, спирт 1 л, бура 10 г, формалин 0,047 л	40—55	Искус- ствен- ное воз- душ- ное	Мости- ковая с резо- нанс- ным усили- телем	±0,2	ССП	—	4—6	—

к гиросфере, который при малых оборотах роторов приведет к возмущенному движению гиросферы.

14. Согласовать репитеры с основным прибором.

Обычный пуск. При обычном пуске первые 5 пунктов выполняются, как и при ускоренном пуске. Затем включаются агрегат питания и следящая система. Через 4—6 ч гироскомпас придет в меридиан.

Выключенне гироскомпаса:

1. Выключить агрегат питания.
2. Выключить следящую систему.

Проверки и регулировки гироскомпасов. Проверка сопротивления изоляции схемы. Сопротивление изоляции в схеме гироскомпаса должно быть не менее 1 Мом. Проверяется сопротивление изоляции мегомметром на 500 в в такой последовательности:

1. Убедиться в подключении всех приборов комплекта.
2. Поставить переключатели приборов выключения затухания в положение «Автоматическая работа», а переключатель механизма ускоренного приведения — в рабочее положение.
3. Отключить от схемы все кольца следящего элемента, так как поддерживающая жидкость является токопроводящей (если этого не сделать, то вследствие замыкания через поддерживающую жидкость показания мегомметра будут намного ниже фактических). Для отключения следящего элемента отсоединить монтажные концы в клеммной коробке прибора 1 от клемм 27, 28, 29, 30, 31, 55, 81 и 82.

4. Подключить к салнику одного из приборов или к зачищенной обложке кабеля один из концов мегомметра. Открыть крышки всех приборов и агрегата. Касаясь вторым концом мегомметра поочередно всех клемм приборов и агрегата, проверить сопротивление изоляции различных цепей.

При обнаружении в схеме сопротивления изоляции меньше 1 Мом последовательным сокращением проверяемой цепи (выниманием предохранителей) найти повреждение и устранить его.

Проверка цепи питания электродвигателя агрегата:

1. Установить пусковой выключатель агрегата в положение «Выключено».
2. Вынуть в приборе III (у гироскомпаса типа «Курс») или 6 (у гироскомпаса типа «Гирия») все предохранители, а в приборе 4Д (у гироскомпаса типа «Курс») — все, кроме 10-амперных.
3. Подать на двигатель агрегата питания судовое напряжение и после разгона двигателя измерить напряжения, снимаемые с его генераторов (генератора), и число оборотов якоря. Измеренные величины должны соответствовать приводимым в паспорте агрегата.

Проверка цепи питания 115 в, 50 гц:

1. Установить бортовой переключатель в положение «Выключено».
2. Вставить основные предохранители в цепь однофазного тока.
3. Включить бортовой автомат питания однофазного тока.
4. Измерить величину напряжения однофазного тока на входных клеммах прибора III или 4Д. Измеренные напряжения не должны отличаться от 115 в больше чем на $\pm 10\%$.

Эта проверка производится в случае, когда однофазный ток в схему гироскомпаса подается не от автономного агрегата питания, а от одного из корабельных генераторов, т. е. только у некоторых гироскомпасов типа «Курс».

Проверка цепи питания 120 в, 330 гц:

1. Поставить на место 3-амперные предохранители в цепи гиросферы в приборе III или 4Д (у гироскомпаса типа «Курс») или в приборе 6 (у гироскомпаса типа «Гирия»).

2. Измерить в интервалами 2 мин и записать величины токов по трем амперметрам в фазах трехфазного тока. Вначале токи будут завышены, но примерно через 15 мин они должны снизиться до нормальных. Ток в рабочем режиме измерить при установившейся температуре поддерживающей жидкости.

3. Измеренные величины токов сравнить с данными табл. 36.8.

Таблица 36.8

Величины токов в фазах

Фаза	Пусковой режим, а			Рабочий режим, а			
	Гироскомпас типа „Курс“			Гироскомпас типа „Курс“			Гироскомпас типа „Гирия“
	Прибор 6	Прибор 8К	Прибор 4Д	Прибор 6	Прибор 8К	Прибор 4Д	
Первая	2,1—3,3	2,2—3,2	2,6—3,6	1,7—2,0	1,2—1,6	1,8—2,1	1,0—1,5
Вторая	2,1—3,5	2,2—3,2	3,0—4,0	2,7—3,1	1,6—2,2	2,8—3,2	1,0—1,5
Третья	2,3—3,1	2,4—3,0	3,0—3,5	2,3—3,0	1,2—1,8	2,2—2,7	1,5—2,0

Если измеренные величины не соответствуют приведенным в таблице, то проверить положение чувствительного элемента по выоте и при необходимости произвести регулировку.

Если при правильном положении чувствительного элемента и нормальной температуре поддерживающей жидкости величины токов во всех фазах завышены или занижены, то отрегулировать токопроводимость поддерживающей жидкости. При завышенных величинах токов уменьшить токопроводимость поддерживающей жидкости, для чего резиновой грушей отсосать из резервуара небольшое количество жидкости, а вместо нее долить жидкость одинакового удельного веса, но состоящую только из дистиллированной воды и глицерина (т. е. без буры реактивной). После доливания покачиванием резервуара перемешать жидкость. Повторить операцию несколько раз до получения нормальных токов.

При заниженных величинах токов увеличить токопроводимость поддерживающей жидкости. Для этого резиновой грушей отсосать из резервуара небольшое количество жидкости, а вместо нее долить жидкость с увеличенным (в процентном отношении) количеством буры реактивной.

После доливания покачиванием резервуара перемешать жидкость. Операцию повторить несколько раз до получения нормальных токов.

Проверка и регулировка системы охлаждения и сигнализации.

А. Проверка системы охлаждения:

1. Проверить правильность подключения трубопроводов системы охлаждения и убедиться в наличии давления воды на входе змеевика охлаждения центробежного насоса. Давление воды не должно превышать 2 кг/см².

2. Проверить уровень дистиллированной воды в центробежном насосе охлаждения. При необходимости долить воду.

3. Подать питание на электродвигатель насоса охлаждения и проверить направление вращения его ротора. Для этого у гирокомпы типа «Курс» включить предохранители 15, 16, 17 в приборе III или 4Д, а у гирокомпы типа «Гиря» поставить выключатель «Помпа» прибора 6 в положение «Включено». При работе электродвигателя помпа должна подавать воду в змеевик основного прибора. При несоответствии направления вращения красной стрелке поменять местами две фазы в клеммной коробке насоса охлаждения.

4. В гирокомпы типа «Курс» поставить на место 1-амперные предохранители в линии питания приборов 10, 10М, 14, 34, 34Н.

Б. Регулировка охлаждения:

1. Вынуть пружину-фиксатор из прорезей центрального регулировочного и установочного винтов, а сами винты вывернуть в крайние положения.

2. Отрегулировать верхний контакт термореле так, чтобы он замыкался при температуре поддерживающей жидкости 41° С. Для этого завернуть гайку терморегулятора, чтобы прекратить протекание воды по змеевику охлаждения. Когда температура поддерживающей жидкости поднимется до 41° С, подвести верхний контакт к среднему. При этом сработает реву и загорятся красные сигнальные лампы. У гирокомпы типа «Курс» дополнительно загорятся лампы «Отклонение температуры» в приборах 34 и 34Н.

Для проверки правильности регулировки температуру поддерживающей жидкости поднять до 41,5—42° С, а затем, вывернув гайку терморегулятора, понизить температуру жидкости. При переходе температуры поддерживающей жидкости через 41° проверить правильность срабатывания термореле при верхнем пределе температуры.

3. Понизить температуру поддерживающей жидкости до 37° С и аналогично отрегулировать нижний контакт термореле так, чтобы он замыкался при температуре 37°. Понизить температуру жидкости до 36,5°, а затем, повышая ее, проверить правильность срабатывания термореле при нижнем пределе температуры.

4. Отрегулировать терморегулятор на автоматическое удержание температуры поддерживающей жидкости. Для этого:

- завернуть гайку терморегулятора до отказа;
- отсоединить гнутый патрубок на столе основного прибора;
- установочный винт завернуть до упора в нижнюю планку так, чтобы из гнутого патрубка капала вода;
- при температуре поддерживающей жидкости 39° С ввернуть регулировочный винт (упирая его в шток терморегулятора) так, чтобы из отсоединенного патрубка потекла тонкая струя воды;
- убедиться, что терморегулятор удерживает температуру в пределах $39 \pm 2^\circ \text{C}$.

5. Вставить пружину-фиксатор в прорези регулировочных винтов.

В. Проверка токового сигнализатора. Токовый сигнализатор должен реагировать на изменение тока в любой фазе трехфазного тока на 0,25 а. Токовый сигнализатор проверяется и регулируется следующим образом:

1. Сопротивлением 400—600 ом (25 в) закоротить две фазы трехфазного тока или вынуть один из предохранителей в этой линии питания. При этом в сигнальных приборах должны загореться лампы «Отклонение тока».

Если необходимо, отрегулировать токовый сигнализатор. Для этого с помощью пружины установить подвижный контакт в вертикальное положение. Затем перемещением контактных винтов неподвижных контактов установить необходимый зазор между средним подвижным и крайним неподвижными контактами.

2. При запуске системы, когда токи в фазах завышены, токовый сигнализатор должен сработать. После того как гиромоторы наберут обороты, токовый сигнализатор должен выключить сигнальные лампы.

Проверка синхронной передачи:

1. Согласовать показания всех принимающих с показаниями трансляционного прибора.

2. Поставить на место предохранитель в линии возбуждения синхронной передачи в приборе III или 4Д (у гирокомпы типа «Курс») или в приборе 6 (у гирокомпы типа «Гиря»).

3. Согласовать показания трансляционного прибора с показаниями основного прибора гирокомпы. Если трансляционный прибор не имеет шкал или в комплекте гирокомпы нет трансляционного прибора, то с основным прибором согласовать все репитеры.

4. Нажав кнопку А или Б или закоротив клемму 30 или 31 с клеммой 27 или 28 на основном приборе, несколько развернуть следящую систему и репитеры. Картушки основного прибора, трансляционного прибора и всех принимающих должны вращаться в одну сторону. Если какой-либо принимающий вращается в обратную сторону, то поменять местами концы его вторичной обмотки.

5. Сравнить показания принимающих и трансляционного или основного приборов. Если обнаружится принимающий, рассогласованный с основным или трансляционным приборами на 0,5°, то поменять местами концы его обмотки возбуждения.

Проверка и регулировка положения чувствительного элемента:

1. Включить гирокомпас и подождать, пока температура поднимется до 39° С.

2. Проверить равномерность нагрева поддерживающей жидкости. Для этого, медленно раскачивая резервуар в карданных кольцах, наблюдать за показаниями термометра на столе основного прибора. Если жидкость прогрета равномерно, то показания термометра будут постоянными.

3. Определить по рискам, нанесенным на стекле следящей сферы, положение чувствительного элемента по высоте. Допускается отклонение от нормального положения не больше чем на ± 2 мм. Если гиросфера при температуре поддерживающей жидкости 39° С отклонена от нормального положения, то в поддерживающую жидкость добавить дистиллированную воду или глицерин. Примерно их объем определяется по таблицам.

Проверка чувствительности и скорости обработки следящей системы. Чувствительность проверяется в такой последовательности:

1. Заметить отсчет по шкалам основного прибора и рассогласовать следящую систему вручную от согласованного положения на $1-2^\circ$.

2. Прекратить рассогласование и после успокоения колебаний вновь заметить отсчет по основному прибору. Произвести аналогичные действия при рассогласовании следящей системы в противоположную сторону. После отклонения следящая система должна возвращаться в первоначальное положение. Точность возвращения следящей системы и характеризует ее чувствительность. Отклонения от первоначальных положений не должны превышать $\pm 0,2^\circ$. Если отклонение больше, то отрегулировать усилитель и проверить кинематические схемы элементов следящей системы. Скорость отработки следящей системы должна быть не меньше чем $4,5 \text{ град/сек}$.

Скорость отработки проверяется в такой последовательности: 1. Рассогласовать следящую систему (нажатием кнопки в усилителе или закорачиванием клемм стола основного прибора) на $120-130^\circ$ от согласованного положения.

2. После отработки следящей системой $10-20^\circ$ рассогласования заметить отсчет по шкале основного прибора (или репитера) и включить секундомер.

3. После отработки следящей системой 90° от замеченного отсчета остановить секундомер. 90° следящая система должна отработать за промежуток времени, не превышающий 20 сек . Скорость отработки проверяется дважды (при рассогласованиях в противоположные стороны).

Погрешности гирокомпасов. Определение постоянной поправки. Погрешность гирокомпаса в общем случае — величина, переменная во времени. При движении корабля постоянными скоростью и курсом погрешность гирокомпаса, как правило, изменяется по синусоидальному закону. Синусоида, характеризующая погрешность, имеет относительно стабильные период и амплитуду. Погрешность гирокомпаса в данный момент времени называется мгновенной погрешностью. Постоянной погрешностью гирокомпаса называется среднее значение погрешности за период колебаний. В отдельных случаях постоянная погрешность гирокомпаса также изменяется во времени.

При ведении счисления необходимо учитывать постоянную погрешность гирокомпаса, а при пеленговании — мгновенную. Однако значение мгновенной погрешности неизвестно, поэтому во всех случаях целесообразно учитывать постоянную погрешность в виде постоянной поправки.

Постоянную поправку определяют из многократных наблюдений в течение целого периода колебаний. Наблюдения следует проводить через $10-15 \text{ мин}$ сериями по $5-7$ отсчетов. За постоянную поправку принимают среднее арифметическое из всех наблюдений.

§ 36.4. ЛАГИ

Характеристики лагов. В настоящее время на вооружении кораблей состоит относительные лаги (не учитывают сноса корабля течением и дрейф под влиянием ветра и волны):

- гидродинамические (типа ЛР, МГЛ и ЛГ);
- вертушечные, или электромеханические (типа ГОМ-4).

Таблица 36.9

Типовая комплектация лагов

№ по пор.	Наименование приборов	Количество приборов в типовом комплекте							
		ЛР-5	ЛГ-2	ЛГ-4	ЛГ-6	ЛГ-8	МГЛ-25	МГЛ-50	ЛГ-50
1	Гидравлические приборы:								
	приемное устройство	—	—	—	—	2	—	—	—
	приемная двухканальная трубка	—	1	2	—	—	1	1	—
	приемная одноканальная трубка	—	—	—	2	—	—	—	1
	динамический клинкет	—	1	1	1	—	1	1	1
	фланец динамического клинкета	—	1	—	—	—	—	—	1
	статический клинкет	—	1	—	—	—	—	—	1
	фланец статического клинкета	—	1	—	—	—	—	—	1
	крановый распределитель с воздухособирателями	1	1	—	—	—	1	—	—
	воздухосбиратель с дыхательным клапаном	—	—	—	—	—	2	2	2
	баллон давления	—	—	1	—	—	—	—	—
	кран распределительный	—	—	1	1	1	—	—	—
	кран уравнительный	—	—	1	—	—	—	—	—
	переходный штуцер	—	3	—	—	—	2	2	2
	лебедка	—	1	—	—	—	—	1	—
2	Измеритель скорости	—	1	—	—	—	—	—	—
3	Центральный прибор	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Станция лага	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Указатель скорости								
6	Указатель скорости и пройденного расстояния								

В зависимости от комплектации и типа корабля

Продолжение

№ по пор.	Наименование приборов	Количество приборов в типовом комплекте							
		ЛР-5	ЛР-2	ЛР-4	ЛР-6	ЛР-8	МГЛ-35	МГЛ-50	ЛР-50
7	Коробка разветвительная	1	1	1	1	—	1-2	1-2	1
8	Автотрансформатор	—	1	—	—	—	—	—	—
9	Агрегат питания	—	1	1	1	—	1	1	1
10	Станция агрегата	—	1	—	—	—	—	—	—
11	Регуляторная коробка	—	—	1	—	—	—	—	—
12	Коробка с переключателями	—	—	—	—	—	1	1	—
13	ЗИП	1	1	1	1	1	1	1	1

Гидродинамические лаги имеют погрешности:

— методические — зависят от места установки приемного устройства на корабле (главным образом статического отверстия), обростания корпуса корабля, изменения его осадки и изменения плотности морской воды;

— инструментальные — зависят от трения в механизмах приборов, несбалансированности отдельных деталей, упругих деформаций, инерции подвижных частей, ускорений, изменения температуры и других причин.

Допустимые величины остаточных инструментальных погрешностей (случайных) указываются в технических формулярах и на регулировочных номограммах лагов в виде кривых, симметричных оси абсцисс. При регулировке лагов компенсируется результирующая систематическая (гидродинамическая) погрешность. С допустимыми погрешностями сравниваются остаточные погрешности (поправки) лага, определяемые на мерной линии.

Регулировка лагов на корабле. Лаги должны регулироваться в течение одного выхода корабля на мерной линии или специальным мерным полигоном. Перед выходом на регулировку регуляторы лага устанавливаются в положения, определенные в заводских условиях, или в положения, записанные в техническом формуляре лага по результатам предыдущей регулировки; схему лага тщательно проверяют.

Для определения погрешностей или поправок лага корабль делает пробеги на трех (пяти) режимах хода, причем на каждой режимной скорости делает три пробега: два — в одном и один — в противоположном направлении. При каждом пробеге замечают моменты времени пересечения створов и отсчеты пройденного расстояния. По полученным данным рассчитывают истинные скорости и скорости по лагу при каждом пробеге, средние истинные скорости, скорости по лагу и погрешности (или поправки) лагов на каждой режимной скорости хода (формулы для вычисления приведены в § 7.3).

Первоначальная регулировка лагов выполняется при заводских положениях регуляторов; повторная регулировка (подрегулировка) — при положениях регуляторов, соответствующих последней регулировке. Порядок графо-аналитических расчетов, выполняемых при регулировках лага, приведен в табл. 36.12.

Уточнение положения регуляторов лагов. У лагов ЛР-2:

— по шкалам V_H центрального прибора с помощью кнопок (и доводкой вручную) последовательно устанавливают средние значения скоростей по лагу для режимных скоростей хода;

— по шкалам V_L центрального прибора определяют значения скоростей, которые должны быть близкими к средним истинным скоростям;

— если разности отсчетов скоростей по шкалам и средних истинных скоростей превышают допустимые значения (они графически показаны на номограмме), то, изменяя положения регуляторов B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 , добиваются минимального значения этих разностей.

У лагов с ртутным дифференциальным манометром, не имеющих шкал V_H :

— при заводском положении регуляторов устанавливают по шкале центрального прибора значения средних скоростей по лагу и замечают по внутренней контрольной шкале высоты перемещения следящего трансформатора h_1, h_2, h_3 ;

— устанавливают регуляторы на предварительные отсчеты, а следящий трансформатор — последовательно на отсчеты h_1, h_2, h_3 ;

— если показания шкал скорости отличаются от средних истинных скоростей на величины больше допустимых погрешностей (указаны на номограмме), то, изменяя положения регуляторов, добиваются минимально возможного расхождения.

Записи расчетов при регулировке лага делают по схеме табл. 36.13. После уточнения положения регуляторов определяют остаточные поправки лага так же, как и начальные (§ 7.3).

Технические характе

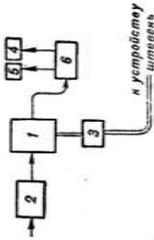
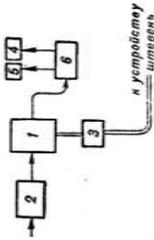
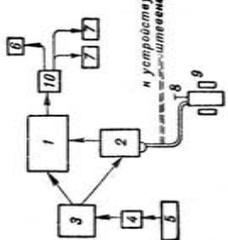
Тип лага	Приемное устройство	Чувствительный элемент и компенсационная система	Предел измеряемых скоростей, уз	Тип следящей системы	Тип корректора
ЛГ-2	Штевень или двухканальная приемная трубка	Сильфонный аппарат, рычажно-пружинная	3-25	То же	То же
ЛГ-4	Двухканальная приемная трубка	То же	6-45	Контактная	Пружинный
ЛГ-6	Одноканальная приемная трубка	"	10-60	То же	То же
ЛГ-8	То же	"	10-80	"	"
ЛГ-50	Одноканальная приемная трубка, статический клинкет	Мембранный аппарат, рычажно-пружинная	6-50	"	"
ЛГ-25	То же	То же	3-25	"	"
МГЛ-25	Двухканальная приемная трубка	Сильфонный аппарат, рычажно-пружинная	3-25	"	"
МГЛ-50	То же	То же	6-50	"	"

Таблица 36.10

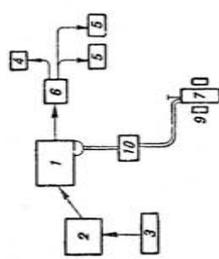
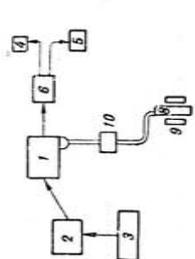
ристки лагов

Пределные значения регуляторов для исключения погрешности, %	Инструментальная погрешность по скорости, уз	Напряжение и частота тока, питающего схему	Питание корабельной сети	Потребляемая мощность	Вес комплекта, кг		
						постоянной	линейной
12	12	2-8	0,05	110 в, 50 гц	127 в, 50 гц	500 вa при 5 репитерах	380
12	12	2-8	0,1-0,7	110 в, 50 гц	110/220 в, 50 гц; -110 в, -220 в	220 вa без агрегата	190
15	10	Нет	0,2-0,15	100 в, 400 гц	110/220 в, 400 гц; -110 в, -220 в	300 вa, 900 вт	330
15	10	"	0,3-0,2	110/220 в, 400 гц	-26 в, -220 в	300 вa	120
15	10	"	0,72-0,35	110 в, 400 гц	110/220 в, 400 гц; 220 в, 400 гц	270 вa	60
8	6	"	0,2-0,15	110 в, 50 гц	110 в, 50 гц; -110 в, -220 в	420 вт	430
8	6	"	0,2-0,15	110 в, 50 гц	110 в, 50 гц; -110 в, -220 в	420 вт	400
10	8	10. С1966г. ЗК не применяется	0,12-0,08	110 в, 50 гц	110 в, 50 гц; 220 в, 50 гц; 380 в, 50 гц; -110 в, -220 в	1200 вт	350
10	8	10	0,25-0,15	110 в, 50 гц	110 в, 50 гц; 220 в, 50 гц; 380 в, 50 гц; -110 в, -220 в	1200 вт	500

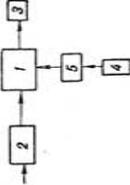
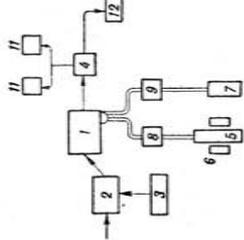
Таблица 36.11
Основные приборы латов, их веса, габариты и схемы соединений

Тип лата	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
ЛР-5	1. Центральный прибор 2. Станция управления 3. Крановый распределитель	566×453×1389 382×355×600 400×402×210	185 50 26	
	4. Указатель скорости 5. Указатель скорости и пройденного расстояния 6. Коробка разветвительная	275×203×157 301×219×162 384×388×180	7,5 5,5 12,5—10	
ЛГ-2	1. Центральный прибор 2. Измеритель скорости 3. Станция управления 4. Станция агрегата 5. Агрегат АМГ-3 6. Указатель скорости 7. Указатель скорости и пройденного расстояния 8. Приемная трубка 9. Клинет динамический 10. Разветвительная коробка: 15-К 15-К1	595×425×280 501×226×286 393×315×183 270×310×180 360×525×380 168×245×160 {304×217×152 {226×295×182 156×1250×83 609×545×220 175×192×205 192×205×175	52 35 13 8 108 3,5 9 7,5 9 42 3 2,5	

Продолжение

Тип лата	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
ЛГ-4	1. Центральный прибор: с трансляционным узлом без трансляционного узла 2. Станция управления 3. Агрегат: типа МГЛ типа МА 4. Указатель скорости 5. Указатель скорости и расстояния 6. Коробка разветвительная	616×364×295 или 866×480×302 502×364×295 382×275×167 425×220×430 220×150×260 244×169×122 340×179×190 200×176×165 205×192×163	40 62 33 12 59,5 12,5 3 6 5 2,3	
	7. Двухканальная трубка: короткая длинная 8. Одноканальная трубка 9. Клинет 10. Крановый распределитель	1040×156×83 1400×156×83 843×178×178 319×154×253 274×100×133	6,1 8 5 8 1,8	

Продолжение

Тип лага	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
ЛГ-8	1. Центральный прибор 2. Станция управления и расстояния 3. Указатель скорости и расстояния 4. Приемное устройство 5. Кран распределитель- ный	583×386×295 352×279×162 340×184×199 424×200×59 274×100×133	33 9 6 6 1,8	
ЛГ-25, ЛГ-50	1. Центральный прибор 2. Станция лага 3. Агрегат питания (АМГ-3Б и АМГ-3А) 4. Распределительная ко- робка 5. Приемная трубка 6. Клинет динамический 7. Клинет статический 8. Воздухособиратель (ди- намический) 9. Воздухособиратель (статический) 10. Дыхательный клапан 11. Указатель скорости и расстояния 12. Указатель скорости и расстояния	806×761×260 334×309×138 380×525×360 302×276×180 1371×50×142 609×545×220 300×172×195 335×160×100 287×180×100 126×157×65 367×293×196 367×293×196	82 9 108 5,0 11 37 6,4 3 2 1 11 13	

Продолжение

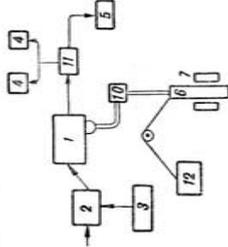
Тип лага	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
МГЛ-25, МГЛ-50	1. Центральный прибор 2. Станция лага 3. Агрегат АМГ-3 4. Указатель скорости и расстояния 5. Указатель скорости и расстояния 6. Приемная трубка: 9Л 9М 9Н 9К-2Э 9К-1Э 7. Клинет динамический с фланцем 8. Клинет динамический 9. Воздухособиратель 10. Крановый распределе- тель 11. Коробка ответвитель- ная 12. Лебедка	646×492×261 493×354×218 525×360×380 275×203×166 301×219×165 1588×142×78 1838×142×78 2138×150×85 1400×155×83 1040×155×83 609×545×220 313×253×154 221×170×118 160×132×116 303×275×141 или 378×334×150 460×363×228	62 17,5 108 6 8 35 40 49 8,5 7 49 6 2,5 2,8 5,5 10,5 18	

Таблица 36.12

Последовательность работы при регулировке лагов на мерной линии

Выполняемые действия	Лаги с ленточным корректором (ЛР, ЛГ-2)		Лаги с пружинным корректором	типа МГЛ
	Первоначальная регулировка			
1. Расчет поправок или погрешностей	Абсолютные поправки $\Delta V = V_{Иср} - V_{Лср}$		Относительные погрешности $\delta_{Л} = \frac{V_{Лср} - V_{Иср}}{V_{Иср}} \cdot 100 [\%]$	Относительные погрешности $\delta_{Л} = \frac{V_{Лср} - V_{Иср}}{V_{Иср}} \cdot 100 [\%]$

2. Нанесение полученных поправок или погрешностей на регулировочную номограмму (рис. 36.2) и проверка, укладываются ли они в пределах допустимых погрешностей, показанных на номограммах пунктирными линиями. Если поправки (погрешности) выходят из допустимых пределов, то лаг требует регулировки

3. Нанесение регулировочной прямой на номограмме

Прямую проводят через начало координатной сетки так, чтобы кригалась симметрично относительно прямой и поправки могли быть введены регуляторами лага

Прямую проводят так, чтобы кривая погрешностей располагалась относительно прямой симметрично, а разности ординат между кривой погрешностей и прямой не превышали допустимых погрешностей

Прямую проводят через две точки кривой, кратные 5 уз (например, 10 и 35 уз), с условием, чтобы погрешности для выбранного диапазона скорости выдвигались зубчатым корректором

Выполняемые действия

Лаги с ленточным корректором (ЛР, ЛГ-2)

Лаги с пружинным корректором

типа ЛГ

типа МГЛ

4. Определение положения регулятора, предназначенного для ввода постоянной поправки

Не определяют. Постоянная поправка вводится на заводе при регулировке лага. В случае необходимости постоянная поправка может быть введена регуляторами B_1, B_2, B_3, B_4, B_5

Точку пересечения регулировочной прямой с осью ординат переносят параллельно оси абсцисс, на шкалу регулятора А. Получают положение регулятора А в условных единицах

Точка пересечения регулировочной прямой с осью ординат определяется знак и величину регулятора А в процентах. Установочное положение регулятора определяется по таблице «Тарировка лага»

5. Определение положения регулятора, предназначенного для ввода поправки, линейно зависящей от скорости

Точка пересечения регулировочной прямой со шкалой регулятора А определяет знак и величину положения регулятора А

На линии регулятора В снимают величину отрезка ДЕ и откладывают его по оси ординат правой координатной сетки. Получаемую точку Е переносят параллельно оси абсцисс до линии регулятора А (%) и затем параллельно оси ординат на шкалу регулятора В

Проводят через точку оси абсцисс $V = V_{\max} - (\pm \frac{A}{2} \%)$ линию, параллельную оси ординат, на ней измеряют отрезок ДЕ и по шкале регулятора В определяют его положение в процентах. Знак отрезка плюс, если при увеличении скорости прямая поднимается, и минус, если она опускается

Продолжение

Продолжение

Выполняемые действия	Лаги с пружинным корректором	
	Лаги с ленточным корректором (ЛР, ЛГ-2)	Лаги ЛГ типа МГЛ
6. Определение положения регуляторов, предназначенных для ввода правок, зависящих от скорости хода нелинейно	С помощью циркуля-измерителя и шкалы <i>B</i> определяют отрезки касательных, заключенных между регулировочной линией и кривой поправок. Знак полученных значений <i>B</i> ₁ , <i>B</i> ₂ , <i>B</i> ₃ , <i>B</i> ₄ , <i>B</i> ₅ плюс, если кривая ниже прямой, и наоборот	Регуляторы для включения нелинейных погрешностей нет С помощью циркуля-измерителя снимают в масштабе номограммы отрезки ординат, заключенные между регулировочной прямой и кривой для скоростей хода, кратных 5 <i>уз</i> . Величины отрезков с их знаками записывают в графу 2 табл. 36.13 и, пользуясь указаниями заголовков столбцов таблицы, рассчитывают число зубцов, вводимых на барабанах зубчатого корректора

7. Определеие результирующих значений положений регуляторов *A*₂, *B*₁₂, *B*₂₂, *B*₃₂, *B*₄₂, *B*₅₂ путем алгебраического сложения значений заводских положений с определенными по номограмме

Результирующие значения положений регуляторов не определяют

Продолжение

Выполняемые действия	Лаги с пружинным корректором	
	Лаги ЛГ типа МГЛ	Лаги ЛГ типа МГЛ
8. Установка регуляторов лагов в рабочие положения и уточнение положения регуляторов	С помощью торцового ключа устанавливают в рабочие положения регуляторы <i>A</i> ₂ , <i>B</i> ₁₂ , <i>B</i> ₂₂ , <i>B</i> ₃₂ , <i>B</i> ₄₂ , <i>B</i> ₅₂ лага. После этого уточняют положение регуляторов	В рабочие положения устанавливают регуляторы <i>A</i> и <i>B</i> лага и диски зубчатого корректора. Положение регуляторов не уточняют
9. Определение точных поправок лагов и сравнение их величины с допустимыми погрешностями	По данным измерений на мерной линии рассчитывают абсолютные поправки $\Delta V = V_{иср} - V_{иср}$ Если поправка не выходит из пределов допустимых погрешностей, регулировка считается оконченной. В противном случае регулировку либо повторяют, устанавливая регуляторы лагов в первоначальные положения, либо производят дорегулировку лагов	По данным измерений на мерной линии рассчитывают относительные остаточные поправки $\Delta_{л} = \frac{V_{иср} - V_{иср}}{V_{иср}} \cdot 100 [\%]$
10. Повторная регулировка лага	Выполняют повторную регулировку аналогично описанному	Производят дорегулировку, но с номограммы снимают приращения значения регуляторов <i>AA</i> , <i>AB</i> и рассчитывают дополнительное число зубцов на барабанах зубчатого корректора

Номограмма лаза типа ЛР и ЛГ-2

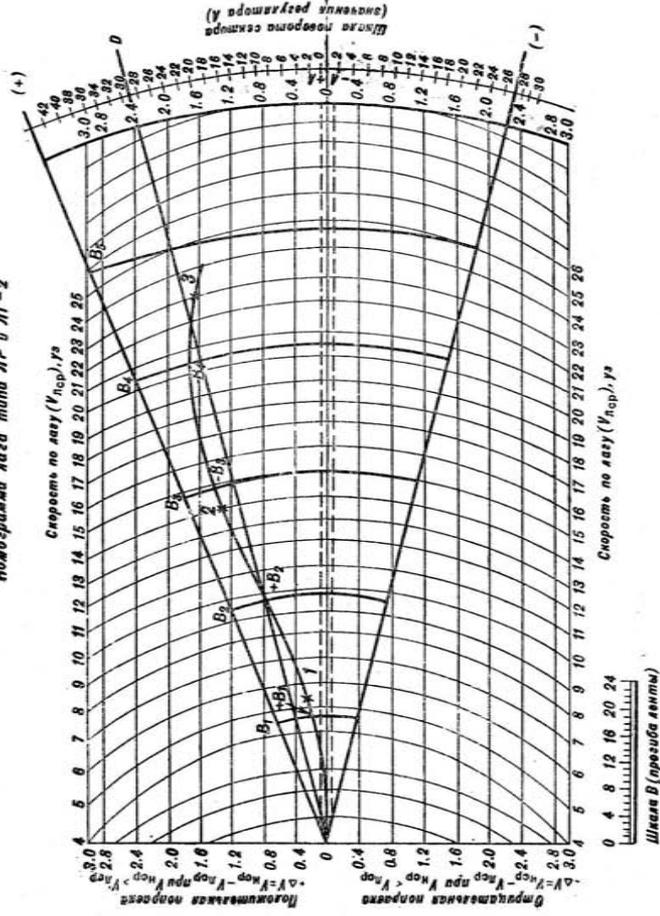
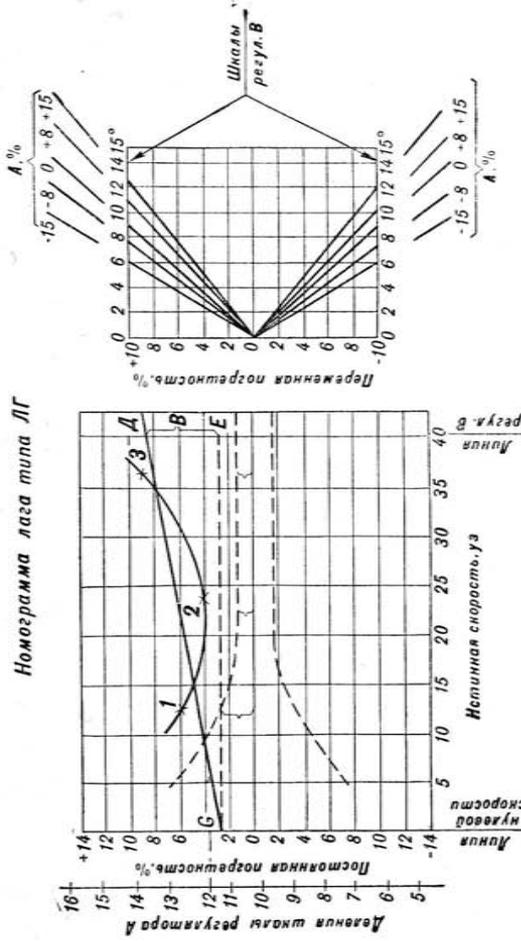


Рис. 36.2 а



Номограмма лаза типа ЛГ

Рис. 36.2 б



Рис. 36.2 в

Таблица 36.13

Расчет регулировки лага

Скорость, уз	Погрешности лага		№ секций и пределы скоростей в них, уз	Величина корректуры, вводимой одним зубцом, уз	Необходимое количество зубцов	Количество зубцов, введенных на предыдущей скорости	Фактическое количество зубцов	
	%	уз					верхний барабан (-)	нижний барабан (+)
5			I { 0-5	0,32				
10								
15			II, 10-15	0,11				
20								
25			III, 15-20	0,08				
30								
35			IV, 20-25	0,06				
40								
45			V, 25-30	0,05				
			VI, 30-35	0,05				
			VII { 35-40	0,04				
			VII { 40-45	0,04				

Рекомендации по использованию лагов. 1. При приготовлении лага перед походом:

- осмотрев приборы и провернув кинематические цепи, убедиться в исправности приборов и механизмов лагов;
- проверить исправность гидравлической системы лага, заполняя ее водой (просачивание воды через сальники и течь в приборах не допускаются); если при открывании сливных кранов из них не течет вода, то магистраль отключить, прочистить проволокой или продуть воздухом (давление воздуха не должно превышать допустимое);
- при отключенном питании проверить изоляцию токоведущих элементов лага согласно инструкции по эксплуатации;
- проверить работу следящей системы, синхронной передачи и компенсационной системы лагов; у лагов с механическими дифференциальными манометрами проверка осуществляется с помощью переносного манометра;
- по числу оборотов контрольного диска проверить работу часового регулятора, а после этого по установленной скорости и времени — точность работы механизма пройденного расстояния;
- у лагов с ртутными дифференциальными манометрами проверить работу терморегулятора;
- проверить нулевое положение измерителя давления, установив краны распределителя в нулевое положение (допустимые несогласования между показаниями центрального и репитерных приборов, а также погрешности нулевого положения измерителя давления, работы часового регулятора, показаний центрального прибора по скорости и узла пройденного расстояния не должны превышать величин, указанных в техническом формуляре).

2. Перед выстреливанием или подъемом приемной трубки, перед открытием запорных кранов устройств «Штевень» краны кранового распределителя установить в нулевое положение.

3. Во время работы лагов систематически проверять точность работы часового регулятора и правильность хода часов. Часы лагов согласовывают с корабельными часами ежедневно. Через каждые 4 ч проверить исправность работы счетчика пройденного расстояния и периодически проверять согласование репитерных приборов лага с центральным прибором.

4. Через каждые 4 ч проверять исправность гидравлической системы лага и удалять пузырьки воздуха из воздухособирателей. При качке, особенно при килевой, рекомендуется удалять воздух из гидравлической системы лага чаще, чем при плавании в тихую погоду.

5. После похода осмотреть приборы и механизмы лага, устранить обнаруженные неисправности и произвести профилактическую чистку и смазку механизмов и узлов лага согласно инструкции по его эксплуатации. Из гидравлической системы удалить отложения солей.

6. Один раз в полгода необходимо вызывать базовых специалистов для контрольной проверки и гарантийного ремонта лага.

7. После длительной стоянки или при сомнениях в стабильности поправки лага сделать контрольный выход на мерную линию и проверить стабильность ранее определенных поправок. Если полученные поправки не выходят из допустимых пределов (показанных на номограммах), то регулировать лаг не требуется. Новые поправки записывают в формуляр, в таблицу остаточных поправок и учитывают при плавании корабля. Если определенные поправки выходят из допустимых пределов, то лаг необходимо отрегулировать.

§ 36.5. ЭХОЛОТЫ

Характеристики эхолотов. Для измерения глубин применяются:

- навигационные эхолоты типа НЭЛ;
- специальные эхолоты типа ГЭЛ-2 (глубоководный эхолот), ПЭЛ (промерный эхолот) и др.

В самонисцах всех эхолотов, кроме НЭЛ-4, используется трехслойная электротермическая бумага ЭТБ-2. В эхолоте НЭЛ-4 глубины записываются на влажной бумаге, пропитанной йодистым калием. Указатели глубин и самописцы одновременно не работают. Комплектация эхолотов определяется типом эхолота и классом корабля, на котором он устанавливается.

Эхолотам свойственны погрешности: методические (табл. 36.17) и инструментальные. Кроме указанных в табл. 36.17 к последним относятся погрешности из-за колебания частоты и напряжения тока, питающего схему, нестабильности числа оборотов электродвигателя и срабатывания посылочных контактов, флуктуации эхо-импульса, неточности разбивки шкалы глубин. Систематические погрешности могут быть определены и исключены из показаний эхолотов введением соответствующих им поправок (табл. 36.17 и § 6.5).

Погрешности за счет флуктуации эхо-импульса, нестабильности числа оборотов электродвигателя и срабатывания посылочных контактов, контактов реле, а также погрешности отсчета глубин имеют случайный характер. Результирующая случайная погрешность характеризует точность измерения глубин эхолотом, которая

(при благоприятных условиях — штиль, ровное дно, хороший грунт) приведена в табл. 36.15.

Таблица 36.14

Типовая комплектация эхолотов

Наименование прибора	Количество приборов в комплекте							
	НЭЛ-3	НЭЛ-4	НЭЛ-5	НЭЛ-7, 1-й вариант	НЭЛ-7, 2-й вариант	ПЭЛ-1	ПЭЛ-3	ГЭЛ-2
Указатель глубин	1	1	1	1	—	—	—	—
Самописец	1	1	1	1	—	—	—	—
Усилитель	1	1	1	1	—	—	—	—
Реле	1	1	1	—	1	—	—	—
Центральный прибор	1	1	1	1	1	1	1	1
Вибратор-излучатель	1	1	1	1	1	1	1	1
Вибратор-приемник	1	1	1	1	1	1	1	1
Забортный обтекатель (с кронштейном)	1	—	—	—	—	—	—	1
Преобразователь	1	1	1	1	—	—	—	—
Повышающий трансформатор	—	1	1	—	1	—	—	—
Гасительное сопротивление	—	1	1	—	—	—	—	—
Фильтр	—	1	1	—	—	—	—	—
Кабельная коробка	—	2	2	2	1	—	—	—
Блок питания	—	—	—	—	—	—	—	—
Приемопередатчик	—	—	—	—	—	—	—	1
Накопитель	—	—	—	—	—	—	—	1
ЗИП	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. В комплект ПЭЛ-3 могут входить забортное устройство или врезные вибраторы.

Рекомендации по использованию эхолотов. 1. При приготовлении эхолота к работе после длительного перерыва необходимо: — осмотреть приборы, наиболее важные узлы, электрические соединения, пайку монтажа и проверить подключение штепсельных разъемов;

— проверить состояние ножа, пишущей линейки (или пера) и пера условных отметок самописца, чистоту контактных групп, контактов АЦР и контактов посылочного реле;

— проверить наличие и натяжение бумажной ленты на самописце; при необходимости заменить рулон (пуск самописца без заправленной бумажной ленты не разрешается);

— проверить, есть ли вода в вибраторах, устанавливаемых в танках.

2. Запрещается включать эхолот при открытых крышках и отсоединенных разъемах, прикасаться к пишущей линейке или элементам, находящимся под высоким напряжением, опасным для жизни до тех пор, пока напряжение не снято,

Таблица 36.15

Технические харак

Тип эхолота	Диапазон измерения глубин, м	Поддиапазоны, м		Точность измерения глубин		Расчетная скорость звука, м/сек
		указатель глубин	самописец	пределы, м	погрешность	
НЭЛ-3	1-500	1) 0-100 2) 0-500	—	1-20 20-100 Свыше 100	$\pm 0,5$ м $\pm 3\%$ $\pm 2\%$	1500
НЭЛ-4	1-500	1) 0-100 2) 0-500	1) 0-60 40-100 2) 0-300 200-500	1-20 Свыше 20	Не более $\pm 0,5$ м $\pm 3,5\%$	1500
НЭЛ-5	1-2000	1) 0-100 2) 0-2000	1) 0-200 2) 0-1000 3) 1000-2000	1-20 20-200 Свыше 200	Не более $\pm 0,5$ м $\pm 2,5\%$ $\pm 2\%$	1500
НЭЛ-7	1-500	1) 0-100 2) 0-500	1) 0-100 2) 0-500	До 25 Свыше 25	$\pm 0,3$ м $\pm 1,5\%$	1500
ПЭЛ-1	0,3-300	—	1) 0-40 20-60 2) 0-200 100-300	До 5 6-50 50-100 100-300	$\pm 0,2$ м $\pm 0,3-0,7$ м $\pm 1,5$ м $\pm 2\%$	1400-1568 (регулируется)
ПЭЛ-3	0,4-200	—	1) 0-40 0-80 2) 0-200 0-400	До 5 5-30 30-60 Свыше 60	$\pm 0,05$ м $\pm 0,1$ м $\pm 0,2$ м $\pm 1,1\%$	1500 Можно регулировать от 1420 до 1540
ГЭЛ-2	50-10 000	—	1) 0-2000 2) 0-2500 3) 0-10 000	До 1000 Свыше 1000	$\pm 2\%$ $\pm 1\%$	1500

характеристики эхолотов

Условия нормальной работы	Питание схемы эхолота	Питание корабельной сети	Потребляемая мощность		Готовность к работе, мин	Вес комплекта без соединительных проводов, кг
			постоянный ток, вт	переменный ток, ва		
До 20 уз и бортовой качке до 10°	127 в, 50 гц; -1000 в	-220 в, -110 в, -24 в	Не более 300	—	1	90
До 20 уз и бортовой качке до 10°	127/220 в, 50 гц; -1000 в	127/220 в, 50 гц; -110 в	700	350	1	130-200
До 20 уз и бортовой качке до 10°	127 в, 50 гц; -1500 в	127/220 в, 50 гц; -110 в, -220 в	Не более 500	Не более 200	1	220
До 30 уз	220 в, 400 гц; -1500 в	220 в, 400 гц; -24 в, -110 в	—	150 без преобразователя	1	70-130
До 12 уз и бортовой качке до 10°	-420 в	-24 в (от аккумуляторной батареи)	110	—	15-20	90-104
До 15 уз и бортовой качке до 10°	-24 в -270 в -650 в -175 в	-24 в (от аккумуляторной батареи или сети)	80	—	1-нав. цели; 10-30-промер	55-91 (зависит от комплектации)
До 12 уз и бортовой качке до 10°	127/220 в, 50 гц; -5200 в	127/220 в, 50 гц; -110 в, -220 в	2000	500	10	520

Таблица 36.10
Основные приборы эхолотов, их габариты, веса и блок-схемы

Тип эхолота	Название прибора	Габариты (с закрытой крышкой), мм	Вес, кг	Блок-схема
НЭЛ-3	1. Указатель глубин	450×220×220	15	
	2. Реле	385×190×210	10,5	
	3. Усилитель	312×288×175	10,0	
	4. Вибратор	∅ 270×220	25,5	
	5. Преобразователь	310×133×159	6,8	
	6. Фильтр	254×146×117	4,3	
НЭЛ-4	1. Самописец	515×345×290	25	
	2. Указатель глубин	426×240×228	13,4	
	3. Усилитель	305×290×200	9,2	
	4. Реле	318×310×200	11,5	
	5. Вибратор	∅ 270×210	25	
	6. Фильтр	262×130×141	3	
	7. Кабельная коробка	134×184×82,5	1,7	
	8. Преобразователь ПО-550М	418×330×270	70	

Продолжение

Тип эхолота	Название прибора	Габариты (с закрытой крышкой), мм	Вес, кг	Блок-схема
НЭЛ-5	1. Самописец	525×350×235	28	
	2. Указатель глубин	420×382×255	16	
	3. Усилитель	340×300×230	10	
	4. Реле	330×310×251	14	
	5. Вибратор-налучатель	∅ 365×189	43	
	6. Вибратор-привесник	∅ 290×172	28	
	7. Фильтр	240×210×185	10	
	8. Кабельная коробка	174×130×83	2	
	9. Преобразователь ПО-550 или ПО-500АФ	418×330×270	70	
НЭЛ-7	1. Самописец	485×415×230	24	
	2. Указатель глубин	∅ 90×335×250	18,5	
	3. Реле	307×265×220	9	
	4. Кабельная коробка	∅ 540×150×95	3	
	5. Вибратор	∅ 250×165	35	
	6. Повращающий трансформатор	196×166×156	3,5	
	7. Преобразователь ПО-250 или МГЛ-5 с РКВ-422 (на —110 в)	245×155×210 442×220×436 340×312×142	8 59,5	

Продолжение

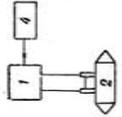
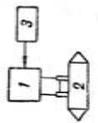
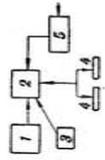
Тип эхолота	Название прибора	Габариты (с закрытой крышкой), мм	Вес, кг	Блок-схема
ПЭЛ-1	Центральный прибор с кронштейном	782×400×282 700×320×200	54 50	
	1. Центральный прибор 2. Заборный обтекатель 3. Танковый вибратор 4. Аккумуляторная бата- рея 5. Тарирующее устройство: контрольный вибратор лебедка кронштейн	330×330×175 — 240×240×400 525×262×330 480×190×167	20 — 80	
ПЭЛ-3	Центральный прибор с кронштейном	240×455×445 3110×165×35,5	32 —	
	1. Центральный прибор 2. Заборный обтекатель 3. Аккумуляторная бата- рея 4. Врезной вибратор: излучатель приемник 5. Тарирующее устройство 6. Педаль	175×220×220 175×220×220 400×500×960	11,4 10,7 32	
ГЭЛ-2	Центральный прибор	460×201×418	30	
	1. Приемпередатчик 2. Наконигель 3. Вибратор 4. Преобразователь ПО-1	616×591×744 660×607×486 ∅ 580×276 862×405×311	130 142 92 145	

Таблица 36.17

Систематические погрешности и соответствующие им поправки навигационных эхолотов															
№ по пор.	Причина возникновения систематической погрешности	Величина погрешности и целесообразность ее учета	Исключение погрешности регулировкой эхолота												
1	Методическая погрешность из-за отклонения фактической скорости звука в воде от расчетного значения	Погрешность невелика. Ее целесообразно учитывать при выполнении промерных работ; при определенных места по глубинам. Рассчитывается по формуле (6.12)	Поправку можно ввести регулировкой числа оборотов электродвигателя индикатора в соответствии с формулой $n_{\phi} = n_r \frac{c}{c_p}$ где n_{ϕ} — фактическое число оборотов; n_r — расчетное число оборотов												
2	Методическая погрешность за уклон морского дна	Примерные погрешности, м <table border="1" data-bbox="1339 468 1510 806"> <thead> <tr> <th>H_9</th> <th>$\alpha = 10^\circ$</th> <th>$\alpha = 15^\circ$</th> <th>$\alpha = 25^\circ$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>0,8</td> <td>1,5</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>1,5</td> <td>3,0</td> <td>5,8</td> </tr> </tbody> </table> где H_9 — глубина по эхолоту; α — уклон дна	H_9	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 25^\circ$	50	0,8	1,5	2,9	100	1,5	3,0	5,8	Не регулируется. Поправка выводится расчетным путем. Рассчитывается по формуле (6.16)
H_9	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 25^\circ$												
50	0,8	1,5	2,9												
100	1,5	3,0	5,8												

Продолжение

№ по пор.	Причина возникновения систематической погрешности	Величина погрешности и целесообразность ее учета	Исключение погрешности регулировкой эхолота																														
3	Методическая погрешность, обусловленная влиянием качки	Величина погрешности зависит от амплитуды и характера качки	Поправки могут быть получены обработкой записей глубин на ленте самописца. Для навигационных целей должна приниматься глубина, полученная при горизонтальном положении вибраторов на подшве волны																														
4	Инструментальная погрешность за базу между вибраторами	Величина погрешности незначительная даже при малых глубинах. Рассчитывается по формуле (6.13)	<p>Поправку за базу учитывают при измерении глубин менее 5—6 м</p> <table border="1" data-bbox="516 141 732 463"> <thead> <tr> <th colspan="6">Глубина по эхолоту $H_э$, м</th> </tr> <tr> <th colspan="6">База L, м</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>-0,13</td> <td>-0,06</td> <td>-0,04</td> <td>-0,03</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-</td> <td>-0,27</td> <td>-0,17</td> <td>-0,13</td> <td>-0,1</td> </tr> </tbody> </table>	Глубина по эхолоту $H_э$, м						База L , м						1	2	3	4	5		1	-0,13	-0,06	-0,04	-0,03	0	2	-	-0,27	-0,17	-0,13	-0,1
Глубина по эхолоту $H_э$, м																																	
База L , м																																	
1	2	3	4	5																													
1	-0,13	-0,06	-0,04	-0,03	0																												
2	-	-0,27	-0,17	-0,13	-0,1																												

Продолжение

№ по пор.	Причина возникновения систематической погрешности	Величина погрешности и целесообразность ее учета	Исключение погрешности регулировкой эхолота
5	Инструментальная погрешность при отклонении фактической скорости вращения электродвигателя от расчетного значения	Погрешность может быть значительной	Поправка вводится регулировкой числа оборотов электродвигателя (табл. 36.18). Если число оборотов не удается отрегулировать до расчетного значения, поправка рассчитывается по формулам (6.14) и (6.15)
6	Погрешность за счет неточной установки нуля глубин эхолота	Погрешность по величине равна смещению нулевого положения кулачка (диска), регулирующего момент срабатывания контактных групп, управляющих посылкой импульса	Поправка вводится регулировкой положения кулачка (диска), управляющего работой контактных групп
7	Суммарная систематическая погрешность глубин, измеренных эхолотом, равна алгебраической сумме методических и инструментальных погрешностей	Суммарная погрешность учитывается в виде общей поправки, определяемой с помощью контрольной доски или контрольного вибратора. Может быть значительной	В измеренные глубины вводится экспериментально определенная общая поправка. Общую поправку определяют при промере и других гидрографических работах

Таблица 36.18
Проверки и регулировки эхолотов с механической разноточной времени

№ по пор.	Что проверяется и регулируется	Требования к работе эхолота	Проверки и способы их выполнения	Регулировка
1	Число оборотов электродвигателя указателя глубин и самописца. Проверка — ежедневно, регулировка — по мере необходимости	При номинальном напряжении питания электродвигатели должны иметь заданное число оборотов	Число оборотов электродвигателей проверяется: — по вспышкам неоновой лампы на 500-м диапазоне (НЭЛ-4, НЭЛ-7); — по вспышкам контрольной неоновой лампы (ПЭЛ-1, ГЭЛ-2, НЭЛ-5, НЭЛ-4, НЭЛ-7); — по количеству переходов пера через нуль шкалы (самописец НЭЛ-4); — по количеству оборотов стрелки указателя или риски на оси (указатель НЭЛ-5, самописец НЭЛ-4); — по показаниям электроахсометра (ПЭЛ-1, ПЭЛ-3)	Убедиться, что напряжение питания в норме после этого с помощью АЦР отрегулировать скорость вращения электродвигателя. Перед регулировкой почистить контакт АЦР

Продолжение

№ по пор.	Что проверяется и регулируется	Требования к работе эхолота	Проверки и способы их выполнения	Регулировка
2	Нулевая отметка в указателе и самописце (отдельно для диапазонов больших и малых глубин). Проверка — ежедневно и после регулировки реле посылки, регулировка — по мере необходимости	Нулевая отметка (вспышки неоновой лампы, запись должа находиться деления шкалы деления нулевой глубин, если эхолот отрегулирован для измерения глубин от уровня вибраторов	Выключить устройство гашения нулевой отметки, переключатель фазы, переключатель фазы, установить на начальную фазу, установить достаточное усиление и наблюдать за нулевой отметкой. При несовпадении нулевой отметки с нулем шкалы определить поправку или отрегулировать эхолот. Проверка выполняется после проверки числа оборотов двигателя	Перемещать посылочные контакты или кулачки посылочных контактов до тех пор, пока нулевая отметка не совпадет с нулевым делением шкалы. Перед регулировкой почистить посылочные контакты
3	Схема гашения нулевой помехи. Проверка — ежедневно, регулировка — по мере необходимости	При работе на диапазоне малых глубин и при включенной схеме гашения нулевой помехи не должно быть	Включить указатель и самописец и проверить наличие нулевой отметки при включенной схеме гашения нуля. При наличии нулевой помехи выполнить регулировку	Переместить посылочные контакты или поворот кулачок в такое положение, чтобы контакты включали схему гашения нулевой помехи перед обработкой посылочных контактов и выключали сразу же

Продолжение

№ по пор.	Что проверяется и регулируется	Требования к работе эхолота	Проверки и способы их выполнения	Регулировка
4	Регулировка напряжения смещения тиратрона	Регулировка производится в случае, если регулятором усиления не удается получить надежного измерения глубин	При работающем эхолоте наблюдаются: — помехи, затрудняющие отчет глубин; — отсутствие отметок при измерении глубин и наибольшем усилении	1. Установить максимальное усиление. 2. Усилить напряжение смещения до момента исчезновения помех. 3. При отсутствии показаний глубин плавно уменьшить смещение
5	Регулировка реле посылки сигнала. Проверка — эмпирически согласно требованиям инструкции, регулировка — по мере необходимости	Реле посылки должно срабатывать одновременно со срабатыванием послылочных контактов в указателе и самописце	При появлении у работающего эхолота пропусков в работе или дребезжания реле отрегулировать его	1. Обстучить эхолот и разрядить высоковольтные конденсаторы. 2. Отрегулировать зазор между контактами (в пределах 0,7—1 мм). 3. Отрегулировать натяжение пружины реле до момента четкого срабатывания контактов при работающем эхолоте. Перед регулировкой почистить контакты

Продолжение

№ по пор.	Что проверяется и регулируется	Требования к работе эхолота	Проверки и способы их выполнения	Регулировка
6	Регулировка пишущей линейки (перьев) самониста. Проверка — ежедневно, регулировка — по мере необходимости	Пишущая линейка (перо) должна равномерно, но не сильно прижиматься к бумажной ленте по всей длине	При нажатии кнопки оперативных отметок пишущая линейка (перо) должна промеривать четкую линию поперек бумажной ленты	Регулируют винтами держателя пишущей линейки (натяжение пружины пера), добиваясь четкой записи поперек бумажной ленты. Перед регулировкой очистить от нагара край пишущей линейки (концы пера), спираль барабана и поверхность металлической пластинки в месте прохождения пера
7	Регулировка напряжения смещения на сетке поджигающего тиратрона (в схеме газоразрядной трубки, применяемой вместо элекстромагнитного реле)	При нормальной работе послылочные контакты вспышки газоразрядной трубки должны следовать в такт работе контактов без пропусков	При пропусках в работе газоразрядной трубки или при появлении самонистовых вспышек регулируется напряжение смещения на сетке тиратрона	Отрегулировать напряжение смещения потенциометром смещения тиратрона. При самонистовых вспышках увеличить смещение напряжения, при пропусках — уменьшить

№ по порядку	Что проверяется и регулируется	Требования к работе эхолота	Проверки и способы их выполнения	Регулировка
8	Запись масштабных и условных отметок. Проверка — ежедневно, регулировка — по мере необходимости	Запись масштабных и условных отметок должна быть законной и четкой	При работающем эхолоте включить выключатель масштабных отметок (переключаются диапазоны измерения глубины) и проверить правильность и надежность условных отметок	При необходимости очистить и отрегулировать перья и щетки
9	Проверка изоляции схемы — ежедневно	Сопротивление изоляции должно быть не ниже 10 Мом для вибраторов и подводящих к ним кабелей и не ниже 1 Мом для остальных цепей	Проверить изоляцию мегомметром с рабочим напряжением 500 и 1000 в	При пониженной изоляции схемы эхолота: — просушить схему; — при необходимости заменить участок с низкой изоляцией

3. Перед пуском эхолота проверить напряжение по вольтметру и в случае необходимости отрегулировать его. При эксплуатации эхолотов длительное отклонение напряжения от номинального не должно превышать $\pm 5\%$.

4. После пуска, а в процессе эксплуатации периодически контролировать число оборотов электродвигателя и при необходимости регулировать с помощью АЦР.

5. При измерении глубин переключатель диапазонов установить на нужный диапазон. При неизвестной глубине рекомендуется измерение начинать с диапазона больших глубин.

6. В случае разброса глубин на указателе или нечеткой записи на самописце отрегулировать усиление. Если регулировка усиления не дает результата, то одновременно с регулировкой усиления отрегулировать напряжение смещения на сетке тиратрона.

7. При измерении малых глубин (до 15—20 м) включить гашение нуля и уменьшить усиление до минимально возможного.

8. При отсутствии индикации глубин проверить регулировку усиления и подмагнитить вибратор-приемник. Рекомендуется вибратор-приемник подмагничивать еженедельно, а также после сильного сотрясения корпуса корабля (качка, гидравлические удары).

9. Помнить, что при качке, уклоне дна, илистом грунте или наличии водорослей точность измерения глубин понижается. Пределы надежно измеряемых глубин зависят от обводов корабля, расположения вибраторов, скорости хода, бортовой и килевой качки, от грунта и других причин.

10. В соответствии с инструкцией по эксплуатации периодически осматривать приборы и механизмы, проверять регулировку нуля шкал, очищать от нагара и протирать коллекторы АЦР, спирали, ножи пишущей линейки и т. д. Все детали протирать чистой ветошью, смоченной в спирте или бензине. Нагар счищать стеклянной бумагой.

11. После похода все приборы эхолота тщательно осмотреть, механизмы самописца и указателя глубин очистить от пыли сжатым воздухом или мягкой волосистой щеткой, обнаруженные неисправности устранять. Включить эхолот и проверить его работу при переключении диапазонов.

12. Типичные проверки и регулировки эхолотов, имеющих механическую развертку времени, приведены в табл. 36.18.

§ 36.6. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ПРОКЛАДЧИКИ

У большинства автопрокладчиков («Путь-1», АП-2, АП-3) поправки на дрейф и течение штурман рассчитывает графически и вводит вручную в виде поправок курса и скорости. В автопрокладчике «Путь-1» предусмотрены таблицы, из которых выбирают поправку курса и поправку лага на учитываемое течение. В автопрокладчике АП-4 элементы течения вводятся вручную в счетчик, в котором вырабатываются составляющие скорости с учетом перемещения корабля течением; дрейф может учитываться автоматически — от дрейфометра. В некоторых автопрокладчиках («Путь-1», АП-4) предусмотрена возможность ведения прокладки в постоянном крупном масштабе. В автопрокладчиках АП-3 и АП-4 счетчики выполнены в виде штурманских пультов. Счетно-решающие схемы современных автопрокладчиков выполнены на электромеханических и механических элементах.

Автопрокладчикам свойственны погрешности:
— методические — обусловлены неточным представлением формальных схем автопрокладчиков, неточной работой гирокомпыаса, лага и неточным знанием элементов течения и дрейфа;

— инструментальные — обусловлены неточным изготовлением элементов и узлов автопрокладчика, наличием мертвых ходов, люфтов, колебаниями напряжения и частоты питающего тока, температурными и силовыми деформациями.

Точность работы автопрокладчика характеризуется остаточной (не выбранной при построении и регулировке автопрокладчика) инструментальной погрешностью, которая может быть выражена в виде отдельных погрешностей по курсу (в град) и пройденному расстоянию (в %) или в процентах от пройденного расстояния (табл. 36.20). Фактические инструментальные погрешности автопрокладчика определяются экспериментально при проверке работы решением специальных контрольных задач.

Таблица 36.19

Типовая комплектация автопрокладчиков

№ по пор.	Основные приборы	Количество приборов			
		„Путь-1“	АП-2	АП-3	АП-4
1	Корректор курса и пройденного расстояния	1-2	—	—	—
2	Построитель	1	—	—	—
3	Счислитель (со штурманским пультом)	—	1	1	До 5
4	Масштабный прибор	1-4	—	—	—
5	Штурманский пульт	—	—	—	1
6	Планшет	1-4	1	1	До 5
7	Преобразователь координат	1	—	—	—
8	Трансляционный прибор	—	—	1	1
9	Репитерный прибор	До 6	—	—	До 6
10	Датчик широты	—	1	—	—
11	Пульт управления	1	—	—	—
12	Станция питания	—	1	1	1
13	Станция агрегатов	1	—	—	—
14	Балластное сопротивление	1	—	—	—
15	Прибор с усилителями	—	—	1	1
16	Соединительный ящик	До 5	1	—	—
17	Сигнальный прибор	1	—	—	—
18	Пост-корректор	1-2	—	—	—
19	Агрегат питания	2	—	1	1-2
20	Пусковой реостат	1	—	—	—
21	Регулятор возбуждения	1	—	—	—
22	Регулятор частоты	—	—	1	1-2
23	ЗИП	1	1	1	1

Таблица 36.20

Технические характеристики автопрокладчиков

Тип автопрокладчика	Пределы работы	Поправки			Точность	Питание схемы	Питание корабельной сети	Потребляемая мощность	Вес комплекта, кг
		по масштабу	по широте, град	по скорости, уз					
„Путь-1“	От 1 : 50 000 до 1 : 600 000 Постр. №: 1 : 50 000, 1 : 18 520 для П-2Н	по широте, град 0-75N, 0-75S	по скорости, уз До 45	расстояния, % 20	±0,3° по курсу, ±0,6% по расстоянию	—110 в; 110 в, 50 зч	—220 в, —110 в, 3ф 220 в, 50 зч; 3ф 380 в, 50 зч; 110 в, 50 зч	290-940 вт и 100-630 вв	От 580 до 1630
АП-2	От 1 : 100 000 до 1 : 600 000 Постр. №: 1 : 50 000, 1 : 18 520 для П-2Н	0-75N, 0-75S	До 45	15	±0,3° по курсу, ±0,6% по расстоянию	—110 в; 127 в, 50 зч	127 в, 50 зч	800 вт	От 450 до 495
АП-3	От 1 : 100 000 до 1 : 600 000 Постр. №: 1 : 100 000, 1 : 18 520 для П-2Н	0-75N, 0-75S	До 60	1	1% проф-дешиф-расстояния	100 в, 500 зч; 26 в, 500 зч	220 в, 500 зч; 110 в, 500 зч; 3ф 380 в, 50 зч; —220 в	Не более 290 вв; Не более 900 вв, 700 вт	От 216 до 277
АП-4	От 1 : 100 000 до 1 : 600 000 Постр. №: 1 : 18 520	0-75N, 0-75S	До 50	±1,5 тече-ние 5	1% проф-дешиф-расстояния	110 в, 500 зч; 110 в, 50 зч; —110 в, 40 в, 500 зч; 6,3 в, 50 зч	3ф 380 в, 50 зч; 3ф 220 в, 50 зч; 110 в, 500 зч	От 700 до 1700 вт	От 516 до 1710

Таблица 36.21
Основные приборы автопрокладчиков, их габариты, веса и блок-схемы

Тип автопрокладчика	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
"Путь-1"	1. Корректор курса и расстония П-1А	428×438×244	31	
	2. Построитель П-1 (П-1М)	497×550×302	54	
	3. Масштабный прибор П-3	573×520×310	58,5	
	4. Планшет П-2 или П-2Н	1153×977×395	141	
		1570×1075×407	192	
	5. Преобразователь координат П-3А	388×375×259	25	
	6. Репитер П-4	300×282×159	10	
	7. Станция агрегатов 108	236×288×184	10	
	8. Сигнальный прибор	178×312×113	3,2	
	9. Агрегаты ПН-10+ПН-10	597×347×350	184	
	10. Преобразователь АМГ-3А	525×360×380	108	
	11. Пусковой реостат РП-2511	180×215×231	5,5	
12. Регулятор возбуждения РЗВ-015	180×240×321	8		
АП-2	1. Счислитель П-1	580×810×594	230	
	2. Планшет (с линейкой) П-2 или П-2Н	1300×720×254	120	
	3. Станция питания 108	1570×1075×407	192	
	4. Датчик широты П-3Б	300×478×285	45	
	5. Сосдинительный ящик	268×310×260	23	
	383×463×140	18		

Продолжение

Тип автопрокладчика	Название прибора	Габариты, мм	Вес, кг	Блок-схема
АП-3	1. Счислитель П-1	635×380×240	58	
	2. Планшет (с линейкой) П-2	1085×729×288	105	
	3. Трансляционный прибор	240×165×115	3	
	4. Станция питания 108	295×267×160	9	
	5. Прибор с усилителями	429×275×187	10,5	
	6. Преобразователь ПГО-900 или ПГО-700	430×225×285	59,5	
	7. Регулятор РЧНВ30/500	375×205×320	42	
	318×209×150	8		
АП-4	1. Счислитель П-1	671×530×300	95	
	2. Планшет П-2	1520×995×312	210	
	3. Штурманский пульт	580×304×541	50	
	4. Трансляционный прибор	529×259×580	50	
	4, 4-1, 4-П	260×185×152	7	
	5. Репитер П-4	261×330×234	28	
	6. Станция питания 108	205×200×125	4	
	7. Прибор с усилителями	430×225×285	59,5	
	8. Преобразователь ПГО-900	215×75×190	2	
	9. Регулятор напряжения РН 80/500			

Рекомендации по использованию автопрокладчиков. 1. При приготовлении автопрокладчика к работе:

— осмотреть приборы и проверить надежность электрических соединений, исправность предохранителей, сигнальных ламп и ламп подсветки;

— проверить, нет ли заеданий в кинематических линиях, а также срабатывание ограничительных контактов и сигнальных устройств автопрокладчика;

— проверить правильность установки на планшете прокладочной линейки; в случае необходимости отрегулировать ее положение;

— проверить грифель карандаша пишущего устройства; при необходимости заточить его или установить новый;

— установить и закрепить на планшете нижнюю, а затем верхнюю карты;

— установить масштаб по главной параллели карты, широту главной параллели (или экваториальный масштаб) и начальные координаты места;

— сравнить показания шкал курса и скорости автопрокладчика с показаниями основного прибора гирокомпаса и центрального прибора лага;

— ввести поправки курса, скорости (или поправку лага), а также элементы течения (у автопрокладчиков, имеющих узлы для автоматического учета течения).

2. В момент прихода корабля в намеченную точку включить счетчик и планшет автопрокладчика на работу.

3. При плавании периодически сличать показания шкал курса, скорости и пройденного расстояния с показаниями основного прибора гирокомпаса и центрального прибора лага; проверять напряжение питания и при необходимости регулировать его; своевременно вводить поправки курса, скорости (поправку лага) и элементы течения.

4. Наблюдать за четкостью вычерчивания пути корабля на нижней карте. При подходе пишущего устройства к краю рабочего поля подготовить новую карту и своевременно заменить ее.

5. При переходе корабля через экватор или меридиан 0 (180°) переключить узел широты или долготы в соответствии с их новым наименованием.

6. При значительном расхождении обсервованного места со счислимым сделать соответствующие расчеты и перевести карандаш пишущего устройства в упрежденную точку, от которой продолжится ведение прокладки, когда корабль придет в нее.

7. При боевом маневрировании корабля и определении его маневренных элементов (элементов циркуляции, инерции и т. п.) автопрокладчик целесообразно переключить на работу в крупном постоянном масштабе (1:18 520, 1:25 000, 1:50 000). Если схемой автопрокладчика не предусмотрено ведение прокладки в крупном масштабе, то увеличить масштаб прокладки искусственным путем:

— установить наибольший возможный масштаб по главной параллели карты, а шкалу широты главной параллели — на нулевой отсчет (или установить наибольший экваториальный масштаб);

— рассчитать коэффициент k увеличения масштаба, разделив знаменатель масштаба C_0 по главной параллели (или знаменатель

экваториального масштаба C_0) на знаменатель $C_{тр}$ требуемого крупного масштаба:

$$k = \frac{C_0}{C_{тр}};$$

— рассчитать коэффициент k_V увеличения масштаба за счет искусственного увеличения скорости до возможного наибольшего значения V_{max} (по шкале):

$$k_V = \frac{V_{max}}{V_k},$$

где V_k — фактическая скорость корабля;

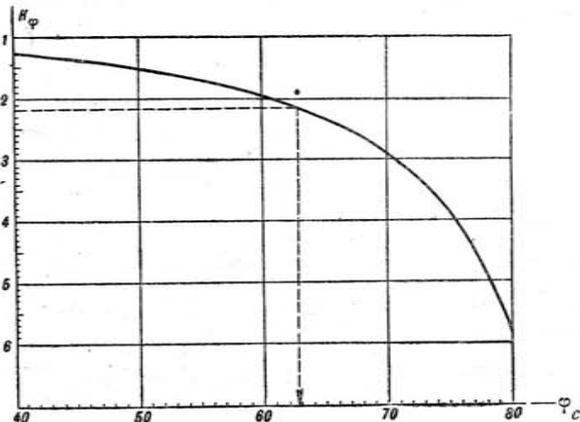


Рис. 36.3

— рассчитать коэффициент $k_φ$ увеличения масштаба за счет искусственного изменения счислимой широты:

$$k_φ = \frac{k}{k_V} = \sec φ_p;$$

— с помощью логарифмической линейки рассчитать по формуле или определить по графику (рис. 36.3) значение искусственной широты $φ_p$ (график рекомендуется построить в крупном масштабе);

— установить на шкалах автопрокладчика выбранное наибольшее значение скорости V_{\max} и полученную по графику широту φ_p ;

— включить автопрокладчик на работу в крупном масштабе.

8. После выключения автопрокладчика осмотреть его приборы и устранить обнаруженные неисправности. При периодических осмотрах приборы, механизмы и элементы автопрокладчика осмотреть, проверить и прочистить в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

9. Ежемесячно (а при необходимости и чаще) проверять точность работы автопрокладчика решением нескольких контрольных задач по таблицам проверки.

10. Периодически проверять точность работы автопрокладчика на ходу корабля с помощью устройства оперативного контроля (если оно имеется).

11. Раз в три месяца приглашать базовых специалистов для контрольного осмотра, чистки механизмов и проверки точности работы автопрокладчика.

Глава 37

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ

§ 37.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Таблица 37.1

Классификация радионавигационных систем и устройств по техническому признаку

РНС и РНУ	Используемая зависимость
Амплитудные	Между амплитудой электромагнитного поля и навигационной величиной
Фазовые	Между фазой электромагнитного поля и навигационной величиной
Частотные	Между частотой электромагнитного поля и навигационной величиной
Временные (импульсные)	Между временем распространения электромагнитного поля и навигационной величиной

Расчет дальности действия радионавигационных систем и устройств. В диапазоне средних и длинных волн (для волн от 250 до 25 000 м при дальности до 16–18 тыс. км)

$$D = \frac{300 \sqrt{P_{\Sigma}}}{E_0} \sqrt{\frac{\Theta}{\sin \Theta}} e^{-\frac{0.0014}{\lambda^{0.6}}}; \quad (37.1)$$

где D — искомая дальность действия, км;
 E_0 — минимальное значение напряженности электромагнитного поля, обеспечивающее нормальный прием сигналов (норма поля), мВ/м;
 P_{Σ} — излучаемая мощность, кВт;
 Θ — центральный угол при центре земли, опирающийся на дугу, равную D , рад;
 λ — длина волны, км.

Для поверхностных волн

$$D = \frac{245 \sqrt{P_{\Sigma}}}{E_0} W, \quad (37.2)$$

где W — множитель ослабления, зависящий от характера подстилающей поверхности.

Для расстояний до 100 км расчет D можно производить по формуле идеальной радиопередачи без учета множителя ослабления

$$D = \frac{245 \sqrt{P_{\Sigma}}}{E_0}. \quad (37.3)$$

Рабочие зоны радионавигационных средств. Рабочая зона — область, в пределах которой ошибки определения места не выходят за пределы заданной величины. Она ограничивается линией равной точности, представляющей собой геометрическое место точек, в которых ошибки определения места равны между собой. Для построения рабочих зон служат типовые графики рабочих зон радионавигационных средств.

§ 37.2. АМПЛИТУДНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

Радиомаяки кругового излучения. Морские радиомаяки кругового излучения работают в диапазоне 285–320 кГц на следующих фиксированных частотах:

СССР: 291,5; 294,5; 297,5; 300,5; 303,5; 306,5; 309,5; 312,5; 315,5; 318,5 кГц.

Европа: 287,3; 289,6; 291,9; 294,2; 296,5; 298,8; 301,1; 303,4; 305,7; 308,0; 310,3; 312,6; 313,5; 314,5 кГц.

Америка: 286; 288; 290; 292; 294; 296; 298; 300; 302; 304; 306; 308; 310; 312; 314; 316; 318 кГц.

Объединение радиомаяков в группы и порядок работы. Все европейские радиомаяки, в том числе и радиомаяки СССР, работают шестиминутным циклом с одномоментным или двухминутным рабочим периодом. Радиомаяки с одномоментным рабочим периодом объединяются в группы до шести

Таблица 37.2
 Типовой график работы радиомаяков с односторонним и двухминутным рабочими периодами по расписанию «Туман»

Группы	Минуты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6 радиомаяков с односторонним рабочим периодом												
3 радиомаяка с двухминутным рабочим периодом												

маяков; с двухминутным периодом — в группы до трех маяков. Для радиомаяков СССР установлен единый порядок работы в любых метеорологических условиях по расписанию «Туман».

Дальность действия. Номинальной дальностью действия радиомаяков считается расстояние, на котором величина напряженности поля над водной поверхностью в продолжение дня составляет: для радиомаяков, расположенных севернее широты 43°, — 50 мкв/м; для радиомаяков, расположенных южнее широты 43°, — 75 мкв/м. Навигационное использование круговых радиомаяков наиболее эффективно днем на удаленностях до 150—175 миль, ночью из-за влияния ночного эффекта — до 60—75 миль. На этих удаленностях возможно получить пеленг с точностью до 1°.

Секторные радиомаяки. Дальность действия днем около 1000 миль, ночью (на пространственной волне) до 1500 миль. На расстоянии менее 25 миль пользование секторными радиомаяками возможно только как обычными круговыми радиомаяками в момент подачи длинного тире.

Точность пеленгования зависит от номера сектора, в котором находится корабль, индивидуальных ошибок наблюдателя в счете знаков и ошибок, вызываемых условиями распространения радиоволн. Ошибке в один знак в секторах, прилегающих к нормали базы, соответствует ошибка в пеленге 0,2—0,3°, в крайних секторах (под углом 60° к нормали) ошибка вдвое больше. За пределами угла 60° ошибка достигает больших величин (нерабочие секторы).

Ошибки, вызываемые условиями распространения радиоволн, наблюдаются в темное время суток (ночной эффект); особенно они значительны на удалении 250—600 миль. Для повышения надежности пеленгования в этих условиях необходимо брать 10—15 отсчетов.

Створные радиомаяки. Предназначены для обеспечения проводки кораблей по прямолнейным фарватерам путем удержания корабля в пределах зоны равной слышимости двух сигналов («А» и «Н»; «Б» и «Ж»; «Е» и «Т»), передаваемых радиомаяком «в переплетение». Для приема сигналов могут использоваться обычные приемники, имеющие средневолновый диапазон и обеспечивающие прием на слух.

Створные радиомаяки работают в диапазоне частот 375—750 кГц тонально-модулированными и незатухающими колебаниями. Дальность действия зависит от величины угла равносигнальной зоны (РСЗ). Отечественные радиомаяки (СРМ-50, СРМ-250) имеют дальность действия 15—25 миль при величине угла РСЗ 0,5°. С увеличением угла РСЗ дальность увеличивается.

Кроме подачи опознавательных (переплетающихся) сигналов радиомаяки через каждые 3 мин 48 сек в течение 12 сек подают позывные сигналы, состоящие из двух букв азбуки Морзе.

Эксплуатация радиопеленгаторов. Включени е:

1. Снять предохранительную крышку с передней панели приемно-гониометрического блока.
2. Включить телефоны и динамики.
3. Включить питание радиопеленгатора, проверить напряжение бортовой сети.
4. После прогрева ламп (1—2 мин) проверить напряжения, подаваемые в приемно-гониометрический блок.
5. Ручкой «Установка курса» установить подвижную шкалу так, чтобы против нуля неподвижной шкалы было установлено деление, соответствующее курсу корабля.

Радиопеленгаторы.

Таблица 37.3

Комплектация радиопеленгаторов

№ по пор.	Наименование прибора и устройства	Количество	
		РПН-50	АРП-50
1	Блок рамочных антенн с колонкой	1	1
2	Внешняя соединительная проводка	1 компл.	1 компл.
3	Одноручевая ненаправленная антенна	1	—
4	Двухлучевая ненаправленная антенна	—	1
5	Внутренняя соединительная проводка	1 компл.	1 компл.
6	Компенсирующее устройство	1	—
7	Приемно-гонометрический блок в кожухе с крепежной рамой	1	1
8	Щиток питания	1	—
9	Контрольно-распределительный щиток	—	1
10	Антенная коробка	—	1
11	Коробка с переключателем рамок	1	—
12	Коробка с переключателем «Прием — Пеленг»	1	—
13	Сигнальный щиток	2	2
14	Динамик	2	2
15	Блок питания с крепежной рамой	—	1
16	Переходная монтажная коробка	1	—
17	Преобразователь ОП-120 (при питании от сети постоянного тока)	1	1
18	Автотрансформатор 220/127 (при питании от сети переменного тока 220 в)	—	1
19	Соединительные шланги	1 компл.	1 компл.
20	Тестер	1	1
21	Запасное и вспомогательное имущество	1 компл.	1 компл.

Схемы соединений радиопеленгаторов РПН-50 и АРП-50 приведены на рис. 37.1 и 37.2.

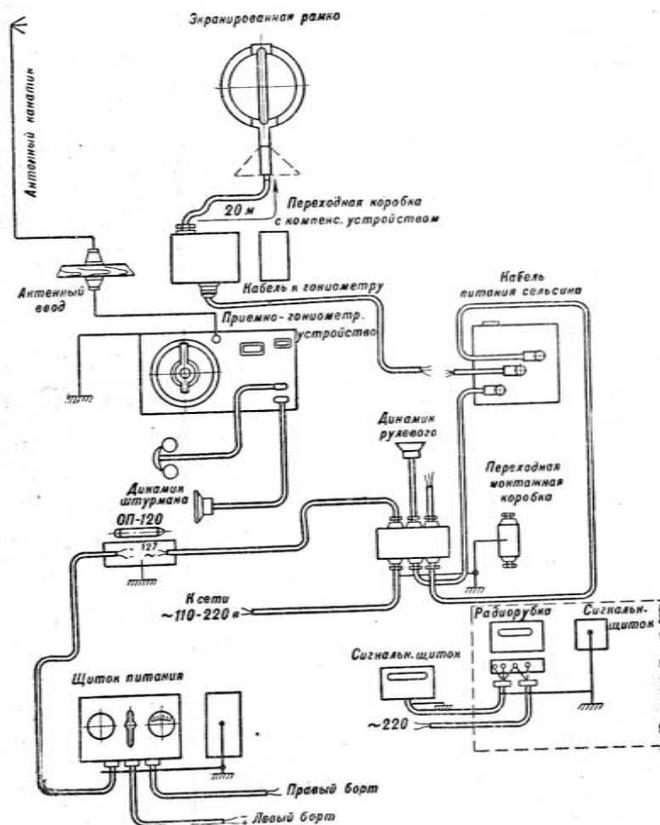


Рис. 37.1. Схема соединений РПН-50

Таблица 37.4

Основные тактико-технические данные радиопеленгаторов

№ по пор.	Наименование ТТД	РПН-50	АРП-50
1	Рабочий диапазон частот	От 186 до 750 кгц	От 187,5 до 750 кгц
2	Поддиапазоны	I — 186 — 375 кгц; II — 375 — 750 кгц	I — 187,5 — 375 кгц; II — 375 — 750 кгц; III — 270 — 320 кгц (радиомаячный)
3	Принимаемые виды радиосигналов	Модулированные, незатухающие, тонально-модулированные	Модулированные, незатухающие, тонально-модулированные
4	Средняя квадратическая ошибка радиопеленга	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$
5	Способ компенсации радиодетонации	Электрический (от 2 до 20°)	Электрический (от 4 до 20°) и механический (от 0 до 5°)
6	Питание радиопеленгатора	110, 127 и 220 в, 50 гц. Постоянный ток 110 или 220 в через преобразователь ОП-120	110, 127 и 220 в, 50 гц. Постоянный ток 110 или 220 в через преобразователь ОП-120
7	Режимы работы	1. «О» — круговой прием. 2. «∞» — пеленгование 3. «8» — определение стороны пеленга	1. «Д» — круговой прием. 2. «А» — автоматическое пеленгование. 3. «С» — слуховое пеленгование

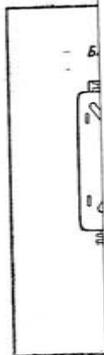
6. С помощью сигнального щитка дать приказание изолировать корабельные антенны.

Измерение пеленга при автоматическом пеленговании:

1. Переключатель рода работы поставить в положение кругового приема.

2. Настроить приемник на частоту радиомаяка, для чего:
— установить соответствующий поддиапазон;
— ручкой «Настройка» установить заданную частоту;
— ручку «Громкость» установить в среднее положение;
— выключить второй гетеродин;
— проверить точность настройки по максимуму отклонения стрелки индикатора настройки;

— проверить позывной и убедиться, что настройка произведена на нужный радиомаяк (при приеме немодулированных сообщений для проверки позывных включить второй гетеродин).



Заказ

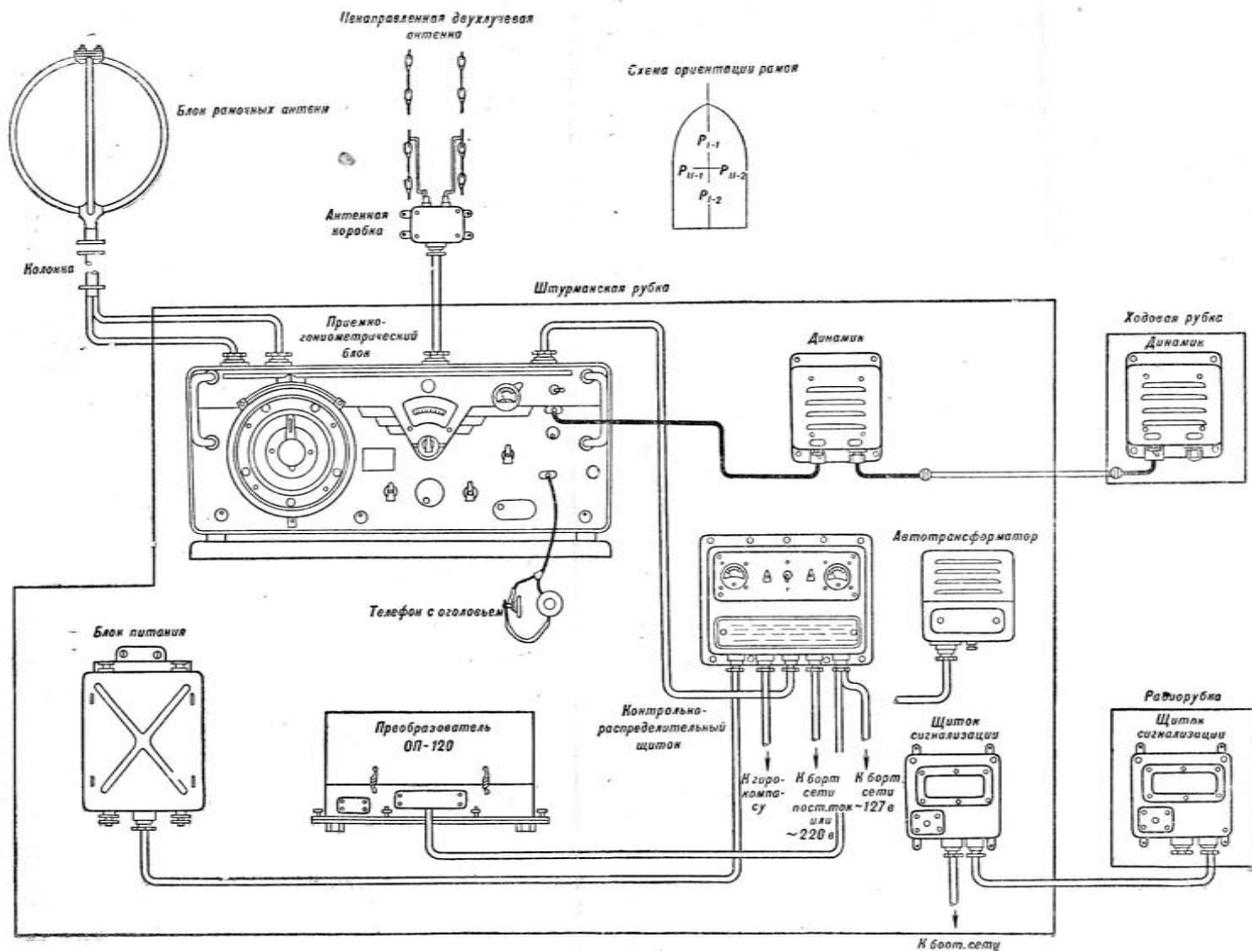


Рис. 37.2. Схема соединений АРП-50

3. Поставить переключатель рода работы в положение автоматического пеленгования и подождать, пока не остановится указатель. На подвижной шкале гониометра снять отсчет радиопеленга (или по неподвижной шкале отсчет РКУ).

Измерение пеленга при слуховом пеленговании:

1. Настроить приемник на частоту пеленгуемого радиомаяка так же, как и при автоматическом пеленговании.

2. Поставить переключатель рода работы в положение слухового пеленгования.

3. Включить второй гетеродин.

4. Определить позывные радиомаяка.

5. Ручкой «Тон биений» подобрать нужный тон.

6. Вращая одновременно ручку компенсации антенного эффекта и указатель гониометра, добиться полного пропадания (или четкого минимума) сигнала радиомаяка.

7. По подвижной шкале снять отсчет радиопеленга.

8. Если необходимо определить сторону радиопеленга, то переключатели рода работы (у слуховых радиопеленгаторов) последовательно поставить в положения, отмеченные знаком кардионды красного и зеленого цвета, и сравнить слышимости сигнала в этих положениях. Если на значке красного цвета слышимость хуже, указатель гониометра повернуть на $\pm 180^\circ$. На автоматическом радиопеленгаторе сторона пеленга, полученного на слух, определяется переключением рода работы в режим автоматического пеленгования («А»).

Прием сигналов секторных или створных радиомаяков:

1. Переключатель рода работы установить в положение кругового приема.

2. Выключить второй гетеродин.

3. Настроить приемник на частоту радиомаяка.

4. Включить второй гетеродин и ручкой «Тон биений» добиться требуемого тона биений в телефонах.

5. Включить динамик или подключить КИ-55.

Выключение радиопеленгатора:

1. Выключить источники питания.

2. Отключить телефоны и динамик.

3. Закрыть приемно-гониометрический блок крышкой.

Предупреждение ошибок радиопеленгования. 1. При пеленговании слабо слышимых радиомаяков в режиме автоматического пеленгования рекомендуется отсчет пеленга каждого радиомаяка группы производить два—три раза.

2. При пеленговании слабо слышимых радиомаяков на слух определять границы угла молчания, отсчет делать по середине этого угла.

3. При качке радиопеленг отсчитывать в момент прохождения корабля через ровный киль или при отклонении от этого положения на угол не более 3° .

4. Во избежание ошибок от ночного эффекта в ночное время, особенно в течение часа до и после захода (восхода) Солнца, не следует определять место по радиомаякам, расстояние до которых превышает 30—40 миль. В случае острой необходимости надо брать серию из 10—15 пеленгов и рассчитывать из них средний.

5. Во избежание ошибок от берегового эффекта нельзя пеленговать радиомаяки, направления на которые пересекают береговую черту под углом меньше 20° , если величина этой ошибки не указана в руководствах.

6. В момент отсчета по гониометру следует заметить время и отсчет лага для приведения пеленгов к одному месту.

7. Отсчет пеленга при автоматическом пеленговании брать только в момент подачи радиомаяком длинного тире для пеленгования. При подаче радиомаяком позывных отсчет пеленга брать нельзя.

8. Во всех случаях необходимо тщательно компенсировать антенный эффект, добиваясь минимального угла молчания.

Техническое обслуживание радиопеленгаторов. 1. Предохранять рамку от коррозии, для чего периодически ее осматривать, зачищать и прокрашивать места, пораженные коррозией.

2. Сопротивление изоляции рамок должно быть не менее 50 Мом. При уменьшении сопротивления изоляции протереть все изоляторы от копоти, грязи и влаги.

3. Содержать аппаратуру в чистоте.

4. При длительной стоянке корабля (капитальный ремонт), когда возможна большая влажность в местах расположения радиопеленгатора, основные узлы аппаратуры (приемно-гониометрический блок, блок питания, щиток питания, ОП-120) снять и хранить в сухом помещении.

5. Регистрировать в формуляре количество часов работы радиопеленгатора со дня установки его на корабле.

6. По истечении гарантийного срока службы ламп (1000 ч) заменить их новыми.

7. Постоянно поддерживать полный комплект ЗИП, пополняя его по мере расходования.

8. Один—два раза в год проверять целостность антенно-фидерной проводки, надежность ее крепления и состояние антикоррозионных покрытий, надежность крепления рамочной антенны. Чистить и смазывать коллекторы гониометра ланолином.

9. Категорически запрещается:

— вынимать приемно-гониометрический блок из кожуха при включенном радиопеленгаторе;

— снимать с оси указатель гониометра после уничтожения радиодевияции;

— вращать стержни сердечников катушек контуров и изменять схему радиопеленгатора.

Корабельный индикатор КИ-55. Состав комплекта: индикатор, блок питания, набор соединительных кабелей, телефон, ЗИП и техническая документация.

Суммарная ошибка отсчета пеленга при использовании КИ-55 не превышает одного знака.

Получение пеленга с помощью КИ-55:

1. Настроить приемник на частоту секторного радиомаяка и убедиться на слух, что сигналы принимаются.

2. Включить КИ-55.

3. Отрегулировать яркость и отфокусировать на экране ЭЛТ подвижное светящееся пятно круговой развертки. Регулятором «Усиление» отрегулировать чувствительность индикатора так, чтобы изображение РСЗ было наиболее четким.

4. Настроить индикатор — отрегулировать длительность развертки и усиление. Длительность одного оборота светящегося пятна на экране трубки должна быть равна продолжительности цикла передачи сигналов радиопеленга (точек и тире). Эта регулировка сводится к совмещению начала изображения первого сигнала с концом последнего сигнала изменением количества оборотов мотора привода развертки.

5. Произвести отсчет, для чего начало шкалы (удлиненная

риска) установить на начало первого сигнала и против изображения равносигнальной зоны снять отсчет.

§ 37.3. РАДИОДЕВИАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Радиодевияция. Практическая формула радиодевияции f (в град):

$$f = A + B \sin q + C \cos q + D \sin 2q + E \cos 2q + H \sin 4q, \quad (37.4)$$

где q — радиокурсовой угол, град;

A, B, C, D, E, H — коэффициенты радиодевияции, град.

Таблица 37.5

Причины появления коэффициентов радиодевияции

Коэффициенты радиодевияции	Причины, вызывающие их появление
A — коэффициент постоянной радиодевияции	Смещение указателя гониометра. Поворот рамки относительно диаметральной плоскости корабля. Установка рамки вне плоскости электрической симметрии вторично излучающих контуров (в этом случае коэффициент A зависит от длины волны)
B — коэффициент полукруговой радиодевияции	Наличие антенноподобных вторичных излучателей, расположенных в диаметральной плоскости корабля: к носу от рамки (+ B) или к корме (— B)
C — коэффициент полукруговой радиодевияции	Наличие антенноподобных вторичных излучателей, расположенных по траверзу: по левому борту (+ C) или по правому (— C)
B и C — совместно	Наличие антенноподобных вторичных излучателей, расположенных в ином направлении, чем указано выше
D — коэффициент четвертной радиодевияции	Вторичные излучатели контурного типа (индуктивного характера), расположенные в продольной или поперечной плоскости. Влияние металлического корпуса корабля
E — коэффициент четвертной радиодевияции	Вторичные излучатели контурного типа (емкостного характера), лежащие в продольной или поперечной плоскости. Влияние вторичных излучающих контуров, расположенных под углом 45 и 135° к диаметральной плоскости корабля
D и E — одновременно	Влияние вторичных излучателей контурного типа, произвольно расположенных относительно рамок

Продолжение

Коэффициенты радиодвижения	Причины, вызывающие их появление
H — коэффициент восьмерной радиодвижения	Величина второго порядка малости. Появляется при большой величине коэффициента D . Может вызываться неравномерностью магнитного поля гониометра

Основные факторы, влияющие на величину радиодвижения:

— изменения в расположении металлических предметов на корабле;

— крен и дифферент корабля;

— изменение осадки корабля;

— изменение несущей частоты пеленгуемых радиомаяков;

— изменение атмосферных условий.

Меры предупреждения ошибок радиопеленгования за счет радиодвижения:

1. Не реже одного раза в год определять остаточную радиодвижение, точно фиксируя положение различных надпалубных предметов, а также осадку корабля и состояние корабельных антенн. Все надпалубные предметы должны быть в положении «По-походному», а все антенны — в положении «Изолировано».

2. Систематически проверять остаточную радиодвижение на различных курсовых углах. Для этого при проходе в видимости радиомаяка или радиостанции одновременно берут отсчеты визуального курсового (КУ) и радиокурсового углов (РКУ). Исправив РКУ радиодвижением, получают истинный РКУ (ИРКУ), который сравнивают с КУ (разница не должна быть более 1°).

3. Определять заново радиодвижение в случаях, если:

— во время проверки остаточной радиодвижения установлено, что ее неточность превышает 1°;

— резко изменилась осадка корабля по сравнению с той, при которой определялась радиодвижения, или изменилось расположение металлических предметов по отношению к рамке;

— ремонтировался радиопеленгатор;

— изменено расположение корабельных антенн по отношению к рамке.

Компенсация радиодвижения. Подготовительные работы:

1. Тщательно осмотреть все приборы и блоки радиопеленгатора, включить радиопеленгатор и убедиться в его нормальной работе.

2. Проверить правильность установки указателя гониометра (у АРП — нуля шкалы поправок) по неподвижной шкале (установка нуля), для чего закоротить концы поперечной рамки и запеленговать радиомаяк. Радиокурсовой угол по неподвижной шкале должен получиться 0—180°. В противном случае отсоединить указатель от оси гониометра, в положении «минимума» установить его на отсчет 0—180° и вновь закрепить.

3. Выбрать удобно расположенный компас, репитер или другой указатель курсовых углов и проверить правильность его установки

относительно диаметральной плоскости корабля. Указатель курсовых углов должен находиться как можно ближе к вертикальной оси радиопеленгаторной рамки.

4. Выбрать район маневрирования (радиодвижационный полигон).

5. Определить организацию работы личного состава.

6. Установить время работы радиодвижационного маяка и сигналы связи с ним.

7. Убедиться, что все надпалубные перемещающиеся металлические предметы закреплены по-походному.

8. Проверить и записать осадку корабля.

9. Проверить крен и дифферент.

10. Установить постоянно действующие антенны связи на прием, а остальные изолировать. Вращающиеся антенны радиолокационных станций, влияющие на пеленгование, выключить и установить на нуль.

11. Выйти в район маневрирования (радиодвижационный полигон).

Компенсация коэффициентов A , D и E :

1. Отключить дроссели электрической компенсации радиодвижения от цепей рамки, установив соответствующие перемычки (винты) в положение «Выключено».

2. Включить радиопеленгатор.

3. При наличии механического компенсатора радиодвижения отрегулировать его на нулевую поправку (риска указателя должна быть установлена на 1—2° слева от нуля шкалы поправок на всех 36 курсовых углах).

4. На курсовых углах 0, 45, 90, 135, 180 и 270° определить радиодвижение f и вычислить коэффициенты:

$$A = \frac{f_0 + f_{90} + f_{180} + f_{270}}{4} \quad |$$

$$D = \frac{f_{45} - f_{135}}{2}; \quad E = \frac{f_0 - f_{90}}{2} \quad | \quad (37.5)$$

5. Скомпенсировать коэффициент A радиодвижения, сдвинув указатель гониометра (у АРП — нуль шкалы поправок) на угол, равный коэффициенту A , по часовой стрелке при положительном и против часовой стрелки при отрицательном коэффициенте A .

6. Скомпенсировать коэффициент E (только у радиопеленгаторов типа РПН), для чего контактные винты ввернуть в гнезда «+E» или «-E» в зависимости от знака коэффициента и, вращая регулировочные винты на дросселях, установить визиры на деления, соответствующие величине $\frac{E}{2}$.

7. Скомпенсировать коэффициент D , для чего включить дроссели электрической компенсации в цепь продольной рамки (при положительном коэффициенте) или в цепь поперечной рамки (при отрицательном коэффициенте) и, вращая регулировочные винты на дросселях, установить визиры на деления, соответствующие величине коэффициента D радиодвижения. Определить остаточную радиодвижение на радиокурсовых углах 45 и 135°.

8. Определить остаточную радиодвижение и составить график.

9. При наличии механического компенсатора выбрать им остаточную радиодвижение и проверить соответствие показаний по шкале поправок графику кривой остаточной радиодвижения. Расхождение показаний не должно превышать $\pm 0,5^\circ$.

§ 37.4. ИМПУЛЬСНЫЕ (ВРЕМЕННЫЕ)
РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

Навигационные радиолокационные станции.

Таблица 37.6

Комплектация навигационных РЛС

№ по пор.	Наименование прибора и устройства	Количество			
		„Нептун“	„Дон“	„Донец“	„Створ“
1	Индикатор	1	1	1	1
2	Приемопередатчик	1	1	1	1
3	Антенное устройство	1	1	1	1
4	Мотор-генератор (типа АЛП или АЛА)	1	1	1	1 (МГЛ)
5	Магнитный пускатель (типа ДПП или ДПТ)	1	1	1	—
6	Пусковое устройство (типа МПП)	—	—	—	1
7	Блок компенсации и регулировки напряжения (типа БКР-122)	1	1	1	—
8	Блок управления напряжением генератора (БУ-102)	1	1	1	—
9	Блок дистанционного кнопочного управления (пуск и остановка мотор-генератора) типа ДКУ-100	1	1	—	—
10	Щиток включения и остановки мотора вращения антенны	1	—	—	—
11	Выпрямительное устройство	—	1	1	—
12	Измерительные приборы:				
	авометр (АВО-5)	1	1	1 (Ц-52)	1 (ТТ-1)
	осциллограф-синхроскоп	1 (25-И)	1 (СИ-1)	1 (ЭМО-2)	—
	мегаомметр (М-1101)	1	1	—	—
13	Вспомогательное имущество, инструменты и документация	1 компл.	1 компл.	1 компл.	1 компл.

Примечание. В состав комплектов РЛС «Нептун» и «Дон», кроме того, могут входить выносной индикатор и устройство «Пальма».

Таблица 37.7

Основные тактико-технические данные навигационных РЛС

Наименование ТТД	Тактико-технические данные			
	„Нептун“	„Створ“	„Донец“	„Дон“
Длина волны, см	3,2	3,2	3,2	3,2
Мощность импульса, кгт	40	80	85	85
Шкалы дальности индикатора, мили	а) 1,5 б) 5 в) 15 г) 30	а) 0,5—1,5 б) 3 в) 6 г) 10 д) 25	а) 0,5—1,5 б) 3 в) 6 г) 12 д) 20 е) 50	а) 0,8 б) 2,5 в) 5,0 г) 15 д) 30 е) 50
Длительность импульса, мксек	а, б) 0,25 в, г) 1	0,1	а, б) 0,11 в, г, д) 0,5	а, б) 0,12 в) 0,5 г, д, е) 1
Частота посылки импульсов, млн/сек	а, б) 2700 в, г) 675	2000	а, б) 3400 в, г, д) 1700	а, б, в) 1600 г, д, е) 800
Ширина луча в горизонтальной плоскости, град	1,6	1,7	1,7	1,1
Ширина луча в вертикальной плоскости, град	16	20	22	20
Уровень мощности боковых лепестков, дБ	—24	—22	—23	—26

Продолжение

Наименование ТТД	Тактико-технические данные			
	"Нептун"	"Створ"	"Донец"	"Дон"
Интервалы между неподвижными кругами дальности, <i>милл</i>	а) 0,5 б) 1 в) 5 г) 10	а) 0,1 б) 0,2 в) 0,5 г) 2 д) 5	а) 0,2 б) 0,5 в) 1,0 г) 2 д) 4	а) 0,5 б) 0,5 в) 1 г) 3 д) 10 е) 10
Точность измерения расстояния по основному индикатору	а, б) 3% в, г) 0,6% номинального значения шкалы	10% номинального значения шкалы	3% номинального значения шкалы	а) 2,5 м б, в, г) 1,5% д, е) 0,6% номинального значения шкалы
Точность измерения азимута, <i>град</i>	±1	±1	±1	±1
Минимальная дальность действия, <i>м</i>	120	30	35	50
Разрешающая способность по дальности, <i>м</i>	90	30--40	30	30
Разрешающая способность по азимуту, <i>град</i>	2	2	1,8	1,1
Диаметр экрана индикатора, <i>мм</i>	300	230	230	300

Продолжение

Наименование ТТД	Тактико-технические данные			
	"Нептун"	"Створ"	"Донец"	"Дон"
Вес (без агрегата питания), <i>кг</i>	950	170	250	480
Скорость вращения антенны, <i>об/мин</i>	14	22	14--16	12
Тип антенны	Параболическая	Сегментно-параболическая	Параболический цилиндр	Параболический цилиндр
Регулировка и контроль подвижного круга дальности	Есть	Нет	Нет	Есть
стабилизация изображения от гироскопаса	"	"	Есть	"
подавления помех от морских волн	"	Есть	"	"
фокусировки	"	"	"	"
настройки приемника	"	"	"	"

Примечание. Буквы в графах длительности импульсов, частоты посылок импульсов, интервалов между неподвижными кругами дальности и точности измерения расстояний соответствуют тем же буквам в графе шкал дальности индикатора.

Эксплуатация РЛС. Включение и выключение станции:

1. Запустить мотор-генератор. Если напряжение, измеряемое прибором, на панели контроля не соответствует номиналу, отрегулировать его при помощи блока БУ.

2. Включить питание на блоке РЛС. Через 20—30 сек должна загореться сигнальная лампа «Включено» («Подготовка»). Проверить на панели контроля напряжения, вырабатываемые узлом питания, и отрегулировать, если необходимо, стабилизированные напряжения +300 и —300 в.

3. Ручками «Яркость», «ПКД», «НКД» установить нормальную яркость луча и отметок подвижного и неподвижного кругов дальности, ручкой «Фокус» — наибольшую их четкость.

4. Включить мотор вращения антенны, при этом луч развертки начнет вращаться по часовой стрелке. Поворачивая ручку «Отметка курса», проверить наличие отметки курса на экране и установить нормальную ее четкость. При ориентировке изображения по курсу отметка курса должна быть на нуле неподвижного азимутального круга, а при ориентировке по меридиану — на истинном курсе. Согласовать РЛС с гирокомпасом, поворачивая маховичок сельсина-приемника гирокомпыа и вращающегося трансформатора норда до тех пор, пока отметка курса не покажет истинный курс по неподвижному азимутальному кругу (переключатель «Курс—Норд» в положении «Норд»).

5. Через 3 мин после включения питания включить высокое напряжение в передатчике, установив переключатель «Резерв—Работа» («Подготовка—Работа») в положение «Работа». При этом должны загореться сигнальная лампа «Работа» и неоновая лампочка на волновом. Проверить ток магнетрона по прибору на панели контроля и, если необходимо, отрегулировать его.

6. Отрегулировать усиление приемника ручками «Усиление», «Усиление по БО», «ВАРУ» так, чтобы шумы приемника на экране были почти не заметны, а все изображение было контрастным и хорошо выделялись ближние объекты на фоне засветки от морских волн. Для увеличения разрешающей способности по дальности включить дифференцирующую цепочку переключателем «МПВ».

7. По окончании работы выключить РЛС в следующем порядке: выключить высокое напряжение, остановить мотор вращения антенны, выключить питание, а кнопкой «Стоп» на блоке ДКУ — мотор-генератор. Если РЛС необходимо использовать периодически с небольшими перерывами, то станцию полностью можно не выключать, достаточно выключить лишь высокое напряжение.

Основные регулировки в РЛС:

1. Установка нормального размера (3—5 мм) диаметра окружающей начала развертки. Осуществляется регулировкой постоянной составляющей тока в отклоняющих катушках ЭЛТ.

2. Совмещение центра развертки с центром экрана (с центром вращения визира). Осуществляется центрированием фокусирующей катушки относительно трубки или изменением тока в катушках смещения центра. Эксцентриситет должен быть не более 1—2 мм.

3. Юстировка антенны — проверка соответствия курсовых углов и пеленгов, отсчитываемых по индикатору РЛС, их значениям, получаемым визуально.

Перед юстировкой проверить правильность установки отметки курса. Правильное положение отметки курса устанавливается разворотом кулачка или контактов отметки курса в антенном

устройстве. Первоначально это выполняется при антенне, установленной строго в носовом направлении, а затем проверяется положение отметки курса на экране РЛС при вращении антенны.

Юстировка антенны выполняется по хорошо видимому одиночному объекту, находящемуся на расстоянии 1—5 миль от корабля. Сначала проверяется соответствие курсовых углов, а затем (при ориентировке изображения по меридиану) — соответствие пеленгов (расхождение не должно быть более 0,5—1°).

3. Согласование ПКД и НКД с началом развертки. Точная установка ПКД выполняется на стоянке при наличии небольшого объекта на хорошо известном расстоянии от корабля сравнением действительного расстояния с расстоянием, полученным по ПКД на экране РЛС, и регулировкой дальномера. После проверки ПКД по нему выставляется НКД смещением импульсов НКД до положения, при котором один из них совпадет с ПКД, установленным на соответствующее расстояние.

4. Регулировка контрастности изображения на экране. Осуществляется изменением уровня ограничения амплитуды импульсов на выходе видеосмесителя. Амплитуда импульсов не должна превышать величины, при которой наблюдается расфокусировка луча.

5. Настройка входной части приемника. Выполняется после смены магнетрона или клистрона. Состоит из установки нормальных токов кристаллов смесителей, настройки клистрона на частоту, равную частоте магнетрона плюс промежуточная частота приемника, и проверки работы блока АПЧ.

Нормальные токи кристаллов (несколько сотен микроампер) устанавливаются регулировкой уровня колебаний, поступающих от клистрона в смесительные камеры, с помощью специальных аттенуаторов, имеющихся в высокочастотной головке. Контроль производится по микроамперметру, вмонтированному в приемопередатчик, или по переносному микроамперметру. Потенциометр ручной настройки клистрона должен быть в положении, обеспечивающем максимальный ток кристаллов.

Клистрон настраивается на номинальную частоту винтом механической настройки и потенциометром электронной настройки. Настройка контролируется наблюдением за амплитудой импульсов, отраженных от объектов (или импульсов эхо-камеры). При правильной настройке амплитуда этих импульсов максимальная.

Проверка работы блока АПЧ должна установить неизменность частоты клистрона как в режиме ручной, так и в режиме автоматической подстройки частоты. При правильной работе блока токи кристаллов смесителей должны быть одинаковы в обоих режимах.

6. Согласование антенно-волноводного устройства с магнетроном. Осуществляется фазорегулятором, расположенным в волноводе, до получения максимальной яркости эхо-импульсов или длительной засветки от эхо-камеры на экране РЛС.

Устройство «Пальма». Состав комплекта: индикатор (прибор К) с органами управления и приспособлением для совмещения радиолокационного изображения с картой, блок питания (прибор ВК), переходной щиток; стол для установки прибора К, ЗИП и техническая документация.

Основные технические данные:

Пределы изменения масштаба радиолокационного изображения От $\frac{1}{25\ 000}$ до $\frac{1}{500\ 000}$

- Время включения Не более 3 мин
 Интервалы между масштабными кольцами 0,5;
 1; 2 и 5 миль
 Ошибка масштабных колец
 максимальной дальности шкалы Не более 0,7%
 Нелинейность развертки Не более 2%
 Диаметр экрана 225 мм
 Трубка Типа 23ЛМ34

Эксплуатация устройства. Подготовка к включению:

1. Если устройство длительное время не работало или отсырело, его следует предварительно просушить, для чего не менее чем за 4 ч включить подогрев. Подогрев должен быть непрерывно включен, если температура в штурманской рубке ниже -10°C .
2. Установить ручку «Яркость» в положение минимальной яркости (до упора против часовой стрелки).
3. Откинуть полупрозрачное зеркало в рабочее положение и снять шторку, если устройство будет использоваться для совмещения с картой (при использовании устройства как выносного индикатора кругового обзора шторку не снимать).

Включение:

1. Главный выключатель перевести из положения «Выключено» в положение «Подготовка», при этом должна загореться белая лампа.
2. Ручками «Масштаб грубо» и «Масштаб плавно» предварительно установить масштаб.
3. Ручкой «Кольца дальности» установить желаемый интервал между кольцами отметок дальности.
4. Выдав 1—2 мин, поставить главный переключатель в положение «Работа» (при этом должна загореться красная лампа); плавно поворачивая ручку «Яркость», получить на экране устройство желаемую яркость изображения.
5. Ручками «Фокус», «Яркость», «Яркость колец» и «Усиление» отфокусировать изображение и подобрать желаемую яркость колец, фона и отметки курса.
6. Положить на стол под полупрозрачное зеркало карту, выбранный для данного района плавания, так, чтобы при наблюдении ее через полупрозрачное зеркало центр развертки (видимый в зеркало) находился на одном из целых широтных делений рамки карты; ручкой «Масштаб плавно» окончательно установить масштаб изображения, добиваясь совпадения колец дальности с соответствующими делениями карты.
7. Проверить ориентировку изображения «По норду».

Признаки нормальной работы устройства:

- равномерный световой фон на всей поверхности экрана индикатора;
- равномерное расстояние между кольцами дальности;
- четкое изображение целей, а при их отсутствии — наблюдаемость импульсов шума приемника на экране устройства («шесок»).

Выключение. Главный выключатель поставить в положение «Выключено» и, если позволяет внешняя обстановка, выключить цепи подогрева тумблером на блоке подогрева РЛС.

Корабельный приемник КПИ-3М. Тактико-технические данные и комплектация. Приемник КПИ-3М предназначен для определения места корабля в море по импульсным гиперболическим системам, работающим на средних и длинных волнах. Сигналы могут приниматься на ненаправленную антенну с действующей высотой 5—15 м. Индикатор позво-

ляет делать одновременно отсчет разности времени прихода импульсов двух пар станций, работающих с одной частотой повторения, и последовательный отсчет для каждой пары станций при работе их с различными частотами повторения. Число частот повторения, на которых возможно производить измерения, — 32, точность отсчета ± 1 мксек. Приемник питается от сети переменного тока 400—500 гц напряжением 115 в; потребляемая мощность 700 вт. Общий вес аппаратуры около 50 кг. В комплект приемника КПИ-3М входят: элемент согласования антенны с приемником, приемник, индикатор, блок питания, понижающий трансформатор. Кроме того, к комплекту приложены ЗИП, описание и инструкция по эксплуатации, формуляр и альбом со схемами.

Эксплуатация приемника. Проверка работоспособности аппаратуры:

1. За 10—15 мин до начала работы включить аппаратуру.
2. Проверить развертки индикатора:
 - ручками «Фокус» и «Яркость» добиться четкого изображения на экране;
 - переключатель скорости «Скорость развертки» поставить в положение «1», проверить наличие двух линий развертки с четырьмя пьедесталами на них и ручками «Поиск влево» и «Поиск вправо» проконтролировать плавность перемещения подвижных пьедесталов в соответствующую сторону по своим линиям разверток;
 - переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «2» и «3» и проверить наличие на экране двух двойных разверток, совмещенных попарно;
 - переключатель «Шкала — Прием» поставить в положение «Шкала» и проверить, есть ли на развертке временные метки;
 - переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «2», а переключатель «Группа частот» — последовательно в положения «2», «3» и «4». Все четыре линии развертки должны слиться в одну;
 - проверить положение стрелок нуль-приборов и установить их на нуль ручками «Нуль — 1в», «Нуль — 2в» и «Нуль — Вед.», переводя переключатель «Скорость развертки» в положение «3».
3. Проверка работы приемника:
 - ручкой «Усиление» на индикаторе установить на линиях развертки шумовую дорожку, что служит показателем нормального усиления приемника;
 - настроить приемник на частоту станций системы, переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «1», а тумблер «Шкала — Прием» — на «Прием»; на экране индикатора должны быть видны четыре или два импульсных сигнала (в зависимости от типа системы и местоположения корабля).
4. Проверка цепи автоматической синхронизации:
 - кнопкой «Быстрое переключение» установить сигналы ведущей станции на начало пьедесталов ведущего канала;
 - переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «2»; на экране должен быть виден растянутый сигнал;
 - ручкой «Синхронизация» добиться медленного перемещения сигнала по развертке; при подходе к началу пьедестала сигнал должен остановиться и загореться сигнальная лампа «Вед.».
5. Проверка цепи автоматического слежения:
 - переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «1»;

— установить пьедестал ведомого канала под сигнал ведомой станции (импульс должен быть на начале пьедестала) и после отклонения стрелки нуль-прибора перевести ручку отсчетного канала в положение «Слежение»; в этом положении должен отработать мотор следящей системы и точно совместить сигнал с селекторным импульсом; показателем точного совмещения является установка стрелки нуль-прибора на нуль и загорание сигнальной лампочки «Iв» или «IIв»;

— переключатель «Скорость развертки» поставить в положение «2»; при этом селекторные импульсы должны находиться на середине переднего фронта импульса; при смещении сигнала вправо или влево стрелка нуль-прибора должна отклоняться в соответствующую сторону; проверка цепи слежения производится по обоим каналам ведомых станций.

Одновременный прием сигналов двух пар станций:

1. Ручки и переключатели приемника установите в следующие положения:

— на элементе согласования с антенной переключатель «СВ — ДВ» — в положение, соответствующее диапазону принимаемых волн;

— переключатель «Настройка СВ» или «Настройка ДВ», а также ручка «Подстройка» — в положение, дающее максимальную амплитуду принимаемых импульсов;

— на приемнике переключатель «СВ» или «ДВ» — в одно из пяти положений, соответствующее несущей частоте принимаемых пар станций;

— переключатель «Полоса» — в положение «III», если нет помех, и в положение «V» — если они есть; при большом уровне помех тумблер «Фильтр» поставить в положение «Вкл.» и ручками «Настройка фильтра» и «Подавление» уменьшить влияние помех до минимума;

— переключатель «РРУ — АРУ» — в положение «АРУ» при автоматическом сопровождении и в положение «РРУ» — при ручном снятии отсчета;

— на индикаторе переключатель «Сеть — Выкл.» — в положение «Сеть»;

— переключатель «Скорость развертки» — в положение «1»;

— переключатели «Группа частот» и «Частота станций» — в положения, соответствующие частоте повторения импульсов (основной и дополнительной) принимаемых станций;

— переключатель «Шкала — Прием» — в положение «Прием»;

— переключатель «Выбор пары» — в положение «1»;

— переключатель «Автом. — Ручная синхр.» — в положение «Ручная синхр.»;

— переключатель «Поиск» — в положение «Ручная»;

— ручку «Усиление» — в положение, дающее амплитуду принимаемых импульсов 20—30 мм;

— счетчики «Код» — на деления, соответствующие коду принимаемых станций.

Для остановки видеоимпульсов выбранной станции в произвольном положении повернуть ручку «Синхронизация» в сторону, противоположную движению видеоимпульсов.

2. Нажать кнопку «Быстрое перемещение» и отпустить ее при приходе импульсов ведущей станции на начало неподвижных пьедесталов. Импульс ведущей станции с опознавательным сигналом должен быть на верхней развертке.

3. Переключатель «Поиск» поставить в положение «Право»

или «Лево», при этом подвижные пьедесталы начнут перемещаться в соответствующую сторону. При совмещении пьедесталов с импульсами ведомых станций перевести переключатель в положение «Ручная».

4. Переключатель «Скорость развертки» перевести в положение «2», а ручкой «Синхронизация» подвести видеоимпульс ведущей станции до небольшого провала в развертке и поставить переключатель «Автом. — Ручная синхр.» в положение «Автом.». При этом должна сработать схема автоматической синхронизации и загореться контрольная лампа «Вед.».

Ручками ручного перемещения пьедесталов, расположенными соосно с переключателями «Поиск», точно совместить видеоимпульсы и снять отсчеты с обоих счетчиков (от 3000 до 18 000 мксек). Левый счетчик дает отсчет пары станций А, Б, правый — А, В.

Автоматическое сопровождение. При выполнении условий предыдущего пункта должны загореться контрольные лампы «Iв» и «IIв», а стрелки измерительных приборов, размещенных в верхней части индикатора, установятся на нуль. После этого перевести переключатели «Поиск» в положение «Слежение».

Прием сигналов станций с различными частотами повторения. После установки всех органов управления в соответствующие положения на индикаторе и установке импульсов ведущей станции на начало неподвижных пьедесталов, если отсчет предполагаемой гиперболы больше 3000 мксек, кнопкой «Быстрое перемещение» привести один из видеоимпульсов на начало верхнего неподвижного пьедестала. Другой видеоимпульс будет находиться при этом на нижней развертке правее первого. В дальнейшем совмещение видеоимпульсов и отсчет осуществляются обычным образом с помощью соответствующего счетчика. Аналогично сделать отсчет для второй пары станций.

Определение разности времен прихода импульсов возможно и по разности показаний двух счетчиков. Для этого видеоимпульсы принимаемой пары станций совмещают с началом подвижных пьедесталов так же, как для одного подвижного пьедестала. Автоматическое сопровождение в этом случае невозможно. Этот способ измерения — единственно возможный, если предполагаемый отсчет гиперболы менее 3000 мксек.

§ 37.5. ФАЗОВЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ (ФРНС)

ФРНС «Декка». Основные технические данные:

Диапазон рабочих частот	80—150 кгц
Мощность излучения	2 квт
Вид колебаний	Незатухающие
Длина базовой линии пары станций	Около 100 миль
Дальность действия:	
днем	До 1000 миль
ночью	До 300 миль
Точность определения линии положения:	
днем	От 10 до 450 м
ночью	От 20 до 450 м

Приемник «Пирс-1». Состав комплекта: приемник, пульт управления, блок связи, индикатор, индикатор грубый,

Таблица 37.8

Последовательность включения шкал опознавания дорожек

Положение переключателя «Указатели»	Последовательность включения шкал
«Фиолетовый — красный» «Красный — зеленый» «Красный — фиолетовый»	Ведущий, зеленый, фиолетовый Ведущий, красный, зеленый Ведущий, фиолетовый, красный

коробка переключений, кварцевые генераторы, путепрокладчик, блок питания записывающего устройства, ЗИП и техническая документация.

Основные технические данные. Приемондikator работает на 27 частотных каналах девяти основных групп цепей РНС «Декка». Обеспечивает днем однозначное определение места с вероятностью 95% на удалениях от ведущей станции до 300—330 миль, ночью — на удалениях до 150—200 миль.

Средняя квадратическая ошибка измерения разности расстояний, выраженная в долях точных дорожек:

- для красного индикатора: днем — 0,017, ночью — 0,026;
- для зеленого индикатора: днем — 0,005, ночью — 0,028;
- для фиолетового индикатора: днем — 0,02, ночью — 0,035;

Приемондikator может работать одновременно по двум сеткам (двум парам станций). Время непрерывной работы 48 ч.

Эксплуатация приемондикатора. Включе н и е:

1. Убедиться в правильности установки всех колодок переключения и предохранителей.

2. Не менее чем за 1 ч до начала работы тумблером на пульте управления включить подогрев термостата кварцевых генераторов.

3. Выключить БОИ.

4. За 5—10 мин до начала работы тумблером «Вкл. — Выкл.» на пульте управления включить приемондikator.

5. Переключатели «Канал» поставить в положения, соответствующие выбранной цепи РНС «Декка».

6. Переключатель «Указатели» установить в положение, соответствующее выбранной для работы пары станций (цветная маркировка переключателя соответствует цвету изолиний на карте).

7. Переключатель рода работы на пульте управления поставить в положение «Синхр. ВЦГ» и ручкой «Синхр. ВЦГ» установить грубый указатель «Ведущий» на нуль.

8. Установить тумблер «Контр. — Измер.» на индикаторе в положение «Измер.».

9. Скомпенсировать самоход точных указателей индикатора и точно ведущего фазовращателя, для чего переключатель рода работы поставить в положение «Кор. ВЦГ», переключатели «Стабилизация» — в положение «V» и регуляторами «Компенсация самохода» добиться неподвижного положения стрелок каждого индикатора и ведущего фазовращателя.

10. Произвести коррекцию точных и грубых указателей, для чего переключатель рода работы поставить последовательно в положения «Кор. ВМТ», «Кор. ВЦГ», «Кор. ВМГ» и в каждом положении соответствующими ручками «Установка нуля» выставить нулевые отсчеты на указателях.

11. Переключатель рода работы поставить в положение «Работа». При этом сигнальные лампы опознавания дорожек на индикаторе грубого должны загораться в определенной последовательности в зависимости от положения переключателя «Указатели» (табл. 37.8).

Стрелки точных индикаторов начнут вращаться и через некоторое время установятся неподвижно (на стоянке) или будут продолжать равномерно вращаться (на ходу). Указатели индикатора грубого изменяют свое положение скачкообразно с включением подсвета шкалы опознавания дорожек. Отсчет указателя «Ведущий» должен быть всегда нулевым.

Отсчет — снятие показаний с отсчетных устройств точных и грубых указателей индикаторов. Производится только после того,

как оператор убедится в правильности работы канала синхронизации в течение нескольких смен цветов освещения шкал указателей на индикаторе грубого.

В течение первых 2 ч после включения «Пирс-1» в работу необходимо через каждые 0,5 ч производить корректировку указателей. В дальнейшем это делается только в случаях, требующих особо точных определений места, а также при смене номера цепи системы.

Перед началом снятия отсчета установить счетчики на точных указателях индикатора по координатам корабля, снятым с карты. Перевод координат, снятых с карты, в значение целых фазовых циклов счетчиков точных указателей индикатора и обратно осуществляется с помощью специальной линейки.

Начальная установка счетчиков на точных указателях индикатора производится отдельно на каждой декаде ручкой «Нач. уг.» при одновременном плавном нажатии кнопки (до полного зацепления шестерен) соответствующей декады. Кнопки 1, 2, 3 нажимаются для установки целых фазовых циклов соответственно единиц, десятков, сотен.

Выполнив вышеперечисленные действия, можно перейти к снятию отсчета с точных и грубых указателей индикаторов. В момент разрешения многозначности шкалы указателей индикатора грубого поочередно подсвечиваются, показывая на указатели, с которых следует брать отсчет.

Включе н и е «Пирс-1»:

1. Тумблер «Вкл. — Выкл.» на пульте управления поставить в положение «Выкл.».

2. Тумблер «Подогрев» на пульте управления поставить в положение «Выкл.», если ожидается перерыв в работе приемондикатора более суток.

РАЗДЕЛ VI
СВЕДЕНИЯ ИЗ ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ
И ГИДРОГРАФИИ

Глава 38

ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА

§ 38.1. ЭЛЕМЕНТЫ ЗЕМНОГО ЭЛЛИПСОИДА

Основные соотношения:

$$\alpha = \frac{a-b}{a}; \quad (38.1)$$

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}; \quad (38.2)$$

$$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}; \quad (38.3)$$

$$R = \frac{a\sqrt{1-e^2}}{1-e^2 \sin^2 \varphi}; \quad (38.4)$$

$$R' = \sqrt{\frac{3}{a^2 b}}; \quad (38.5)$$

$$R'' = a \sqrt{1 - \frac{e^2}{3}}; \quad (38.6)$$

$$e^2 \approx (e')^2 \approx 2\alpha, \quad (38.7)$$

- где α — полярное сжатие меридианного эллипса;
 a — большая полуось эллипсоида;
 b — малая полуось эллипсоида;
 e — первый эксцентриситет земного эллипсоида;
 e' — второй эксцентриситет земного эллипсоида;
 R — радиус средней кривизны земного эллипсоида в данной точке;
 φ — широта данной точки;
 R' — радиус шара, объем которого равен объему земного эллипсоида;
 R'' — радиус шара, поверхность которого равна поверхности земного эллипсоида.

Таблица 38.1

Размеры земного эллипсоида по выводам различных исследователей

Фамилия ученого	Год вывода	Большая полуось, м	Полярное сжатие
Деламбр	1800	6 375 653	1 : 334,0
Вальбек	1819	6 376 896	1 : 302,78
Эверест	1857	6 377 276	1 : 390,81
Эри	1830	6 376 542	1 : 299,33
Бессель	1841	6 377 397	1 : 299,15
Кларк	1866	6 378 206	1 : 294,98
Кларк	1880	6 378 249	1 : 293,47
Кларк	1893	6 377 717	1 : 299,7
Жданов	1907	6 378 290	1 : 298,3
Гельмерт	1907	6 378 290	1 : 298,3
Хейфорд	1910	6 378 388	1 : 297,0
Красовский	1949	6 378 245	1 : 298,3

В СССР с 1946 г. принят в качестве обязательного для всех топогеодезических работ референц-эллипсоид Красовского.
 Главные сечения эллипсоида: нормальное сечение, перпендикулярное меридиану, и меридианное сечение.
 Радиус кривизны нормального сечения

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}. \quad (38.8)$$

Радиус кривизны меридиана

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}}. \quad (38.9)$$

где a — большая полуось эллипсоида;
 φ — широта точки, в которой сечение пересекает меридиан;
 e — первый эксцентриситет меридианного эллипса.
 На полюсах радиусы кривизны главных сечений M и N будут наибольшими, на экваторе — наименьшими.
 Длина одной минуты дуги меридиана

$$\Delta l' = \frac{a(1 - e^2) \operatorname{arc} 1'}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} = M \operatorname{arc} 1'. \quad (38.10)$$

Длина одной минуты дуги меридиана на земном эллипсоиде — величина переменная и колеблется в пределах от 1843,0 м на экваторе до 1861,6 м на полюсе.

Длина одной минуты дуги параллели с широтой φ

$$p = \frac{a \cos \varphi \operatorname{arc} 1'}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}. \quad (38.11)$$

Кроме главных сечений, на эллипсоиде рассматриваются нормальные сечения — кривые, полученные в результате пересечения поверхности эллипсоида плоскостью, проходящей через нормаль к эллипсоиду в данной точке. Нормальных сечений через данную точку можно провести бесчисленное множество. Положение каждого нормального сечения определяется азимутом — углом между плоскостью меридиана и плоскостью этого нормального сечения. Нормальное сечение, проходящее через полюс и какую-либо точку, — меридиан данной точки.

Соотношение между радиусом кривизны нормального сечения, имеющего азимут A (R_A), и радиусами кривизны главных сечений (формула Эйлера)

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{M} \cos^2 A + \frac{1}{N} \sin^2 A. \quad (38.12)$$

Сечения, расположенные симметрично относительно главных направлений, имеют одинаковые радиусы кривизны. Сумма кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений — величина постоянная в данной точке поверхности эллипсоида и равна сумме кривизны по главным направлениям:

$$\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_{A+90^\circ}} = \frac{1}{M} + \frac{1}{N}. \quad (38.13)$$

§ 38.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ

Геодезическая линия — кратчайшее расстояние (кривая) между двумя точками на поверхности эллипсоида. Геодезические линии в общем случае — кривые двойкой кривизны (исключают меридианы и экватор). Два смежных элемента геодезической линии (два бесконечно малых ее отрезка) являются одновременно элементами нормального сечения поверхности эллипсоида в данной точке. Если между двумя точками на поверхности эллипсоида провести геодезическую линию и стягивающую эти точки хорду, то нормаль, опущенная на поверхность эллипсоида из середины хорды, пересечет геодезическую линию.

Если конечные точки геодезической линии не лежат на одной параллели или одном меридиане, то геодезическая линия не совпадает с нормальным сечением на поверхности эллипсоида, но расхождение это очень незначительно и им можно пренебречь. Разность длин нормального сечения и геодезической линии выражается долями миллиметра даже на значительных расстояниях, поэтому эта разность на практике учитывается очень редко.

Геодезическая окружность — геометрическое место точек, равноудаленных от постоянной точки на поверхности эллипсоида по геодезическим линиям. Геодезическая окружность во всех своих точках перпендикулярна к геодезическим линиям, ее образующим.

Геодезическая параллель — кривая, которая получается на поверхности эллипсоида в результате построения, когда из каждой точки произвольной кривой проводят перпендикулярно к ней геодезические линии разной длины, концы которых и образуют геодезическую параллель. Геодезическая параллель не является геодезической линией; она во всех своих точках перпен-

дикулярна геодезическим линиям, ее образующим. Иногда геодезической параллелью называют линию, параллельную некоторому избранному «осевому» или «начальному» меридиану эллипсоида.

Глава 39

ВЫЧИСЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ, ШИРОТ, ДОЛГОТ И АЗИМУТОВ

§ 39.1. ПРЯМАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Прямая геодезическая задача — вычисление координат φ_2 и λ_2 второй точки и азимута A_{2-1} со второй точки на первую по известным координатам φ_1 и λ_1 первой точки, азимуту A_{1-2} с первой точки на вторую и расстоянию между этими точками S .

Решение прямой геодезической задачи при расстоянии между точками менее 100 км производится по формулам:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \pm b' - d'; \quad (39.1)$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 \pm \Delta\lambda; \quad (39.2)$$

$$A_{2-1} = A_{1-2} \pm \gamma \pm 180^\circ. \quad (39.3)$$

Вспомогательные формулы:

$$b' = \frac{S}{M \sin I'} \cos A_{1-2}; \quad (39.4)$$

$$\Delta\lambda' = \frac{S}{N \sin I'} \sin A_{1-2} \sec(\varphi_1 + b'); \quad (39.5)$$

$$d' = \frac{S^2}{2NM \sin I'} \operatorname{tg}(\varphi_1 + b') \sin^2 A_{1-2}; \quad (39.6)$$

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi_{CP}. \quad (39.7)$$

где b' , d' — вспомогательные величины; знак b' определяется знаком $\cos A_{1-2}$, d' — всегда отрицательно, *дуг. мин.*;

γ — схождение меридианов, одноименно с $\Delta\lambda$ (определяется знаком $\sin A_{1-2}$), *град.*;

M , N — радиусы кривизны главных сечений, определяются по формулам (38.8) и (38.9) для широты φ_1 в тех же единицах, что и S .

Вычисления по этим формулам обеспечивают точность получения (среднюю квадратическую ошибку) координат $\pm 1,5$ м, азимута $\pm 0,1'$.

Решение прямой геодезической задачи при расстояниях между точками до 19 000 км производится по формулам:

$$\operatorname{tg} A_{2-1} = \operatorname{tg} m \operatorname{cosec} (M - \sigma); \quad (39.8)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = -\frac{1}{1-\alpha} \cos A_{2-1} \operatorname{ctg} (M - \sigma); \quad (39.9)$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda. \quad (39.10)$$

Вспомогательные формулы:

$$\sin m = \cos U_1 \sin A_{1-2}; \quad (39.11)$$

$$\operatorname{tg} M = \operatorname{ctg} U_1 \cos A_{1-2}; \quad (39.12)$$

$$\sigma = FS - G \sin \sigma_0 \cos (2M - \sigma_0); \quad (39.13)$$

$$\sigma_0 = FS^*; \quad (39.14)$$

$$F = 323931 \cdot 10^{-7} + 545 \cdot 10^{-7} \sin^2 m; \quad (39.15)$$

$$G^* = 346^* \cos^2 m; \quad (39.16)$$

$$\Delta\lambda = \omega - \alpha \sigma_0 \sin m; \quad (39.17)$$

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\sin m \sin \sigma}{\sin (M - \sigma) \sin M + \sin^2 m \cos M \cos (M - \sigma)}, \quad (39.18)$$

где α — полярное сжатие меридианного эллипса;
 U_1 — приведенная широта первой точки, град;
 σ — сферическое расстояние, *дуг. сек.*;
 ω — сферическая разность долгот, град;
 G, F, m, M, σ_0 — вспомогательные величины;
 S — расстояние между точками, *дуг. сек.*

Вычисление по этим формулам с применением пятизначных таблиц логарифмов (табл. 2 и 5-а МТ-63) обеспечивает точность координат (средняя квадратическая ошибка положения точки) $\pm 10 - \pm 50$ м, точность азимута $\pm 0,1 - \pm 0,3'$ на расстояниях 10 000 и 19 000 км соответственно.

§ 39.2. ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Обратная геодезическая задача — вычисление расстояния S между двумя точками и азимутов: прямого A_{1-2} и обратного A_{2-1} по известным координатам φ_1 и λ_1 ; φ_2 и λ_2 этих точек.

Решение обратной геодезической задачи при расстояниях между точками менее 100 км производится по формулам:

$$\operatorname{tg} A_{1-2} = \frac{N \Delta\lambda'}{M b'} \cos \varphi_2; \quad (39.19)$$

$$A_{2-1} = A_{1-2} \pm 180^\circ \pm \tau; \quad (39.20)$$

$$S = M b' \sec A_{1-2} \sin 1' = N \Delta\lambda' \cos \varphi_2 \operatorname{cosec} A_{1-2} \sin 1'. \quad (39.21)$$

Вспомогательные формулы:

$$b' - d' = (\varphi_2 - \varphi_1)'; \quad (39.22)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1; \quad (39.23)$$

$$b' = \Delta\varphi' + d'; \quad (39.24)$$

$$d' = \frac{N \sin 1'}{4M} \Delta\lambda^2 \sin 2\varphi_2, \quad (39.25)$$

где b', d' — вспомогательные величины; d' — всегда положительно, *дуг. мин.*;
 M, N — определяются по формулам (38.8) и (38.9) для широты φ_2 .

Таблица 39.1

Определение четверти азимута A_{1-2}

$\Delta\lambda$	+	+	-	-
b	+	-	-	+
A_{1-2}	0-90°	90-180°	180-270°	270-360°

Вычисление по этим формулам обеспечивает точность получения (среднюю квадратическую ошибку) расстояния ± 5 м, прямого азимута $\pm 0,1'$.

Решение обратной геодезической задачи при расстояниях между точками до 2 000 км по ТВА-57:

1. Геодезические широты пунктов перевести в геоцентрические с помощью табл. 11 ТВА-57 или по формуле

$$\varphi' = \varphi - \Delta, \quad (39.26)$$

где Δ — поправка, равная $11,5 \sin 2\varphi$, *дуг. мин.*

2. Вычислить азимут и расстояние по геоцентрическим широтам, при этом для входа в ТВА-57 принять $\varphi_2 - \Delta$, $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ за t и $\varphi_1 - \Delta$ за φ_c . Тогда вычисленное зенитное расстояние z будет равно искомому расстоянию между точками в милях.

3. Полученное расстояние перевести в километры.

Средние квадратические ошибки вычисления расстояния и азимута на предельных расстояниях (2 000 км) будут соответственно равны ± 30 м и $\pm 0,3'$.

Решение обратной геодезической задачи при расстояниях до 19 000 км:

1. Вычислить приближенные значения S и A'_{1-2} :

$$\cos S = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda; \quad (39.27)$$

$$\sin A'_{1-2} = \frac{\sin \Delta\lambda \cos \varphi_2}{\sin S}; \quad (39.28)$$

$$\operatorname{ctg} A'_{1-2} = \frac{\sin \varphi_2 \cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda}{\cos \varphi_2 \sin \Delta\lambda}. \quad (39.29)$$

2. Рассчитать поправки ΔS (в км) и ΔA (в угл. сек):

$$\Delta S = \frac{\alpha x (3 \sin S - S)}{8 \cos^2 \frac{S}{2}} (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)^2 - \frac{\alpha x (3 \sin S + S)}{8 \sin^2 \frac{S}{2}} (\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)^2; \quad (39.30)$$

$$\Delta A = \frac{\alpha}{2 \operatorname{arc} 1''} (1 + S \operatorname{ctg} S) \cos^2 \varphi_1 \sin 2A'_{1-2} - \frac{\alpha S}{2 \operatorname{arc} 1''} \sin 2\varphi_1 \sin A'_{1-2}. \quad (39.31)$$

3. Полученное значение S в градусах (если $\cos S < 0$, то $S > 90^\circ$) перевести в минуты, а затем в километры:

$$S \text{ км} = 1,8553563 S'. \quad (39.32)$$

4. Рассчитать S_r и A_{1-2} :

$$S_r = S + \Delta S; \quad (39.33)$$

$$A_{1-2} = A'_{1-2} + \Delta A. \quad (39.34)$$

Вычисление производить по логарифмическим таблицам или по таблицам натуральных значений тригонометрических функций.

Для расчета приближенных значений S и A'_{1-2} рекомендуется использовать ТВА-57. При вычислении по шестизначным таблицам натуральных значений тригонометрических функций точность вычисления длины и азимута геодезической линии получается с ошибками порядка ± 50 м и $\pm 0,05 - \pm 0,01''$; на предельных расстояниях и при большой разности долгот — до $\pm 0,4'$.

Для вычисления длины и азимута геодезической линии А. И. Сорокиным составлены специальные таблицы (см. каталог карт и книг).

Азимут со второй точки на первую (обратный азимут) рассчитывают по формуле (39.8).

§ 39.3. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ

Формулы для решения прямой задачи:

$$\Delta x = S \cos \alpha_{1-2}; \quad (39.35)$$

$$x_2 = x_1 + \Delta x; \quad (39.36)$$

$$\Delta y = S \sin \alpha_{1-2}; \quad (39.37)$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y. \quad (39.38)$$

Формулы для решения обратной задачи:

$$\Delta x = x_2 - x_1; \quad (39.39)$$

$$\Delta y = y_2 - y_1; \quad (39.40)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad (39.41)$$

$$S = \Delta y \operatorname{cosec} \alpha_{1-2} = \Delta x \operatorname{sec} \alpha_{1-2}, \quad (39.42)$$

где α — дирекционный угол;
 Δx , Δy — приращения прямоугольных координат;
 x , y — прямоугольные координаты точек;
 S — расстояние между двумя точками, м.

Таблица 39.2

Определение четверти α

Δy	+	+	-	-
Δx	+	-	-	+
α	0—90°	90—180°	180—270°	270—360°

§ 39.4. ПЕРЕХОД ОТ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ К ПРЯМОУГОЛЬНЫМ И ОБРАТНО

Формулы для вычисления прямоугольных координат по географическим:

$$x = X_0 + \frac{N}{2\rho^2} \sin \varphi \cos \varphi \Delta\lambda^2 + \frac{N}{24\rho^4} \sin \varphi \cos^3 \varphi [5 - \operatorname{tg}^2 \varphi + 9(e' \cos \varphi)^2 + 4(e' \cos \varphi)^4] \Delta\lambda^4 + \frac{N}{720\rho^6} \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58 \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^4 \varphi) \Delta\lambda^6; \quad (39.43)$$

$$y = \frac{N}{\rho} \cos \varphi \Delta \lambda + \frac{N}{6\rho^2} \cos^3 \varphi [1 - \operatorname{tg}^2 \varphi + (e' \cos \varphi)^2] \Delta \lambda^3 + \\ + \frac{N}{120\rho^5} \cos^5 \varphi [5 - 18 \operatorname{tg}^2 \varphi + \operatorname{tg}^4 \varphi + 14 (e' \cos \varphi)^2 - \\ - 58 (e' \sin \varphi)^2] \Delta \lambda^5, \quad (39.44)$$

где x, y — плоские прямоугольные координаты (Гаусса):
 x — положительные к северу от экватора, y —
 к востоку от осевого меридиана;

X_0 — длина дуги меридиана от экватора до парал-
 лели с широтой φ ;

φ, λ — географические координаты данной точки;

$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0$ — разность долгот точки и осевого меридиана
 (точка к востоку от осевого меридиана $\Delta \lambda$
 «+», к западу — $\Delta \lambda$ «-»);

e' — второй эксцентриситет меридианного эллипса;

$\rho = \frac{1}{\operatorname{arc} 1''}$ — число секунд в радиане;

N — радиус кривизны по первому вертикалу (нор-
 маль).

Формулы для вычисления географических координат по
 прямым углам:

$$\varphi_0 - \varphi = \frac{\rho \operatorname{tg} \varphi_0}{2M_0 N_0} y^2 - \frac{\rho \operatorname{tg} \varphi_0}{24M_0 N_0^3} [5 + 3 \operatorname{tg}^2 \varphi_0 + (e' \cos \varphi_0)^2 -$$

$$- 9 (e' \sin \varphi_0)^2] y^4 + \frac{\rho \operatorname{tg} \varphi_0}{120M_0 N_0^5} (61 + 90 \operatorname{tg}^2 \varphi_0 + 45 \operatorname{tg}^4 \varphi_0) y^6; \quad (39.45)$$

$$\Delta \lambda = \frac{\rho}{N_0 \cos \varphi_0} y - \frac{\rho}{6N_0^3 \cos \varphi_0} [1 + 2 \operatorname{tg}^2 \varphi_0 + (e' \cos \varphi_0)^2] y^3 +$$

$$+ \frac{\rho}{120N_0^5 \cos \varphi_0} [5 + 28 \operatorname{tg}^2 \varphi_0 + 24 \operatorname{tg}^4 \varphi_0 + 6 (e' \cos \varphi_0)^2 + \\ + 8 (e' \sin \varphi_0)^2] y^5, \quad (39.46)$$

где M — радиус кривизны меридиана;

φ_0 — широта точки осевого меридиана, имеющей абсциссу
 $X_0 = x_0$.

При разности долгот точки и осевого меридиана меньше $3^{\circ}30'$
 вычисление может осуществляться по формулам (39.43) — (39.46)
 с удержанием только членов, содержащих $\Delta \lambda$ и y в третьей и
 $\Delta \lambda$ и y в четвертой степени.

Для вычисления географических координат по прямоугольным
 и прямоугольным по географическим служат различные таблицы.
 Гидрографической службой ВМФ для этой цели в 1948 г. изданы
 «Таблицы для вычисления географических и прямоугольных коор-
 динат».

Глава 40

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
В КОРАБЛЕВОЖДЕНИИ

§ 40.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Картографическая проекция — математически опре-
 деленный условный способ изображения на плоскости части или
 всей поверхности Земли, принимаемой за эллипсоид вращения.

Картографическая сетка — изображение сетки ме-
 ридианов и параллелей или других координатных линий в данной
 картографической проекции.

Поверхность эллипсоида нельзя изобразить на плоскости в
 постоянном масштабе. Масштаб карты меняется не только при
 переходе от точки к точке, но и меняется в данной точке при пе-
 реходе от направления к направлению.

Частный масштаб карты — отношение в данной точ-
 ке и по данному направлению длины бесконечно малого от-
 резка dS на карте к длине соответствующего малого горизон-
 тального отрезка ds_0 на земной поверхности:

$$\mu = \frac{dS}{ds_0}. \quad (40.1)$$

Главный масштаб карты — масштаб глобуса, кото-
 рый непосредственно проектируют на плоскость, т. е. отношение
 длины любой линии на глобусе dS_0 , служащем основанием для
 построения карты, к соответствующей длине ds_0 линии на земной
 поверхности:

$$\mu_0 = \frac{dS_0}{ds_0}. \quad (40.2)$$

Главный масштаб надписывается на карте и представляет
 некоторое среднее значение частных масштабов, встречающихся
 на карте, или относится к некоторым характерным точкам или
 линиям (центральная точка, экватор, параллель и т. п.).

Увеличение масштаба (увеличение длин) — отноше-
 ние частного масштаба к главному:

$$c = \frac{\mu}{\mu_0}. \quad (40.3)$$

Относительное искажение длин — разность ме-
 жду увеличением масштаба и единичной:

$$v = c - 1. \quad (40.4)$$

Главные направления — взаимно перпендикулярные
 направления в данной точке карты, которым в натуре соответ-
 ствуют также взаимно перпендикулярные направления и по кото-
 рым на карте получается наибольшее и наименьшее увеличение
 масштаба.

Эллипс искажений — изображение на проекции бесконечно малой окружности, описанной вокруг соответствующей точки в натуре. Оси этого эллипса — главные направления. В точках без искажений эллипс обращается в круг. Зависимость между элементами эллипса искажений определяется формулами:

$$a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2mn \sin \psi}; \quad (40.5)$$

$$c^2 = a^2 \cos^2 u_0 + b^2 \sin^2 u_0, \quad (40.6)$$

где a, b — увеличение масштаба по главным направлениям;
 m — увеличение масштаба по меридиану;
 n — увеличение масштаба по параллели;
 ψ — угол между изображениями меридианов и параллелей на карте;
 c — увеличение масштаба на карте по направлению u , соответствующему направлению u_0 на шаре.
 Искажение направлений $u_0 - u$:

$$\operatorname{tg}(u_0 - u) = \frac{(a - b) \sin 2u_0}{a + b - (a - b) \cos 2u_0}; \quad (40.7)$$

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a - b}{a + b}. \quad (40.8)$$

где $\frac{\omega}{2}$ — наибольшее искажение направления;

$$\operatorname{tg} U_0 = \pm \sqrt{\frac{a}{b}}. \quad (40.9)$$

где U_0 — направление на шаре, по которому наблюдается наибольшее искажение на карте по соответствующему направлению U .

Так как $U_0 + U = 90^\circ$ и $U_0 - U = \frac{\omega}{2}$, то

$$\operatorname{tg} U = \operatorname{ctg} U_0 = \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\omega}{4} \right) = \pm \sqrt{\frac{b}{a}}. \quad (40.10)$$

Искажение углов равно двойному искажению направлений (наибольшее искажение):

$$2(U_0 - U) = \omega. \quad (40.11)$$

Увеличение площадей p — отношение площади бесконечно малой фигуры на карте к площади соответствующей фигуры на шаре:

$$p = mn \sin \psi. \quad (40.12)$$

Искажение площадей v_p :

$$v_p = p - 1. \quad (40.13)$$

Центральная точка и центральная линия проекции — точка или линия, где масштабы по главным направлениям имеют наибольшее или наименьшее значение из всех полученных в данной проекции при изображении всей земной поверхности.

§ 40.2. КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

По характеру искажений. Равноугольные, или конформные, — не искажающие углов. Масштаб зависит только от положения точки и не зависит от направления. Эллипсы искажения во всех точках карты обращаются в окружности:

$$\left. \begin{aligned} a = b = c = m = n \\ \psi = 90^\circ; U_0 - U = \omega = 0 \end{aligned} \right\} \quad (40.14)$$

Равновеликие — масштаб площадей везде одинаков. Эллипсы искажений имеют одинаковую площадь, но различаются по форме:

$$\left. \begin{aligned} b = \frac{1}{a}; a = \frac{1}{b} \\ \operatorname{tg} U = a; c = 1 \end{aligned} \right\} \quad (40.15)$$

Произвольные — не обладающие свойствами равноугольности и равновеликости. К ним относятся равнопромежуточные и ортодромические.

Равнопромежуточные — во всех точках по одному из главных направлений масштаб равен главному масштабу ($a = 1$ или $b = 1$).

Ортодромические — ортодромии изображаются на карте прямыми линиями.

По виду нормальной сетки. Круговые — меридианы и параллели нормальной сетки являются дугами окружностей или окружностями.

Конические — параллели — концентрические окружности, меридианы — радиусы этих окружностей, причем углы между ними пропорциональны разностям долгот в натуре:

$$\left. \begin{aligned} \delta = \alpha \lambda; \rho = f(\varphi) \\ m = \frac{d\rho}{d\varphi}; n = \frac{d\rho}{\cos \varphi} \end{aligned} \right\} \quad (40.16)$$

где δ — долгота на карте;

α — коэффициент пропорциональности («показатель проекции»);

λ — долгота соответствующего меридиана на шаре;

ρ — радиус параллели с широтой φ .

Азимутальные — параллели — концентрические окружности, меридианы — радиальные прямые, исходящие из одной точки, являющейся центром параллелей. Долготы на карте равны долготам на шаре:

$$\rho = f(\varphi); \delta = \lambda. \quad (40.17)$$

Перспективные — азимутальные проекции, которые получают проектированием точек поверхности шара на плоскость HH' лучами, исходящими из постоянной точки зрения O (рис. 40.1).

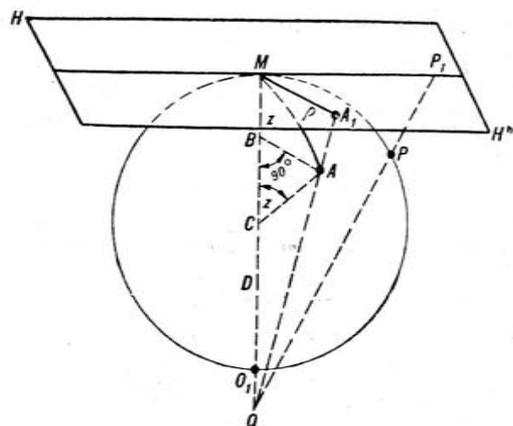


Рис. 40.1

Перспективные проекции подразделяются на ортографические ($D = \infty$), внешние ($R < D < \infty$), стереографические ($D = R$), центральные, или гномонические ($D = 0$).

Таблица 40.1

Основные соотношения перспективных проекций

Проекция	ρ	m	n
Ортографическая	$\sin z$	$\cos z$	1
Стереографическая	$2 \operatorname{tg} z/2$	$\sec^2 z/2$	$\sec z/2$
Центральная	$\operatorname{tg} z$	$\sec^2 z$	$\sec z$

Примечание. z — зенитное расстояние данной точки (рис. 40.1).

Цилиндрические — параллели и меридианы — взаимно перпендикулярные прямые линии. Меридианы удалены от изображения начального меридиана на расстояния, пропорциональные долгам:

$$x = f(\varphi); \quad y = c\lambda, \quad (40.18)$$

§ 40.3. РАВНОУГОЛЬНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ МЕРКАТОРА

Основная проекция, применяемая в кораблевождении. Линия курса (локсодромия) изображается прямой линией, проекция равноугольная. Условия равноугольности проекции (уравнения проекции):

$$x = eD; \quad y = e\lambda, \quad (40.19)$$

где x — расстояние изображения параллели от экватора;
 y — расстояние изображения меридиана от начального меридиана;

e — единица карты;

D — меридиональная часть.

Единица карты — длина одной минуты дуги параллели на карте:

$$e = \rho_0 \rho_0', \quad (40.20)$$

где ρ_0 — длина одной минуты главной параллели в натуре;
 ρ_0' — главный масштаб карты.

Меридиональная часть — расстояние до параллели φ от экватора в длинах одной минуты дуги главной параллели:

$$D = 7915',704 \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \left(\frac{1 - e \sin \varphi}{1 + e \sin \varphi} \right)^{\frac{e}{2}}, \quad (40.21)$$

где e — эксцентриситет меридианного эллипса;
 φ — широта параллели.

Численные значения меридиональных частей можно получить по МТ-63, табл. 26.

Увеличения масштаба на меркаторской карте по всем направлениям равны между собой:

$$m = n = \sec \varphi \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}. \quad (40.22)$$

Масштаб на меркаторской проекции изменяется только в зависимости от широты. На картах полярных районов отклонения частных масштабов от главных превышают 30%. Искажения проекции при продвижении к полюсам нарастают весьма значительно. Широтный интервал, в котором можно пренебречь изменением масштаба,

$$\Delta \varphi' = \sqrt{\frac{\operatorname{ctg} \varphi}{675 \rho_0}}. \quad (40.23)$$

По мере удаления от экватора $\Delta \varphi'$ уменьшается, поэтому ее значение в северном (южном) полушарии надо вычислять для северной (южной) рамки карты. Внутри каждого такого интервала можно разбивать вертикальные рамки карты на равные отрезки (минуты и ее доли), не нарушая графической точности (0,2 мм).

Главная параллель меркаторской карты — параллель, вдоль которой соблюден главный масштаб, написанный в заголовке карты.

При составлении советских морских карт главные масштабы относятся к средней параллели моря (для Балтийского — 60°, Белого — 66°, Черного — 44° и т. д.).

Вычисление и построение меркаторской картографической сетки:

— выбрать из Картографических таблиц (или рассчитать), сообразуясь с главным масштабом, единицу карты e ;

— выбрать из Картографических (Мореходных) таблиц значения меридиональных частей для широт, соответствующих нижней и верхней горизонтальным рамкам карты;

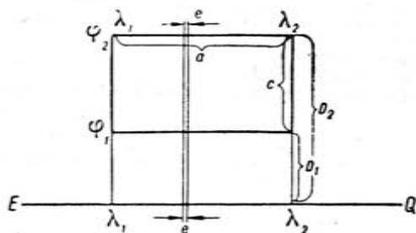


Рис. 40.2

— рассчитать размеры горизонтальной и вертикальной рамок карты (в сантиметрах или миллиметрах в зависимости от того, в какой из этих двух мер выражена единица карты), а также диагональ прямоугольника, образуемого рамками карты:

$$a = e(\lambda_2 - \lambda_1)'; \quad (40.24)$$

$$c = e(D_2 - D_1)'; \quad (40.25)$$

где a — размер горизонтальной рамки карты;

c — размер вертикальной рамки карты;

D_2 — меридиональная часть, соответствующая наибольшей (по абсолютному значению) широте карты;

D_1 — меридиональная часть, соответствующая наименьшей широте;

— на листе бумаги построить прямоугольник со сторонами a и c (рис. 40.2) и проверить построение сравнением полученного размера диагонали с вычисленным;

— вычислить значения расстояний промежуточных параллелей и меридианов:

$$x_i = e(D_i - D_S); \quad y_i = e(\lambda_i - \lambda_{\text{зп}}), \quad (40.26)$$

где x_i — линейное расстояние от заданной параллели φ_i до нижней (южной) рамки карты;

y_i — расстояние от заданного меридиана λ_i до западной рамки карты;

D_i — меридиональная часть, соответствующая значению φ_i промежуточной широты;

— полученные отрезки x_i и y_i отложить по вертикальной и горизонтальной рамкам карты и через полученные отметки провести промежуточные параллели и меридианы;

— на построенную картографическую сетку нанести по своим широтам и долготам опорные пункты и весь другой имеющийся картографический материал, полученный при съемке береговой черты и при промере.

§ 40.4. РАВНОУГОЛЬНАЯ ПОПЕРЕЧНАЯ ПРОЕКЦИЯ МЕРКАТОРА

Поперечная проекция Меркатора получается тогда, когда цилиндр, на который переносится поверхность земного шара, касается последнего не по экватору, а по одному из меридианов,

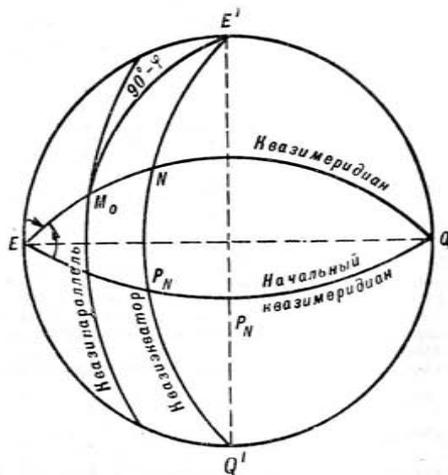


Рис. 40.3

называемому квазиэкватором. Земные полюсы при этом как бы переносятся на экватор. В издаваемых картах северный полюс как бы перенесен в точку на экваторе с долготой 180°, а южный — в точку с долготой 0. Дальнейший перенос земной поверхности на поверхность цилиндра осуществляется по тем же законам, как и в нормальной меркаторской проекции. Квазимеридиан — дуга большого круга, перпендикулярная квазиэкватору. Квазипараллель — дуга малого круга, параллельная квазиэкватору (рис. 40.3).

Положение любой точки M_0 на поверхности Земли определяется квазикоординатами — квазиширотой и квазидолготой. Квазидолгота λ_q — дуга квазизэкватора от начального квазимеридиана до квазимеридиана данной точки (дуга $P_N N$). За начальный квазимеридиан принимают квазимеридиан, совпадающий с Гринвичским. Квазиширота φ_q — дуга квазимеридиана от квазизэкватора до квазипараллели данной точки (дуга $N M_0$). При описанном выше переносе полюсов и выборе начального квазимеридиана квазизэкватор совпадает с меридианом 90° .

Уравнения поперечной меркаторской проекции:

$$x = R \lambda_q; \quad y = R \ln \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi_q}{2} \right). \quad (40.27)$$

В уравнениях (40.27) вместо географических координат λ и φ подставлены квазикоординаты λ_q и φ_q .

В поперечной меркаторской проекции квазимеридианы и квазипараллели изображаются взаимно перпендикулярными прямыми линиями. Географические меридианы на сетках этой проекции для полярных районов изображаются в виде радиальных, практически прямых линий, сходящихся к полюсу, а параллели — в виде окружностей (или их дуг), перпендикулярных меридианам. В общем случае меридианы и параллели изображаются сложными кривыми.

Увеличение масштаба в поперечной проекции Меркатора пропорционально секансу квазишироты аналогично формуле (40.22). Наименьшие искажения расстояний будут вблизи квазизэкватора, а следовательно, и вблизи полюсов, так как квазизэкватор проходит через полюсы.

Поперечная проекция равноугольна, но локсодромия на ней изображается кривой линией. Прямой линией будет квазиллоксодромия — линия, при пересечении образующая одинаковые углы со всеми квазимеридианами. В высоких географических широтах квазиллоксодромия весьма близка к ортодромии, поэтому на небольших расстояниях можно считать квазиллоксодромии совпадающей с ортодромией.

Связь между географическими и квазикоординатами:

$$\sin \varphi = \cos \varphi_q \cos \lambda_q; \quad \operatorname{tg} \lambda = - \operatorname{ctg} \varphi_q \sin \lambda_q, \quad (40.28)$$

$$\sin \varphi_q = - \cos \varphi \cos \lambda; \quad \operatorname{tg} \lambda_q = \operatorname{ctg} \varphi \sin \lambda. \quad (40.29)$$

Наименование географической широты в формуле (40.28) соответствует наименованию ближайшего полюса; наименование географической долготы одновременно с квазидолготой.

§ 40.5. РАВНОУГОЛЬНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ПОПЕРЕЧНАЯ ПРОЕКЦИЯ ГАУССА

Положение каждой точки земного эллипсоида определяется плоскими прямоугольными координатами x и y , которые являются изображениями сферических прямоугольных координат земной поверхности.

Прямоугольные сферические координаты определяют положение точки на земной поверхности и отсчитываются дугами больших кругов. Начало этих координат берется на экваторе в точке его пересечения с осевым меридианом (рис. 40.4).

Сферические абсциссы X точек отсчитываются по дуге осевого меридиана и считаются положительными к северу от экватора. Сферические ординаты Y точек отсчитываются по дугам больших кругов, перпендикулярным к осевому меридиану и проходящим через искомые точки. Они считаются положительными к востоку

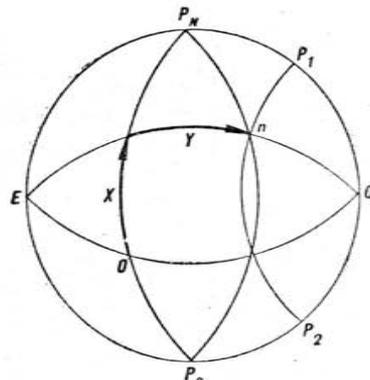


Рис. 40.4

от осевого меридиана. Геометрическое место точек, имеющих одинаковые сферические ординаты Y , представляет собой малый круг $P_1 P_2$, параллельный осевому меридиану.

Увеличение масштаба на проекции Гаусса

$$m = n = \sec \frac{y}{R} \quad (40.30)$$

зависит только от удаления рассматриваемой точки от меридиана касания. Для точек, расположенных на меридиане касания $m = 1$; по мере удаления от меридиана касания масштаб всякой карты в проекции Гаусса возрастает, поэтому проекцию Гаусса применяют для изображения сравнительно узкой полосы земной поверхности — так называемой координатной зоны, в пределах которой искажения незначительны.

Ширина зоны принимается $6'$: по $3'$ к востоку и западу от осевого меридиана. Границы зон — меридианы, кратные шести. Нарезка шестиградусных зон на советских картах начинается от Гринвичского меридиана к востоку. Каждой зоне присваивается свой номер n :

$$n = \frac{L_0 + 3^\circ}{6}; \quad L_0 = 6n - 3^\circ, \quad (40.31)$$

где L_0 — долгота осевого меридиана.

Абсциссы и ординаты точек на картах в проекции Гаусса выражаются в линейных единицах — метрах (километрах) и отсчитываются: абсциссы — от экватора, ординаты — от осевого меридиана зоны. Чтобы избежать отрицательных значений y к западу от осевого меридиана, ординату осевого меридиана условно считают не за нуль, а за 500 км. Таким образом, в пределах всей зоны y будет иметь положительные значения, возрастающие с запада на восток, при этом к западу от осевого меридиана они будут иметь значения меньше 500 км, к востоку — больше. Чтобы определить, к какой зоне относится точка с указанной ординатой,

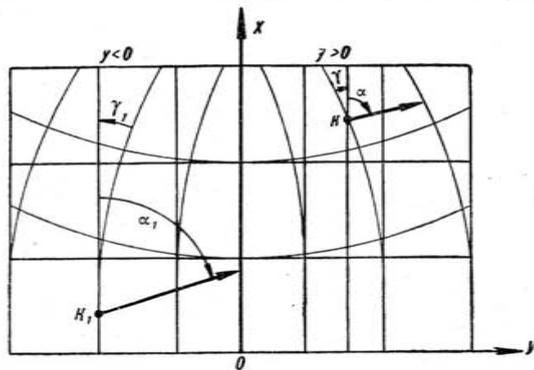


Рис. 40.5

к ее значению слева приписывают цифру, обозначающую номер зоны. Окончательное значение ординаты y , отсчитываемой от осевого меридиана:

$$y = (y + 500 + 1000n), \quad (40.32)$$

где n — номер зоны.

В проекции Гаусса, кроме меридиана касания, прямыми линиями изображаются большие круги, перпендикулярные меридиану касания, и малые круги, параллельные меридиану касания. Все меридианы, кроме осевого, в этой проекции изображаются кривыми линиями, симметричными относительно осевого меридиана и обращенными выпуклостью в сторону от осевого меридиана. Параллели изображаются также кривыми, обращенными выпуклостью к экватору. Координатная сетка проекции (малые круги, параллельные осевому меридиану, и большие круги, перпендикулярные ему) проводится через целое число километров и называется поэтому сеткой километровых линий (рис. 40.5).

Сближение меридианов γ — угол между изображением меридиана данной точки и прямой, проведенной через эту же точку параллельно оси абсцисс (осевому меридиану):

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi, \quad (40.33)$$

где $\Delta\lambda$ — разность долгот между осевым меридианом и данной точкой;

φ — широта точки.

Для точек, расположенных восточнее осевого меридиана, $\Delta\lambda$ имеет знак плюс.

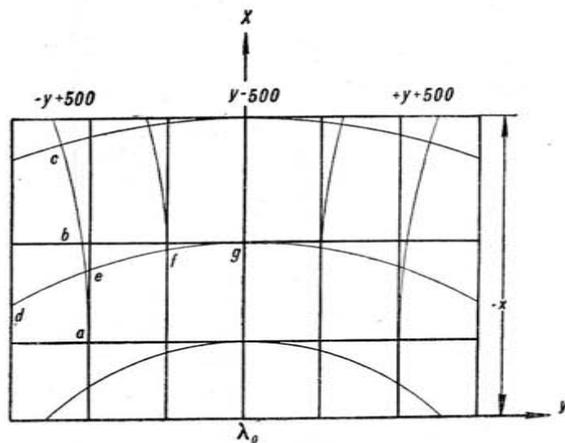


Рис. 40.6

Для определения на картах в проекции Гаусса направлений относительно истинного меридиана (азимут) пользуются соотношением

$$A = \alpha + \gamma, \quad (40.34)$$

где α — дирекционный угол (курс) — угол при заданной точке между линией, параллельной положительному направлению оси абсцисс, и направлением на наблюдаемый предмет (диаметральной плоскости) (рис. 40.5);

γ — сближение меридианов.

Нанесение сетки километровых линий на карты в проекции Меркатора. По Картографическим таблицам, изд. Л., УНГС, 1957, найти долготы точек пересечения километровых линий $y = \text{const}$ с параллелями и широты (или меридиональные части) точек пересечения километровых линий $x = \text{const}$ с меридианами. После нанесения точек километровых линий на карту соединить эти точки плавными кривыми (рис. 40.6),

Р-36

б

1	3	5	7	9	11
	16		20		24
25		31			35
38		42		46	48
49	53		57	59	
62		66	70	72	
73	77		81		
86		90		94	96
97	101		105		
110		114		118	120
121	125		129	131	
134		138		142	144

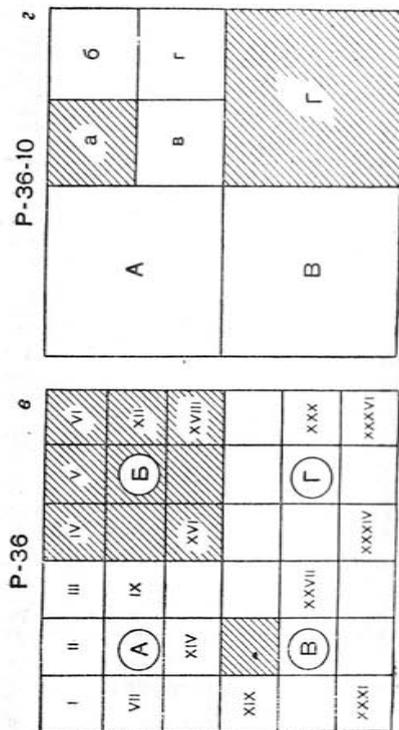
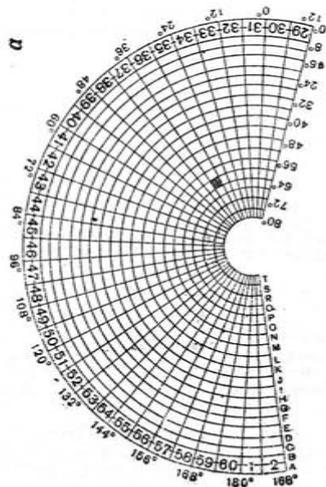


Рис. 40.7

§ 40.6. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Советские топографические карты издаются в масштабах до 1:500 000 в проекции Гаусса и в масштабе 1:1 000 000 в проекции международного карты мира.

Система нумерации и обозначения (номенклатура) топографических карт в СССР:

1. Изображение поверхности Земли разделено параллелями на пояса (ряды), а меридианами — на колонны. Пояса расположены параллельно экватору и каждый из них занимает пространство 4° по широте, а колонны — перпендикулярно экватору и занимают 6° долготы каждая. Такие трапеции (рис. 40.7, а) изображены на отдельных листах карты масштаба 1:1 000 000. Четырехградусные полосы, заключенные между каждой парой параллелей, обозначены заглавными буквами латинского алфавита А, В, С, D и т. д., начиная от экватора по направлению к полюсам в обоих полушариях. Счет колонн ведется в возрастающем порядке к востоку от меридиана 180° . Чтобы узнать номенклатуру какого-либо листа карты, надо прочесть по сборной таблице (рис. 40.7, а) букву, обозначающую полосу, и номер вертикальной колонны (на рисунке заштрихована карта Р-36).

2. Каждый лист миллионной карты разбит на 144 листа карты масштаба 1:100 000 способом, указанным на схеме (рис. 40.7, б; заштрихована карта Р-36-10).

3. Карты масштаба 1:500 000 получают делением карты масштаба 1:1 000 000 на 4 листа (рис. 40.7, в). Номенклатура листа этой карты состоит из обозначения листа карты масштаба 1:1 000 000 с добавлением буквы А, Б, В или Г (на рисунке заштрихована карта Р-36-Б).

4. Основанием для номенклатуры и разбивки карт масштаба 1:50 000 служит лист карты масштаба 1:100 000, которая делится на 4 карты. Номенклатура листа карты масштаба 1:50 000 складывается из обозначения листа масштаба 1:100 000 с добавлением буквы А, Б, В или Г (на рис. 40.7, г заштрихована карта Р-36-10-Г).

5. Лист карты масштаба 1:50 000 делится на 4 листа карты масштаба 1:25 000. Номенклатура листов этой карты (рис. 40.7, е) складывается из обозначения листа карты масштаба 1:50 000 с добавлением буквы а, б, в или г (на рисунке заштрихована карта Р-36-10-Б-а).

6. Лист карты масштаба 1:200 000 получают делением листа карты масштаба 1:1 000 000 на 36 частей (рис. 40.7, в). Номенклатура листа карты масштаба 1:200 000 состоит из обозначения листа карты масштаба 1:1 000 000 с добавлением номера, написанного римскими цифрами (на рис. 40.7, в заштрихована карта Р-36-XX).

§ 40.7. АЗИМУТАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ

В кораблевождении из азимутальных проекций в настоящее время применяются перспективные проекции — центральная (гномоническая) и стереографическая.

Центральная (гномоническая) проекция получается, когда точка зрения находится в центре земного шара (рис. 40.8). Если картинная плоскость касается поверхности Земли у полюса, то проекция называется нормальной (прямой), если точка касания на экваторе — поперечной, если в любой произвольной точке — косой.

Точка касания Z (зенит) является полюсом системы сферических координат — зенитного расстояния z и азимута a . Плоские полярные координаты ρ и δ в центральной перспективной проекции:

$$\rho = R \operatorname{tg} z; \quad \delta = a. \quad (40.35)$$

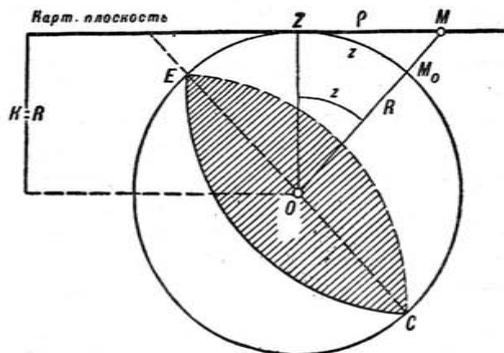


Рис. 40.8

Для определения положения точки по прямоугольным координатам x и y начало координат выбирают в центральной точке проекции Z, а ось X направляют по начальному меридиану. Прямоугольные координаты выражаются формулами:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{R (\cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda)}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda} \\ y &= \frac{R \cos \varphi \sin \Delta \lambda}{\sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos \Delta \lambda} \end{aligned} \right\} \quad (40.36)$$

Уравнения (40.36) общие для всех видов сеток центральной проекции; у нормальной сетки $\varphi_0 = 90^\circ$, у поперечной $\varphi_0 = 0$.

Проекция неравноугольна, что является большим недостатком, затрудняющим использование гномонической карты в кораблевождении. Дуга большого круга на поверхности Земли изображается на карте в этой проекции прямой линией.

В кораблевождении применяются нормальные и косые центральные перспективные проекции. Первые — для изображения околполюсных районов, вторые — при составлении специальных карт, на которых ортодромии должны изображаться прямыми линиями.

В СССР издаются карты и карты-сетки в нормальной центральной и косой гномонической проекциях с центральной точкой (зенитом) в середине листа каждой карты (сетки). На картах-

Таблица 40.2

Радиус параллели на карте ρ , увеличение масштаба по параллели m и меридиану n , увеличение площадей p и искажение углов ω в центральной проекции

Наименование величины	Нормальная	Поперечная	Косая
ρ	$R \operatorname{ctg} \varphi$	$R \operatorname{tg} \varphi$	$R \operatorname{tg} z$
m	$\operatorname{cosec}^2 \varphi$	$\sec^2 \varphi$	$\sec^2 z$
n	$\operatorname{cosec} \varphi$	$\sec \varphi$	$\sec z$
p	$\operatorname{cosec}^3 \varphi$	$\sec^3 \varphi$	$\sec^3 z$
$\operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\omega}{4} \right)$	$\sqrt{\operatorname{cosec} \varphi}$	$\sqrt{\sec \varphi}$	$\sqrt{\sec z}$

сетках в масштабе 1:500 000 искажение длин не превышает 0,2 мм в масштабе карты, а искажение направлений не превосходит 0,1°.

Вычисление и построение картографических сеток центральной проекции:

— перейти от географических координат шара φ и λ к полярным координатам z и a с полюсом в центральной точке картографируемой территории, имеющей широту φ_0 и долготу λ_0 (полярная ось проходит по линии меридиана этой точки):

$$\left. \begin{aligned} \cos z &= \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0) \\ \sin z \cos a &= \cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0) \\ \sin z \sin a &= \cos \varphi \sin (\lambda - \lambda_0) \end{aligned} \right\} (40.37)$$

— перейти по формулам (40.35) от полярных координат z и a на шаре к полярным координатам ρ и δ на карте с полюсом в точке пересечения кругов высот и полярной оси, направленной по линии проекции меридиана этой точки;

— вычислить плоские прямоугольные координаты по формулам (40.36).

Стереографическая проекция получается, когда точка зрения находится на поверхности земного шара. В зависимости от точки касания картинной плоскости поверхности Земли сетки стереографической проекции могут быть косые, нормальные и поперечные.

Стереографическая проекция равноугольна. Большие и малые круги на сфере на этой проекции изображаются также кругами. Эта проекция применяется при необходимости показать на карте круги равных высот или круги равных расстояний, для построения звездных карт и др. Построение сетки стереографической проекции аналогично построению сеток центральной проекции

Таблица 40.3

Общие формулы для вычисления величин ρ , x , y , m и n в стереографической проекции

Наименование величины	Косая сетка	Нормальная	Поперечная
ρ	$2R \operatorname{tg} z/2$	$2R \operatorname{tg} (45^\circ - \varphi/2)$	$2R \operatorname{tg} \varphi/2$
x	$2R \frac{\cos \varphi_0 \sin \varphi - \sin \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}{1 + \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}$	$2R \frac{\cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}{1 + \sin \varphi}$	$\frac{2R \sin \varphi}{1 + \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}$
y	$2R \frac{\cos \varphi \sin (\lambda - \lambda_0)}{1 + \sin \varphi_0 \sin \varphi + \cos \varphi_0 \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}$	$2R \frac{\cos \varphi \sin (\lambda - \lambda_0)}{1 + \sin \varphi}$	$\frac{2R \cos \varphi \sin (\lambda - \lambda_0)}{1 + \cos \varphi \cos (\lambda - \lambda_0)}$
$m = n$	$\sec^2 z/2$	$\sec^2 (45^\circ - \varphi/2)$	$\sec^2 \varphi/2$

§ 40.8. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ВИДАХ ПРОЕКЦИЙ

Равнопромежуточная азимутальная проекция (проекция По-стеля) сохраняет длины в каждой своей точке по направлению меридианов.

Основное уравнение проекции

$$\rho = R \left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right). \quad (40.38)$$

Увеличение масштаба:

$$m = 1; \quad n = \frac{\pi/2 - \varphi}{\cos \varphi}. \quad (40.39)$$

Увеличение площадей

$$p = n. \quad (40.40)$$

Наибольшее искажение углов

$$\operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\omega}{4} \right) = \sqrt{n}. \quad (40.41)$$

Равновеликая цилиндрическая проекция (проекция Ламберта) получается при проектировании земного шара на касательный по экватору цилиндр.

Основные уравнения проекции:

$$x = R \sin \varphi; \quad y = R\lambda. \quad (40.42)$$

Искажения проекции:

$$n = \sec \varphi; \quad m = \cos \varphi; \quad p = 1; \quad \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\omega}{4} \right) = \cos \varphi. \quad (40.43)$$

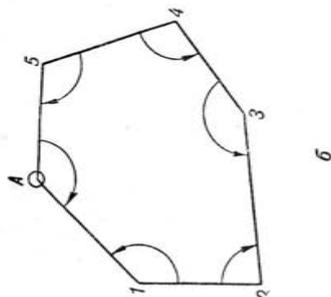
Глава 41

ПРОИЗВОДСТВО ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ КОРАБЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

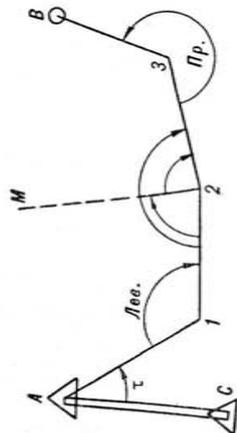
§ 41.1. СЪЕМКА ПОБЕРЕЖЬЯ

Съемка побережья корабельными средствами возможна на небольших участках: 5—10 км вдоль береговой черты и не более 1—2 км в глубину от береговой черты. Этапы работы: создание дополнительной сети опорных пунктов и съемка подробностей. Сеть дополнительной опоры создается методом полигонометрии или триангуляции.

Полигонометрический метод — проложение на местности ломаных линий (полигонометрических ходов), образующих магистрали, когда эти линии вытянуты (рис. 41.1, а), или полигоны, когда система линий замыкается в начальной точке (рис. 41.1, б). При этом методе измеряются длина каждой линии и углы излома (поворота) магистрали или полигона.



б



а

Рис. 41.1

Проложение полигонометрического хода начинают от начальной точки (маяк, геодезический знак, отдельный приметный пункт, строение и т. п.), координаты которой известны или в крайнем случае могут быть сняты с крупномасштабной карты, а заканчивают его на пункте с известными координатами (разомкнутый ход) или на той же самой начальной точке (замкнутый ход, полигон). Прокладывать полигонометрический ход, оканчивающийся в произвольной точке (висячий ход), рекомендуется лишь в крайних случаях при длине не свыше 1 км.

Вершины углов излома хода на местности обозначить береговыми вежами или кольшками. После обозначения на местности хода измерить обыкновенной рулеткой, стальной лентой или другим средством, имеющимся на корабле, длину каждой линии между вежами (кольшками). Измерять длины линий дважды: «туда» и «обратно». Для последующей обработки брать длину линий, среднюю из двух наблюдений (измерений).

Углы измерить секстаном, корабельным теодолитом, азимутальным кругом или магнитным компасом на треноге.

Углы излома измерять как левые (по ходу лежащие), так и правые (рис. 41.1, а). Если сумма правого и левого углов при каждой точке не равна 360° , то измерение повторить. При измерении больших углов секстаном их измерять по частям, вводя в измерение вспомогательные точки, которыми могут быть приметные удаленные ориентиры или дополнительно выставленные вежи M . Особое внимание при измерении углов обращать на то, чтобы центр инструмента как можно точнее совпадал по вертикали с забитым кольшком или отверстием в почве, где стояла вежа, снятая при наблюдениях.

Ориентирование первой стороны хода при работе секстаном или при измерении углов по азимутальному кругу производить измерением примычного угла τ — угла между направлением, азимут которого известен, и первой стороной магистральной.

Привязка начальной точки полигонометрического хода к недоступному опорному пункту (шпиль здания, шар на куполе и т. д.): возле недоступного пункта выбрать две вспомогательные точки (рис. 41.2) так, чтобы получить примерно равносторонний треугольник MAN , измерить сторону этого треугольника MN и углы α и β при точках M и N , а затем вычислить расстояние AN :

$$AN = MN \sin \alpha \operatorname{cosec} (\alpha + \beta). \quad (41.1)$$

Дальнейшую работу продолжать от точки N , считая точку A начальной.

Созданием опорной сети методом триангуляции занимаются специальные гидрографические подразделения.

Съемка подробностей выполняется после проложения полигонометрического хода (магистральной). Она предусматривает получение данных для нанесения на план береговой черты, характерных предметов на берегу и на воде (камни, плавучее ограждение и т. п.), а также различных контуров.

Съемка подробностей по перпендикулярам (рис. 41.2) (для нанесения береговой черты и различных контуров): расстояния $2 - b_0, b_0 c_0$ и т. д. измерить теми же средствами, что и стороны хода. Расстояния $2 - a, b_0 b$ и т. д. по перпендикулярам к стороне магистральной измерить рулеткой, шагами или глазомерно.

Отдельные предметы, находящиеся вне хода, определить по за сечкам — измерением углов α и β с конечных точек ближай-

шей к предмету стороны. Этим же способом определить по точкам контуры прибрежных островов и другие предметы на воде.

При измерении длин шагами (заранее выверенными) ошибка измерения примерно равна 0,02 измеряемой длины, при глазомерном измерении — 0,1 длины. Глазомерное измерение линий допускается при их длине, не превышающей 15 м.

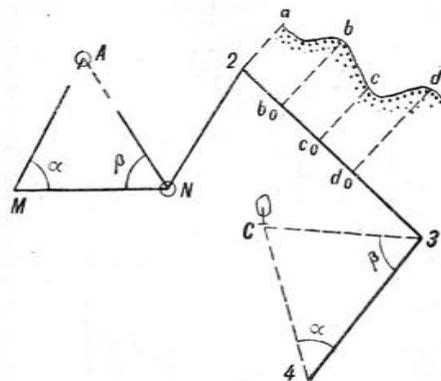


Рис. 41.2

Записи результатов проложения полигонометрического хода (магистральной) и съемки подробностей делаются по форме:

Наблюдаемая точка	Угол (правый, левый), град, мин	Отсчет секстана, град, мин	Расстояние, м	Схема	Примечание

После съемки подробностей нанести на план магистраль, береговую черту, характерные предметы и т. д. приемами, описанными в § 41.3.

§ 41.2. ПРОМЕР

Промер (измерение глубин) производят с корабельных шлюпок (катеров) или с корабля. Глубины измеряют на промерных галсах, расположенных нормально к общему направлению бере-

говой черты, под углом 45° к ней или произвольно. Относительно друг друга галсы располагаются параллельно или веером (радиальные галсы) (рис. 41.3). Располагать галсы параллельными линиями рекомендуется в районах с постепенно понижающимся дном. Около мысов, вокруг небольших островков и в районах, где с удалением от берега можно увеличить расстояние между галсами, — располагать их радиально. В стесненных районах,

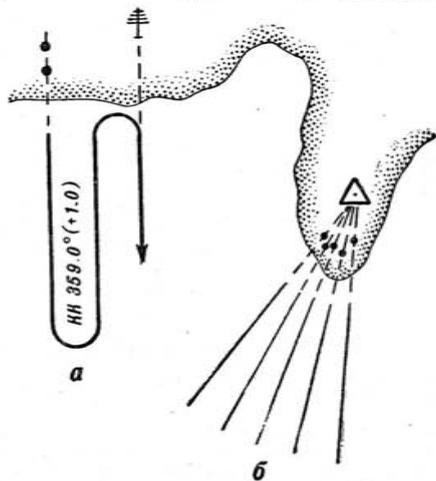


Рис. 41.

акваториях баз и т. п. междугалсовые расстояния выбирают от 20 до 200 м, в открытом море — от 500 м до нескольких километров.

Место при промере определяют с таким расчетом, чтобы на промерном планшете обсервованные точки корабля (катера, шлюпки) располагались не реже чем через 3—4 см. Кроме того, определяют место в начальной и конечной точках каждого галса, при внезапных изменениях глубин, в моменты изменения курса больше чем на 5° и при каждом изменении скорости хода. Место на галсах определяют такими способами и средствами, которые обеспечивают наименьшую среднюю квадратическую ошибку определения места. Удержание корабля на промерных галсах осуществляют по компасу, створам или направлениям, указываемым с берега.

Глубины на галсах измеряют эхолотом (с корабля) с максимальной точностью и введением всех поправок, указанных в § 6.5, ручным лотом и наметкой (с катера или шлюпки). Частота измерения глубин (если они измеряются че эхолотом с самописцем)

должна быть такой, чтобы на планшете соседние глубины располагались не реже чем через 3—5 мм. Для наблюдения равных расстояний между глубинами их измеряют через равные промежутки времени, определяемые секундомером.

Записи результатов промера рекомендуется делать по форме:

КК или № створа	Судовое время и ол	Данные определения места	Измеренные глубины между обсервациями

Примечание. Глубины, измеренные в момент обсервации, обводятся кружком.

Рабочий планшет (крупномасштабная карта) предназначен для прокладки промера в процессе производства работ. На него прокладывают все обсервации, для чего на планшет рекомендуется наносить сетки различного рода изолиний (гонометрическая, студиометрическая и др. в зависимости от метода определения места корабля) и дополнительные знаки (створы), которые выставлены на берегу для обеспечения промерных работ. По данным прокладки на рабочем планшете принимается решение о подправке курса, если последний не соответствует направлению выбранного галса.

§ 41.3. ПРОМЕРНЫЙ ПЛАНШЕТ

Промерный планшет строится в проекции Меркатора или в любой другой, удобной для данного района проекции. На планшет наносят береговые опорные пункты, а также пункты дополнительной опорной сети, промерные створы и т. п. Стороны полигонометрического хода наносят по азимутам сторон, рассчитанным по формуле

$$A_{23} = A_{12} + 180^\circ \pm \beta, \quad (41.2)$$

где A_{23} — азимут последующей стороны;
 A_{12} — азимут предыдущей стороны;
 β — угол излома магистральной: «+» — при измерении левого (по ходу) угла; «-» — при измерении правого угла.

Перед окончательным нанесением всех точек береговой магистрали необходимо устранить невязки, которые обнаружатся в процессе нанесения их на планшет (подобно разгону невязки счислимых мест).

Нанесение на планшет точек, определенных по перпендикулярам: на сторонах магистрали в масштабе планшета нанести точки оснований перпендикуляров, затем построить линии перпендикуляров и отложить по ним расстояния до определяемых точек.

Нанесение на планшет точек, определенных по засечкам: из точек поворота полигонометрического хода (магистрали) провести линии засечек (по измеренным углам). Подобным же образом нанести контуры.

Нанесение на планшет промерных галсов: нанести точки observations на галсах графическим способом с ошибкой не более 1,5 мм и соединить их.

Нанесение на планшет исправленных глубин: разделить на планшете отрезки между observations на галсе с помощью любого измерительного инструмента или палетки и нанести карандашом выбранные глубины на свои места. При необходимости после нанесения глубин провести изобаты путем интерполяции на глаз.

Все определенные при промере отдельно лежащие опасности, камни, затонувшие суда и т. п. нанести на планшет любым способом, обеспечивающим точность нанесения 1,5 мм.

При промерных работах и съемке побережья по заданию гидрографических подразделений (для дальнейшего использования материалов как строго картографических) эти работы необходимо производить по соответствующим инструкциям и наставлениям, издаваемым Гидрографической службой ВМФ (см. каталог карт и книг).

§ 41.4. НУЛЬ ГЛУБИН

Мгновенный (рабочий) нуль глубин — уровень моря, от которого считаются глубины при их измерении.

Установленный нуль глубин — официально принятый уровень моря, от которого считают глубины, наносимые на морские навигационные карты. В СССР на морях без приливов, а также на морях, где средняя величина прилива менее 50 см, за установленный нуль глубин принимают средний многолетний уровень моря. На морях, где высота прилива более 50 см, — наинизший уровень, теоретически возможный по астрономическим причинам (теоретический нуль глубин).

Приведение измеренных глубин к установленному нулю глубин: определить (выяснить)

на момент (час) измерения глубин величину U — положение уровня (рис. 41.4); поправку к измеренной глубине рассчитать по одной из формул:

$$\Delta h = A_0 - U; \quad \Delta h = H - U, \quad (41.3)$$

где A_0 — отсчет по уровенной рейке, соответствующий среднему уровню (без приливов);

U — отсчет по той же рейке в момент измерения глубин;

H — отсчет по рейке, соответствующий наинизшему теоретическому уровню моря (Н. Г.).

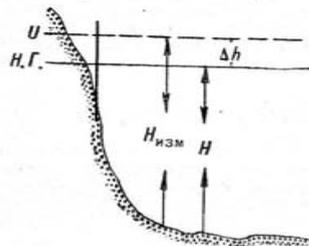


Рис. 41.4

В районе производства промерных работ для получения величин A_0 , H , U необходимо иметь специальный уровенный пост, оборудованный водомерной (уровенной) рейкой. Устанавливаются и обслуживаются такие посты специалистами-гидрографами.

Величина $H-U$ представляет собой высоту прилива на данный момент. Когда на явление приливов не накладывается сгонно-нагонный эффект ветра, т. е. в районе измерения глубин не наблюдался ветер, который может вызвать понижение или повышение уровня, эта величина определяется одним из способов вычисления приливов.

Данные промера используются для обеспечения отдельных боевых действий (задач), выполняемых флотом в этом районе в сроки, непосредственно следующие за промерными работами. Материал промерных работ, выполненных штурманами с кораблей без специального оборудования и обслуживания, рассматривается только как рекогносцировочный; использовать его как картографический нельзя. По данным такого промера может быть установлено несоответствие существующего промера может быть установлено несоответствие существующего картографического материала с действительностью для последующей его корректуры силами специалистов-гидрографов.

ЛИТЕРАТУРА

Раздел I. Навигация

- Быков В. И. Импульсная радионавигационная система «Лоран». М. — Л., изд-во «Транспорт», 1964.
- Быков В. И., Никитин Ю. И. Фазовая радионавигационная система «Декка — Навигатор». М., изд-во «Морской транспорт», 1961.
- Глиников Е. Г. Навигационные пособия. Курс кораблевождения. Т. IV. Л., УНГС ВМФ, 1960.
- Захаров В. К. Морская лодка. М., изд-во «Морской транспорт», 1962.
- Каманин В. И. Использование радиолокации для кораблевождения. М., Воениздат, 1960.
- Каманин В. И. Гидроакустические станции в кораблевождении. М., Воениздат, 1964.
- Попеко Г. П., Соломатин Е. П. Навигация. Курс кораблевождения. Т. I. Л., УГС ВМФ, 1961.
- Федоров И. И. Эхолоты и другие гидроакустические средства. Курс кораблевождения. Т. V. кн. 4. Л., УНГС ВМФ, 1960.
- Ющенко А. П. Способ наименьших квадратов. Л., изд-во «Морской транспорт», 1956.
- Навигационно-гидрографическая терминология. Условные знаки и сокращения. Приложения к т. IV Курса кораблевождения. Л., УГС ВМФ, 1962.
- Мореходные таблицы (МТ-63). Л., УГС ВМФ, 1963.
- Таблицы для вычисления сеток изолиний на морских картах и приближенного решения геодезических задач на большие расстояния. Л., УНГС ВМФ, 1957.

Раздел II. Маневрирование

- Аранов Н. М. Основы маневрирования кораблей. М., Воениздат, 1948.
- Загурьянов А. К. Основы маневрирования. Курс кораблевождения. Т. III. Л., УНГС ВМФ, 1958.
- Основы маневрирования кораблей. Под ред. М. И. Скворцова. М., Воениздат, 1966.

Раздел III. Мореходная астрономия

- Дьяконов В. Ф. Мореходная астрономия. М., изд-во «Транспорт», 1963.
- Красавцев Б. И., Хлюстин Б. П. Мореходная астрономия. М., изд-во «Морской транспорт», 1960.

- Рыбалтовский Н. Ю. Практическая мореходная астрономия. М., изд-во «Транспорт», 1964.
- Скородумов П. П. Мореходная астрономия. Курс кораблевождения. Т. II. Л., УГС ВМФ, 1963.
- Скубко Р. А., Филатов Н. В. Мореходная астрономия. М., Воениздат, 1966.

Раздел IV. Морская гидрометеорология

- Егоров Н. И. и др. Морская гидрометеорология. Курс кораблевождения. Т. VI. Л., УГС ВМФ, 1962.
- Вовченко П. Г., Зубков А. К. Метеорология и океанография. М., изд-во «Морской транспорт», 1960.
- Дремлюг В. В. и др. Навигационная океанография. М., изд-во «Транспорт», 1965.

Раздел V. Технические средства кораблевождения

- Иntenберг С. И., Дворников А. П., Балашков И. В. Лаги и автосчислители. Курс кораблевождения. Т. V, кн. 3. Л., УГС ВМФ, 1964.
- Коновалов В. В., Кузнецова Л. И. Судовые радионавигационные устройства. М., изд-во «Морской транспорт», 1962.
- Панасенко В. Д. Элементы автоматических устройств и вычислительной техники. Справочник по типовым элементам и схемам. М., Оборонгиз, 1962.
- Терехов И. Н., Вешняков Н. И. Магнитные компасы. Курс кораблевождения. Т. V, кн. 1. Л., УГС ВМФ, 1964.
- Сигачев Н. И., Глебов Е. П., Якушеников А. А. Гирокомпасы и другие гироскопические приборы. Курс кораблевождения. Т. V, кн. 1. Л., УГС ВМФ, 1961.

Раздел VI. Основные сведения из геодезии, картографии и гидрографии

- Каврайский В. В. Астрономия и геодезия. Избр. труды. Т. I. Л., УГС ВМФ, 1956.
- Каврайский В. В. Математическая картография. Избр. труды. Т. II. Л., УНГС ВМФ, 1958—1960.
- Белобров А. П. Гидрография моря. М., изд-во «Транспорт», 1964.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I

НАВИГАЦИЯ

	<i>Стр.</i>
Глава 1. Основные понятия и определения	3
§ 1.1. Системы координат	—
§ 1.2. Морские меры длины и скорости	5
§ 1.3. Расчет пройденного кораблем расстояния	7
§ 1.4. Дальность видимого горизонта и дальность видимости предметов	9
§ 1.5. Определение направлений в море	11
Глава 2. Навигационные опасности и их ограждение	16
§ 2.1. Терминология навигационных опасностей	—
§ 2.2. Средства навигационного оборудования морей и навигационные ориентиры	17
§ 2.3. Сигнальные станции и сигналы	20
Глава 3. Морские карты	29
§ 3.1. Классификация, масштабы и формат морских карт	—
§ 3.2. Пользование морскими навигационными картами и подготовка их к прокладке	30
§ 3.3. Сетки изолиний	32
Глава 4. Руководства для плавания и навигационная информация	38
§ 4.1. Руководства для плавания	—
§ 4.2. Навигационная информация	40
Глава 5. Подготовка штурманской боевой части к походу	41
§ 5.1. Правила приемки и осмотра штурманского имущества	—
§ 5.2. Составление описи карт и руководств для плавания	—
§ 5.3. Корректурка карт и руководств для плавания	42
§ 5.4. Подготовка к походу	44
§ 5.5. Изучение театра и района плавания	49

Глава 6. Определение поправок штурманских приборов	50
§ 6.1. Определение поправки компаса	—
§ 6.2. Определение девиации магнитного компаса	51
§ 6.3. Определение радиодевиации	52
§ 6.4. Определение поправок расстояний и курсовых углов, измеренных радиолокационной и гидролокационной станциями	53
§ 6.5. Определение поправок эхолота	—
Глава 7. Определение маневренных элементов корабля и поправок лага	56
§ 7.1. Подготовка корабля к определению маневренных элементов	—
§ 7.2. Общие условия определения маневренных элементов корабля	—
§ 7.3. Определение скорости хода корабля и поправки лага	58
§ 7.4. Определение скорости хода подводных лодок в подводном положении	66
§ 7.5. Определение инерции корабля	67
§ 7.6. Определение элементов циркуляции	68
§ 7.7. Составление таблицы циркуляции	71
§ 7.8. Определение скорости погружения (всплытия) подводной лодки на глубину (с глубины)	73
Глава 8. Навигационная прокладка	74
§ 8.1. Организация рабочего места для прокладки	—
§ 8.2. Графическое оформление прокладки на карте	—
§ 8.3. Решение задач прокладки на картах и картах-сетках в проекции Меркатора	75
§ 8.4. Решение задач прокладки на картах в проекции Гаусса	77
§ 8.5. Решение задач прокладки на картах и картах-сетках в гномонической проекции	79
§ 8.6. Решение задач прокладки на картах-сетках в поперечной проекции Меркатора	88
Глава 9. Графическое счисление пути корабля	91
§ 9.1. Общие указания	—
§ 9.2. Учет циркуляции	92
§ 9.3. Учет ветрового дрейфа	95
§ 9.4. Учет течения	99
§ 9.5. Совместный учет дрейфа и сноса течением при графическом счислении	102
§ 9.6. Точность графического счисления	104
Глава 10. Аналитическое счисление	106
§ 10.1. Формулы аналитического счисления	—
§ 10.2. Простое аналитическое счисление	107
§ 10.3. Составное и сложное аналитическое счисление	—
§ 10.4. Учет дрейфа, течения и циркуляции при аналитическом счислении	109

Стр.

	<i>Стр.</i>
§ 10.5. Некоторые вспомогательные задачи, решаемые по формулам аналитического счисления	110
§ 10.6. Формулы аналитического счисления в квазигеографической системе координат	111
Глава 11. Основы определения места корабля и оценки его точности	—
§ 11.1. Основы определения места корабля	—
§ 11.2. Оценка точности навигационных параметров и линий положения	116
§ 11.3. Отыскание обсервованного места корабля	120
§ 11.4. Оценка точности обсервованного места	127
Глава 12. Определение места корабля визуальными способами	135
§ 12.1. Общие положения	—
§ 12.2. Определение места корабля по двум горизонтальным углам	138
§ 12.3. Определение места корабля по одновременно измеренным пеленгам нескольких ориентиров	140
§ 12.4. Определение места корабля по расстояниям	142
§ 12.5. Определение места корабля по одновременно измеренным пеленгам одного или нескольких ориентиров	144
§ 12.6. Комбинированные способы определения места корабля	148
Глава 13. Определение места корабля по радиопеленгам круговых радиомаяков	151
§ 13.1. Ортодромическая поправка	—
§ 13.2. Измерение и исправление радиопеленгов	153
§ 13.3. Прокладка линий положения и отыскание обсервованного места	154
Глава 14. Определение места корабля по сигналам секторных радиомаяков	158
§ 14.1. Прием сигналов	—
§ 14.2. Прокладка линий положения и отыскание обсервованного места	160
§ 14.3. Плавание по равносигнальной зоне и створному радиомаяку	161
Глава 15. Определение места корабля с помощью импульсных и фазовых радионавигационных систем	162
§ 15.1. Определение места с помощью импульсных гиперболических систем	—
§ 15.2. Определение места корабля с помощью фазовых гиперболических систем	164

	<i>Стр.</i>
Глава 16. Определение места корабля с помощью радиолокационных станций	165
§ 16.1. Опознавание береговой черты по вееру пеленгов и расстояний	—
§ 16.2. Определение места корабля по точечным ориентирам	166
§ 16.3. Определение места корабля по пространственным ориентирам	168
§ 16.4. Определение места корабля с помощью приставки «Пальма»	170
Глава 17. Определение места корабля с помощью гидроакустических станций	171
§ 17.1. Определение места корабля по точечным объектам	—
§ 17.2. Определение места корабля по пространственным объектам	172
§ 17.3. Радиогидроакустический способ определения места корабля	174
§ 17.4. Определение места корабля с помощью гидроакустических систем	175
Глава 18. Опознавание места корабля по глубинам, измененным эхолотом	177
§ 18.1. Расчет глубин моря, соответствующих толщине слоя воды от поверхности	—
§ 18.2. Опознавание места корабля по глубинам	178
§ 18.3. Определение характера грунта эхолотом	180
Глава 19. Особенности кораблевождения в особых условиях	181
§ 19.1. Плавание по дуге большого круга (ортодромии)	—
§ 19.2. Особенности кораблевождения при плавании подо льдом	183
§ 19.3. Особенности кораблевождения при плавании в узкостях и шхерах	184
§ 19.4. Особенности кораблевождения в условиях малой видимости	192
§ 19.5. Особенности кораблевождения на малых кораблях (катерах)	—
РАЗДЕЛ II	
МАНЕВРИРОВАНИЕ	
Глава 20. Методы решения задач маневрирования	194
§ 20.1. Основные понятия и определения	—
§ 20.2. Основные элементы маневрирования	195
§ 20.3. Метод относительного движения	197
§ 20.4. Решение задач маневрирования в абсолютных перемещениях	200

	<i>Стр.</i>
Глава 21. Поиск противника в море	202
§ 21.1. Основные понятия и определения	—
§ 21.2. Контрольный поиск	—
§ 21.3. Поиск противника по вызову	205
§ 21.4. Поиск на рубеже (линии)	210
Глава 22. Сближение с объектом маневра	213
§ 22.1. Сближение вплотную	—
§ 22.2. Сближение на заданное расстояние в кратчайший срок	217
§ 22.3. Сближение на заданное расстояние курсом сближения вплотную	220
§ 22.4. Сближение на заданное расстояние в заданный срок	222
§ 22.5. Сближение на кратчайшее (минимальное) расстояние	223
§ 22.6. Пересечение курса на максимальном расстоянии по носу или на минимальном расстоянии за кормой	226
§ 22.7. Уклонение от сближения на заданное расстояние при неизвестном курсе объекта маневра	228
§ 22.8. Расхождение с объектом маневра на заданном расстоянии при известных курсе и скорости объекта маневра	230
§ 22.9. Расхождение с объектом маневра на максимально возможном расстоянии	233
Глава 23. Определение элементов движения цели	235
§ 23.1. Основы организации измерений. Ведение боевой прокладки	—
§ 23.2. Определение элементов движения цели по пеленгам	236
§ 23.3. Определение элементов движения цели по пеленгам и расстояниям	241
Глава 24. Изменение позиции относительно объекта маневра	244
§ 24.1. Изменение позиции в кратчайший срок	—
§ 24.2. Занятие позиции в кратчайший срок	246
§ 24.3. Удержание (сохранение) заданной позиции	248
§ 24.4. Изменение позиции в заданный срок	249
§ 24.5. Уравнивание времени маневра	251
Глава 25. Совместное маневрирование кораблей	254
§ 25.1. Определения и общие положения	—
§ 25.2. Расчеты поворотов в строю	256
§ 25.3. Расчеты перестроений из одного строя в другой	260
§ 25.4. Маневрирование в ордерах	—
§ 25.5. Повороты в ордерах	261

	<i>Стр.</i>
Глава 26. Вспомогательные вопросы	263
§ 26.1. Маневрирование на зигзаге	—
§ 26.2. Учет циркуляции при решении задач маневрирования	265
§ 26.3. Контроль точности выполнения и корректировка маневра	267
§ 26.4. Расчеты маневрирования при расхождении со встречными кораблями (судами) в малую видимость	268
РАЗДЕЛ III	
МОРЕХОДНАЯ АСТРОНОМИЯ	
Глава 27. Координаты небесных светил	272
§ 27.1. Небесные светила	—
§ 27.2. Сферические координаты светил	279
§ 27.3. Соотношения между различными системами сферических координат	283
Глава 28. Измерение времени на корабле	288
§ 28.1. Единицы и системы измерения времени	—
§ 28.2. Служба времени на корабле	291
Глава 29. Определение сферических координат светил и естественной освещенности в районе плавания	298
§ 29.1. Расчет экваториальных координат светил	—
§ 29.2. Расчет горизонтальных координат светил	302
§ 29.3. Измерение и исправление высот светил	306
§ 29.4. Расчет условий видимости светил и естественной освещенности в районе плавания корабля	314
Глава 30. Определение места корабля и поправок курсоуказателей по наблюдениям светил	320
§ 30.1. Предварительные расчеты на поход и подготовка личного состава	—
§ 30.2. Определение места корабля по одновременным наблюдениям высот светил	321
§ 30.3. Определение места корабля и контроль счисления по разновременным наблюдениям светил	325
§ 30.4. Особые приемы определения места корабля и контроля счисления по наблюдениям светил	329
§ 30.5. Определение места корабля в тропических и приполюсных районах	335
§ 30.6. Определение поправки системы курсоуказан по наблюдениям пеленгов светил	340
§ 30.7. Пояснения к решению астрономических задач	43

Стр.

РАЗДЕЛ IV

МОРСКАЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Глава 31. Метеорологические элементы и наблюдения над ними	344
§ 31.1. Атмосфера и ее строение	—
§ 31.2. Температура воздуха	345
§ 31.3. Атмосферное давление и плотность воздуха	346
§ 31.4. Влажность воздуха	348
Глава 32. Атмосферные явления и их наблюдение	350
§ 32.1. Ветер	—
§ 32.2. Туманы, облака и осадки	353
Глава 33. Основы синоптической метеорологии	358
§ 33.1. Воздушные массы и атмосферные фронты	—
§ 33.2. Циклоны и антициклоны	362
§ 33.3. Синоптические карты и их анализ	365
§ 33.4. Использование радиолокации для прогнозирования основных метеоэлементов и явлений	367
§ 33.5. Прогноз погоды по местным признакам	368
Глава 34. Статика моря	370
§ 34.1. Общие сведения о Мировом океане, глубины, рельеф и грунты дна океанов и морей	—
§ 34.2. Физические свойства морской воды	372
§ 34.3. Звук в морской воде	374
§ 34.4. Морские льды	376
Глава 35. Динамика моря	380
§ 35.1. Волнение моря	—
§ 35.2. Приливы	382
§ 35.3. Течения	391
РАЗДЕЛ V	
ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОРАБЛЕВОЖДЕНИЯ	
Глава 36. Навигационные приборы и системы	398
§ 36.1. Общие сведения	—
§ 36.2. Магнитные компасы. Девiationsные работы	—
§ 36.3. Гирокомпасы	421
§ 36.4. Лаги	432
§ 36.5. Эхолоты	450
§ 36.6. Автоматические прокладчики	465

Стр.

Глава 37. Радиотехнические средства кораблевождения	472
§ 37.1. Общие сведения	—
§ 37.2. Амплитудные радионавигационные устройства и системы	473
§ 37.3. Радиодевiationsные работы	481
§ 37.4. Импульсные (временные) радионавигационные системы и устройства	484
§ 37.5. Фазовые радионавигационные системы (ФРНС)	493

РАЗДЕЛ VI

СВЕДЕНИЯ ИЗ ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И ГИДРОГРАФИИ

Глава 38. Земной эллипсоид	496
§ 38.1. Элементы земного эллипсоида	—
§ 38.2. Геодезическая линия	498
Глава 39. Вычисление геодезических расстояний, широт, долгот и азимутов	499
§ 39.1. Прямая геодезическая задача	—
§ 39.2. Обратная геодезическая задача	500
§ 39.3. Прямая и обратная геодезические задачи в прямоугольных координатах	503
§ 39.4. Переход от географических координат к прямоугольным и обратно	—
Глава 40. Картографические проекции, применяемые в кораблевождении	505
§ 40.1. Общие сведения	—
§ 40.2. Классификация картографических проекций	507
§ 40.3. Равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора	509
§ 40.4. Равноугольная поперечная проекция Меркатора	511
§ 40.5. Равноугольная цилиндрическая поперечная проекция Гаусса	512
§ 40.6. Топографические карты	518
§ 40.7. Азимутальные проекции	—
§ 40.8. Основные сведения о некоторых других видах проекций	522
Глава 41. Производство гидрографических работ корабельными средствами	—
§ 41.1. Съёмка побережья	525
§ 41.2. Промер	527
§ 41.3. Промерный планшет	528
§ 41.4. Нуль глубин	—
Литература	530

Каманин Владимир Иванович, Емец Константин Александрович, Селитренников Георгий Васильевич, Скворцов Марк Иванович, Глебов Евгений Павлович, Лаврентьев Анатолий Васильевич, Эрдман Дмитрий Эрнестович, Скубко Роман Андреевич, Титульный редактор Шандабылов Владимир Демьянович

СПРАВОЧНИК ШТУРМАНА

Редактор *Л. Т. Ермилов*

Переплет художника *Г. М. Мельникова*

Технический редактор *Г. Ф. Соколова*

Корректор *Р. А. Казачкина*

Г-53139. Сдано в набор 10.4.67

Подписано к печати 2.4.68

Формат 70X90^{1/32} Печ. л. 17 + 3 вклейки —

1/2 печ. л. (усл. печ. л. 0,585) (Усл. печ. л.

19,89). Уч.-изд. л. 30,683

Бумага типографская № 1

Тираж 43.000 экз.

Цена 1 р. 78 к.

Изд. № 9/6900.

Зак. 169

Ордена Трудового Красного Знамени

Военное издательство Министерства

обороны СССР Москва, К-160

2-я типография Воениздата

Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

С74 **Справочник штурмана.** Под общ. ред. В. Д. Шандабылова. М., Воениздат, 1968.

544с. с илл. 43 000 экз. 1 р. 78 к.

Перед загл. авт.: В. И. Каманин, К. А. Емец, Г. В. Селитренников [и др.]. На обл. авт. не указаны.

Кратко изложены сведения по навигации, маневрированию, мореходной астрономии, морской гидрометеорологии, техническим средствам кораблевождения, картографии и гидрографии, необходимые корабельному штурману и судоводителю для быстрого получения справок при подготовке к плаванию и в походе.

Справочник предназначен для офицеров ВМФ, судоводителей транспортного и промышленного флотов, преподавателей, слушателей и курсантов военно-морских командно-инженерных и судоводительских учебных заведений.

1-12-4

109-68

359(083)

§ 30.7. ПОЯСНЕНИЯ К РЕШЕНИЮ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Решение задач по Солнцу

196 г.

Район _____

$\varphi_1 =$
 $\lambda_1 =$ } Счислимые для 1-й линии

$\varphi_2 =$
 $\lambda_2 =$ } Счислимые для 2-й линии

$e =$ (возвышение глаза) $t_B =$ (температура)
 $V =$ (скорость хода) $B_B =$ (давление)

Наименования светил		
1 линия	2 линия	
Расчет всемирного времени		
Приб. T_c	По апрельским часам с точностью до 1 мин	
$N \frac{Ost}{W+}$	№ мин., во котором поставлены корабельные часы	
Приб. $T_{гр}$	Если $T_c + N \frac{Ost}{W+} > 24$ ч, принимается дата следующего дня	
Дата	Если $T_c - N \frac{Ost}{W+} < 0$, принимается дата предыдущего дня	
T	Средний момент серии	
u	Поправка часов	
$T_{гр}$	$T_{гр} = T + u + (12 \text{ ч})$	
Расчет часовых углов светил		
t_2	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринвичского времени в столбце „Солнце“	
Δt	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ по числу минут и секунд	
$\Delta_2 t$	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ по квазиразности Δ	
$t_{гр}$	$t_{гр} = t_2 + \Delta_1 t + \Delta_2 t$	
$\lambda \frac{Ost}{W-}$	Счислимая долгота	
t_W	_____	
t^*	_____	
t_W	$t_W = t_{гр} \pm \lambda \frac{Ost}{W}$	
t_{Ost}	$t_{Ost} = 360^\circ - t_W$, если $t_W > 180^\circ$	
Расчет склонений светил		
Δ	Из ежедневной таблицы МАЕ внизу столбца „Солнце“	
δ_T	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринв. времени в столбце „Солнце“	
$\Delta \delta$	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ в столбце „Попр.“ по разности Δ	
δ	$\delta = \delta_T + \Delta \delta$	
Исправление высот светил		
Отсчет	Средний ос серии	
$l + s$	l — определяется наблюдателем; s — из технического формуляра секстана	
Изм. h	Изм. $h = oc + (l + s)$	
Δh_d	Измеряется наблюдателем или из таблицы „Поправка за наклонение“	
Вид. h	Вид. $h = \text{изм. } h + \Delta h_d$	
Поправки	Δh_{p+p}	За рефракцию и параллакс
	$\Delta h_t, \Delta h_B$	За температуру и давление
	R	Полудиаметр Солнца
Ист. h	Ист. $h = \text{вид. } h + \Delta h_{p+p} + \Delta h_t + \Delta h_B \pm R$	
Δh_z	_____	
Прив. h	_____	
h_c	Вычисляется по φ_c, δ, t_W или t_{Ost}	
$h - h_c$	Тут ист. $h - h_c$	

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	δ	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_{Ost}	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	$A_c = A_T + \Sigma \Delta A$
				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 „Поправка высоты за часовую разность“.
- T-3 — табл. 3 „Дополнительная поправка“.
- A_c — первая буква наименования одноименна с широтой, вторая — с местным часовым углом

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

δ	→	$T(\delta)$	По δ из т. 11		
t	→	$S(t)$	По t из т. 11	$T(t)$	По t из т. 11
x	←	$T(x)$	$T(\delta) + S(t)$	$S(x)$	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. 11
A_c	по $T(A)$	←		$T(A)$	$T(p) + S(y)$
h_c	по $T(h)$	←		$T(h)$	$T(y) - S(A)$

Примечания:

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

Полярная	1 линия	2 линия	3 линия	4 линия
I погр.		A круг.		
II погр.		ПУ		
III погр.		A-ПУ		
Σ		Δh		
Прив. h		ΔT		
φ_0		Δh_2		

Решение задач по звездам

196—г.
Район _____

$\varphi_1 =$ } Счислимые
 $\lambda_1 =$ }

$\varphi_2 =$ _____
 $\lambda_2 =$ _____

$e =$ (возвышение глаза) $t_\beta =$ (температура)
 $V =$ (скорость хода) $B_\beta =$ (давление)

Наименования светил	
1 линия	2 линия
Расчет всемирного времени	
Приб. T_c	По корабельным часам с точностью до 1 мин
№ $\frac{Ost}{W}$	№ пояса, по которому поставлены корабельные часы
Приб. $T_{гр}$	Если $T_c + \text{№}W > 24$ ч, принимается дата следующего дня
Дата	Если $T_c - \text{№}Ost < 0$, принимается дата предыдущего дня
T	Средний момент серии
u	Поправка часов
$T_{гр}$	$T_{гр} = T + u + (12 \text{ ч})$
Расчет часовых углов светил	
t_c	Из ежедневной таблицы МАЕ на целое число часов гринвичского времени в столбце „Точка Овна“
Δt	Из основной интерполяционной таблицы МАЕ по числу минут и секунд
$\Delta t'$	_____
$t_{гр}$	$t_{гр}^r = t_c + \Delta t$
$\frac{Ost}{W}$	Счислимая долгота
t_M^r	$t_M^r = t_{гр}^r \pm \lambda \frac{Ost}{W}$
τ^*	Из таблицы МАЕ „Звезды. Видимые места на _____ г.“
t_W	$t_W = t_M^r + \tau^*$
t_{Ost}	$t_{Ost} = 360^\circ - t_W$, если $t_W > 180^\circ$
Расчет склонений светил	
Δ	_____
δ_T	_____
$\Delta\delta$	_____
δ	Из таблицы МАЕ „Звезды. Видимые места на _____ г.“
Исправление высот светил	
Отсчет	ос
$i + s$	i — определяется наблюдателем; s — из технического формуляра секстанса
Изм. h	Изм. $h = oc + (i + s)$
Δh_d	Измеряется наблюдателем или из таблицы „Поправка за наклонение“
Вид. h	Вид. $h = \text{изм. } h + \Delta h_d$
Δh_p	За рефракцию
Δh_t	За температуру воздуха
Δh_B	За давление
Ист. h	Ист. $h = \text{вид. } h + \Delta h_p + \Delta h_t + \Delta h_B$
Δh_2	За приведение к одному зениту
Прив. h	Прив. $h = \text{ист. } h + \Delta h_2$
h_c	Вычисляется по φ_c, δ, t_W или t_{Ost}
$h - h_c$	Тут прив. $h - h_c$

Расчет h_c и A_c по ВАС-53 на бланке Ш-3							
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_{Ost}	ОТ	Δt	Δh_t	T-2 по $\varphi, A_c, \Delta t$	ΔA_t	ОТ
q	ОТ			Δh_δ	T-3 по $\Delta A_\delta, A, \Delta\varphi$	$\Sigma\Delta A$	$\Sigma\Delta A = \Delta A_\varphi + \Delta A_\delta + \Delta A_t$
φ и δ одно — именные, другое — разное (ненужное зачеркнуть)				$\Sigma\Delta h$	$\Sigma\Delta h = \Delta h_\varphi + \Delta h_\delta + \Delta h_t + \Delta h_\delta$	A_c	$A_c = A_T + \Sigma\Delta A$
				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.

Расчет h_c и A_c по ТВА-57 на бланке Ш-86							
δ	\rightarrow	$T(\delta)$	По δ из т. 11				
t	\rightarrow	$S(t)$	По t из т. 11	$T(t)$	По t из т. 11		
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. 11	$T(y)$	по y из т. 11
A_c	по $T(A)$	\leftarrow		$T(A)$	$T(p) + S(y)$	$S(A)$	по $T(A)$
h_c	по $T(h)$	\leftarrow				$T(h)$	$T(y) - S(A)$

Примечания:
 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 из большей; при разноименных x и φ_c — их сложение.
 3. Первая буква наименования A_c при x и φ_c одноименных и $x > \varphi_c$ одноименна с φ_c , во всех остальных случаях — разноименна; вторая буква наименования A_c всегда одноименна с местным часовым углом.

Расчет широты по высоте Полярной звезды		Расчет поправок Δh_2 для приведения высот к одному зениту				
Полярная		1 линия	2 линия	3 линия	4 линия	
I погр.	Из таблиц МАЕ „Широта по высоте Полярной“	A круг.	A_c в круговом счете			
II погр.		ПУ	$ПУ = KK + \alpha + \beta$			
III погр.		A — ПУ	Из большего вычитать меньшее			
Σ	$\Sigma = I + II + III$	Δh	Из таблицы „Приведение высот к одному зениту“			
Прив. h	Ист. $h + \Delta h_2$	ΔT	$\Delta T = T_{\text{задан}} - T$			
φ_0	Прив. $h + \Sigma$	Δh_2	$\Delta h_2 = \Delta h \Delta T$			